

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS  
NATURAIS

ANÁLISE DO DESMATAMENTO NO ENTORNO DAS RODOVIAS DO  
ESTADO DO ACRE E O PAPEL DAS ÁREAS PROTEGIDAS: UM  
ESTUDO DE CASO DA RODOVIA INTEROCEÂNICA (BR- 317)

EDELIN JEAN MILIEN

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RIO BRANCO-AC, BRASIL

FEVEREIRO 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS  
NATURAIS

ANÁLISE DO DESMATAMENTO NO ENTORNO DAS RODOVIAS DO  
ESTADO DO ACRE E O PAPEL DAS ÁREAS PROTEGIDAS: UM  
ESTUDO DE CASO DA RODOVIA INTEROCEÂNICA (BR- 317)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais da Universidade Federal do Acre como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. PhD. Karla da Silva Rocha

RIO BRANCO-AC, BRASIL

FEVEREIRO 2020



### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Às quatorze horas do dia 20 de fevereiro de 2020, no auditório do Bloco dos Mestrados da Universidade Federal do Acre, teve início a defesa pública da dissertação de mestrado do(a) discente Edelin Jean Milien, com o título "Análise do desmatamento no entorno das rodovias do estado do Acre e o papel das áreas protegidas: um estudo de caso da rodovia Interoceânica (BR-317)". A Banca Examinadora foi composta pelos(as) Doutores(as) Karla da Silva Rocha – CFCH/UFAC (Orientador/Presidente), Irving Foster Brown – PPG-EMRN/UFAC (Membro Titular interno), Stephen George Perz – Universidade da Flórida (Membro Titular externo) e Elder Ferreira Morato – CCBN/UFAC (Membro Suplente). Após a exposição oral, o(a) candidato(a) foi arguido(a) pelos(as) examinadores(as). Ao final da arguição, a sessão foi suspensa às 16 h 30 min e, em sessão secreta, os(as) examinadores(as) deliberaram e atribuíram o parecer e o resultado. Reaberta a sessão pública, o resultado foi anunciado. O(a) candidato(a) foi considerado(a)\*

Aprovado(a) com distinção.

Aprovado(a).

Reprovado(a).

Nada mais havendo a ser tratado, a presente ata foi lavrada por mim, Dr.(a) Karla da Silva Rocha, Orientador(a) e Presidente da banca examinadora.

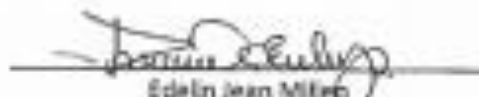
Rio Branco-AC, Brasil, 20 de fevereiro de 2020.

  
Prof.(a.) Dr.(a) Karla da Silva Rocha  
Orientador(a)/Presidente (CFCH/UFAC)

  
Dr.(a) Irving Foster Brown  
Membro Titular interno (PPG-EMRN/UFAC)

  
Prof.(a.) Dr.(a) Stephen George Perz  
Membro Titular externo (UFL)

Prof.(a) Dr.(a) Elder Ferreira Morato  
Membro Suplente (CCBN/UFAC)

  
Edelin Jean Milien  
Aluno(a) do PPG-EMRN

\*conforme Norma Regulamentar N.º 01, de 07 de março de 2010 (Capítulo II, Art. 8, Parágrafo 1.º)

Esta ata não é conclusiva e não tem efeito legal sem a aprovação da Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais da UFAC.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

---

M644a Milien, Edelin Jean, 1990 -

Análise do desmatamento no entorno das rodovias do Estado do Acre e o papel das áreas protegidas: um estudo de caso da rodovia interoceânica (BR-317) / Edelin Jean Milien; orientadora: Dr<sup>a</sup>. Karla da Silva Rocha. – 2020.

49 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Rio Branco, 2020.

Inclui referências bibliográficas.

1. Desmatamento. 2. Ecologia da estrada. 3. Sensoriamento remoto. I. Rocha, . Karla da Silva (orientadora). II. Título.

CDD: 574.501

---

Bibliotecária: Nádia Batista Vieira CRB-11º/882.

---

Edelin Jean Milien

Endereço eletrônico: ejeanmilien@gmail.com

À minha mãe, Jezula Prevoir, meu pai Emilio Jean Milien (in memoriam), Organização dos  
Estados Americanos (OEA) e a todos os haitianos que fazem ciência no Brasil,  
Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora Profa. Karla da Silva Rocha Ph.D., por todo ensinamento, orientação e conversas, por me fazer confiar mais em mim e acreditar que posso ir mais longe. Obrigado por todo carinho, compreensão e amizade. Você é minha inspiração por ser esse ser humano de luz e exemplo de boa conduta e ética profissional. Você deixou mais leve a minha caminhada durante esses dois anos de mestrado; quem dera todos tivessem a sorte de ter na vida acadêmica um (a) orientador (a) como você.

Agradeço ao Prof. Irving Foster Brown Ph.D. pela contribuição valiosa no meu trabalho, pela ajuda no meu trabalho, auxílio na definição de um projeto com visão global e pela disposição, pelas conversas e ideias na construção da dissertação. Obrigada por todo carinho, atenção, pelos momentos de descontração e brincadeiras. Você também me inspira como profissional que ama o que faz.

Muito obrigada a Laura de Souza Moraes Dueti por me ajudar nos processamentos dos dados, na língua portuguesa e por ser parte desse meu processo de aprendizagem, por sempre me falar vai dar certo”. Obrigado por me auxiliar sempre.

Toda minha gratidão ao Prof. Dr. Élder Ferreira Morato, Francisca da Silva Reis, Rita de Cássia Gomes Lopes, ao pessoal do Laboratório Geoprocessamento, por me socorrerem quando mais precisei e por se disporem a deixar suas coisas para me acompanhar; sem vocês meu trabalho não teria sido concluído.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS .....	4
Artigo 1.....	6
Resumo .....	6
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos .....	10
Área de estudo .....	10
Coleta de Dados.....	11
Análise de Dados .....	11
Resultados e Discussão.....	13
Referências Bibliográficas.....	17
Artigo2.....	20
Resumo .....	20
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Material e Métodos .....	23
Área de estudo .....	23
Coleta de Dados.....	24
Análise de Dados .....	26
Resultados.....	28
Discussão .....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
Material Suplementar .....	40
CONCLUSÕES GERAIS .....	42
APÊNDICES .....	43

## INTRODUÇÃO GERAL

O número e a extensão das estradas estão se expandindo globalmente com o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico. Estes elementos provocam a abertura de novos espaços geográficos levando, assim, a uma prospecção de abertura de pelo menos 25 milhões de quilômetros de novas estradas até 2050. Estima-se ainda que, aproximadamente 90% de toda a construção de estradas, ocorreram em nações em desenvolvimento (Laurance et al., 2014, 2015). Nesse contexto, a implementação de redes rodoviárias ao redor do mundo pode ser responsável por mudanças socioeconômicas e ambientais significativas, mudanças estas que terão impactos negativos sobre as espécies que vivem nas proximidades das rodovias (Ibisch et al., 2016; Kleinschroth et al., 2019). As estradas são uma característica onipresente da paisagem contemporânea e estão associadas a extensos impactos ecológicos, incluindo degradação do habitat, mudanças no comportamento dos animais e aumento da mortalidade da vida selvagem (Leonard et al., 2017).

Na Amazônia, por exemplo, novas rodovias foram construídas como parte de políticas públicas para o desenvolvimento da fronteira (Schmink and Wood, 1992). Essas políticas tinham como meta a exploração econômica da Amazônia, a qual era tida como um depósito de recursos para o desenvolvimento nacional (Perz et al., 2007). As rodovias facilitam a exportação de recursos, servem para melhorar o acesso a produtores, a áreas turísticas, incentivar a distribuição de renda e o desenvolvimento social (Perz et al., 2007), as mesmas também favoreceram as frentes migratórias e a colonização. Mas, além desses pontos positivos, as estradas são consideradas como elementos que trazem alterações na cobertura florestal, tanto em escala espacial como temporal (Forman e Alexander, 1998).

Entre as alterações que provocam as estradas, podemos destacar o aumento nas taxas de desmatamento, utilizando os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a taxa de desmatamento na Amazônia mostra a gravidade da degradação da paisagem com o aumento de 29,5% em 2019 (INPE, 2019)

Nesse contexto, conservar as florestas tropicais é central nas estratégias do que tem sido feito para mitigar as mudanças ambientais globais, e a mesma depende fortemente do estabelecimento das áreas protegidas (Soares-Filho et al., 2010). O estabelecimento das áreas protegidas e a restrição das atividades humanas dentro dessas áreas representam a melhor estratégia, ao exemplo do que tem sido executado para reduzir o desmatamento nas florestas



tropicais, estas conservam a diversidade das espécies animais e vegetais que caracterizam as riquezas das mesmas (Chape et al., 2005; N. Leader-Williams, 1990).

Assim, no sentido de frear a aceleração do desmatamento que ameaça a perda da biodiversidade na Amazônia e outros biomas do Brasil, o governo brasileiro criou as áreas de proteções ambientais. Dessa forma, em 2006 foi aprovado o Plano Nacional de Áreas Protegidas (PNAP) no qual as Unidades de Conservações (UCs), as Terras Indígenas (Tis) e os Territórios Quilombolas são consideradas áreas protegidas (Decreto n. ° 5.758/2006), uma vez que também abrangem “áreas naturais com objetivos de conservação e uso sustentável da biodiversidade e a conservação dos ecossistemas (PNAP-MMA, 2006).

Na Amazônia sul ocidental, especificamente no estado do Acre, aproximadamente 47% de seu território é composto por áreas protegidas, sendo 22 UCs, 36 Terras Indígenas reconhecidas. Das 22 Unidades de Conservação, 03 (três) são de proteção integral, as outras 19 (dezenove) são de uso sustentável, ou seja, admitem a presença de moradores, que ao mesmo tempo em que conservam a natureza, fazem uso racional dos recursos (PNAP-MMA, 2006).

Diversos estudos realizados na região Amazônica mostram que o desmatamento está concentrado nas margens das estradas, (Barber et al., 2014a; Nepstad et al., 2001; Southworth et al., 2011). Assim, considerando que nas proximidades da Rodovia Interoceânica BR-317 localizada na Amazônia sul ocidental, existem duas áreas protegidas (a Reserva Extrativista Chico Mendes e a Seringal Nova Esperança), decidiu-se por avaliar o papel destas áreas como agente mitigador do desmatamento.

Nesse sentido, esse trabalho teve como foco a Reserva Extrativista Chico Mendes (RECM), localizada na região sudeste do estado do Acre, Brasil. A RECM é uma das maiores unidades de conservação federal localizada ao longo da rodovia interoceânica BR-317. Além de ser a maior unidade de conservação que está na proximidade de uma Estrada tri-fronteira, ou seja, uma estrada internacional, possui uma zona de amortecimento de 10 km. Na região sul da RESEX onde a área de entorno for inferior a divisa com a BR-317 a Zona de amortecimento se estenderá até o limite com a BR-317.

Assim, este trabalho visa analisar os impactos causados pela dinâmica do desflorestamento ao longo da Rodovia interoceânica no Estado do Acre, bem como verificar os impactos dentro e fora da Reserva Extrativista Chico Mendes localizada ao longo deste segmento da rodovia, no período temporal 2000-2018. Procurou-se responder as seguintes perguntas: 1) A evolução do desmatamento ao longo da rodovia interoceânica BR-317 entre

Assis Brasil e Rio Branco apresenta diferenças significativas em estimativas quando avaliadas fontes de dados independentes? 2). Qual a eficácia da Reserva Extrativista Chico Mendes na redução do desmatamento na faixa da influência da Rodovia Interoceânica BR-317? 3)? De quanto é o efeito mitigador da Reserva Extrativista Chico Mendes na redução do desmatamento ao longo da Rodovia Interoceânica BR-317?

Dessa maneira, utilizamos as geotecnologias para encontrar as respostas necessárias referentes a essas perguntas. Para isto, foram utilizados dados de desmatamento de duas fontes que fazem o monitoramento com imagens satélites. A primeira fonte utilizada foi a do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) através do projeto de monitoramento da Amazônia por meio de satélite (PRODES), considerada fonte oficial de desmatamento no Brasil; a segunda fonte utilizada foi do projeto Global Forest Change (GFC) da Universidade de Maryland (Hansen et al., 2013).

Essas duas fontes têm como foco o monitoramento das perdas e ganhos da cobertura de floresta, o GFC em nível mundial e o PRODES em nível de Brasil, principalmente na Amazônia. Observe-se que os dados do PRODES estão sofrendo repressão política no país, pois a gestão federal atual colocou em cheque, em 2019, as estimativas do INPE. Assim, foi importante trabalhar também com fontes internacionais, para ter mais segurança nos resultados desse projeto e convalidar o que se tem apresentado pelo INPE como resultados.

Vale ressaltar que ambas as fontes produzem estimativas com procedimentos metodológicos independentes com relação as técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas, o que torna necessário uma análise comparativa entre as estimativas produzidas por elas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

- Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M., Laurance, W.F., 2014a. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biol. Conserv.* 177, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
- Chape, S., Harrison, J., Spalding, M., Lysenko, I., 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 360, 443–455. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1592>
- Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, 207–231. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
- Hansen, M.C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R.G., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* (80-. ). 342, 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Ibisch, P.L., Hoffmann, M.T., Kreft, S., Pe’Er, G., Kati, V., Biber-Freudenberger, L., DellaSala, D.A., Vale, M.M., Hobson, P.R., Selva, N., 2016. A global map of roadless areas and their conservation status. *Science* (80-. ). 354, 1423–1427. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7166>
- INPE, I.N. de P.E., 2019. A estimativa da taxa de desmatamento por corte raso para a Amazônia Legal em 2019 é de 9.762 km<sup>2</sup> [WWW Document]. INPE. URL [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=5294](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294) (accessed 1.22.20).
- Kleinschroth, F., Laporte, N., Laurance, W.F., Goetz, S.J., Ghazoul, J., 2019. Road expansion and persistence in forests of the Congo Basin. *Nat. Sustain.* 2. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0310-6>
- Laurance, W.F., Clements, G.R., Sloan, S., O’Connell, C.S., Mueller, N.D., Goosem, M., Venter, O., Edwards, D.P., Phalan, B., Balmford, A., Van Der Ree, R., Arrea, I.B., 2014. A global strategy for road building. *Nature* 513, 229–232. <https://doi.org/10.1038/nature13717>
- Laurance, W.F., Peletier-Jellema, A., Geenen, B., Koster, H., Verweij, P., Van Dijck, P., Lovejoy, T.E., Schleicher, J., Van Kuijk, M., 2015. Reducing the global environmental impacts of rapid infrastructure expansion. *Curr. Biol.* 25, R259–R262. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.02.050>

- Leonard, R.J., Hochuli, D.F., 2017. Exhausting all avenues: why impacts of air pollution should be part of road ecology. *Front. Ecol. Environ.* 15, 443–449. <https://doi.org/10.1002/fee.1521>
- Marianne Schmink, C.H.W., 1992. *Contested frontiers in Amazonia*, New York (N.Y.): Columbia university press.
- N. Leader-Williams, J.H. and M.J.B.G., 1990. Leader-Williams, N., Harrison, J. & Green, G.M. (1990) Designing protected areas to conserve natural resources. *Science Progress*, 74, 189–204. *Sci. Prog.* 74, 16.
- Nepstad, D., Carvalho, G., Cristina, A., Alencar, A., Paulo, Ä., Bishop, J., Moutinho, P., Lefebvre, P., Lopes, U., Jr, S., Prins, E., 2001. <Nepstad et al 2001 - Brazil fire.pdf>. *For. Ecol. Manage.* 154, 395–407.
- PNAP-MMA, M.-M. do M.A.B., 2006. *Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas - PNAP Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006*, Centro de. ed. Centro de Informação e Documentação, Brasília.
- Soares-Filho, B., Moutinho, P., Nepstad, D., Anderson, A., Rodrigues, H., Garcia, R., Dietzsch, L., Merry, F., Bowman, M., Hissa, L., Silvestrini, R., Maretti, C., 2010. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107, 10821–10826. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913048107>

## Artigo 1

### **Análise do Desmatamento no Entorno da Rodovia BR-317 entre Assis Brasil e Rio Branco no Acre\***

Edelin Jean Milien<sup>1,3</sup>; Karla da Silva Rocha<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre (UFAC), Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil

<sup>2</sup> Centro de Filosofia e Ciências Humanas, UFAC, Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: [ejeanmilien@gmail.com](mailto:ejeanmilien@gmail.com)

Conforme as normas do periódico Forest Ecology And Management (Apêndice 1)

## Resumo

As estradas têm um papel importante para o desenvolvimento global. Porém, a implementação de redes rodoviárias ao redor do mundo pode provocar mudanças ambientais significativas. A floresta Amazônica está se modificando ao longo do tempo e enfrentando grandes desafios com relação ao aumento das taxas de desmatamento, chegando ao entorno de 29,5% em relação ao ano de 2018. Assim, este artigo avaliou o desmatamento no Acre, entre Assis Brasil e Rio Branco e comparou duas fontes de dados: *Global Forest Change* e *PRODES*, considerando uma faixa tampão de 20 km da rodovia BR-317 para o período de 2001 a 2017. O desmatamento acumulado foi de 57.808 ha para PRODES e 92.463 ha para GFC, ou seja, 13% e 22% da área total respectivamente. Resultados mostram uma dinâmica da perda de cobertura florestal flutuante para as duas fontes de dados no período temporal estudado. Foi possível observar que para os anos de 2003 e 2005 resultados foram largamente diferentes, observou-se uma inversão nos valores para cada fonte. Em 2003, a perda florestal de Prodes foi três vezes maior que a de GFC, já em 2005, Hansen apresentou taxas duas vezes maiores que as de Prodes/INPE. Também houve uma redução na taxa de desmatamento entre os anos de 2006 e 2009 na área de estudo, marcando retomada de aumento a partir de 2009. De acordo com os resultados obtidos podemos concluir que existem diferenças significativas entre incrementos de desmatamento produzidas pelas duas fontes de monitoramento para o período temporal e espacial estudado. As diferenças estão associadas com as diferentes definições sobre o que cada fonte considera desmatamento e as áreas mínimas que cada fonte contabilizou com o desmatamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desmatamento; Ecologia da estrada; Sensoriamento Remoto.

## **Deforestation analysis in the BR-317 Highway between Assis Brazil and Rio Branco in Acre\***

### **Abstract**

Roads have an important role for global development. However, the implementation of road networks around the world can lead to significant environmental changes. The Amazon rainforest has been facing great challenges over the years in relation to the increase in deforestation rates, reaching around 29.5% concerning 2018. Thus, this paper evaluated deforestation in Acre between Assis Brazil and Rio Branco and compared two Global Forest Change and PRODES data sources. A 20 km buffer of the BR-317 highway was considered for the period from 2001 to 2017. Cumulative deforestation was 57.808 ha for Prodes and 92.463 ha for Hansen, or 13 % for 22 % of the total area respectively. Results show the dynamic of forest cover loss is floating for the both data sources in the studied period. It was possible to observe that for the years 2003 and 2005 results were quite different, an inversion was observed in the values for each source. In 2003, PRODES' loss of forest was three times greater than that of GFC, as early as 2005, Hansen presented rates twice as high as Prodes / INPE. There was also a reduction in the rate of deforestation between the years 2006 to 2009 in the study area and again growing in 2009. According to the results obtained we can conclude that there are significant differences between the rates of deforestation increases produced by the two sources of monitoring for the studied temporal and spatial period. The differences are associated with the different definitions of what each source considers deforestation and the minimum areas that each source accounted for with deforestation.

**KEY-WORDS:** Deforestation; Road Ecology; Remote Sensing.

## **Introdução**

O número e a extensão das estradas têm se expandido globalmente, em especial, com o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico. Estes elementos provocam a abertura de novos espaços geográficos levando, assim, a uma estimativa de abertura de pelo menos 25 milhões de quilômetros de novas estradas até 2050. Estima-se ainda que, aproximadamente 90% de toda a construção de estradas ocorreu em nações em desenvolvimento (Laurance et al., 2015, 2014). Nesse contexto, a implementação de redes rodoviárias ao redor do mundo podem ser responsáveis por mudanças socioeconômicas e ambientais significativas, mudanças estas que terão impactos negativos sobre as espécies que vivem nas proximidades das rodovias (Ibisch et al., 2016; Kleinschroth et al., 2019). As estradas são uma característica onipresente da paisagem contemporânea e estão associadas a extensos impactos ecológicos, incluindo degradação do habitat, mudanças no comportamento dos animais e aumento da mortalidade da vida selvagem (Leonard et al., 2017).

Na Amazônia, por exemplo, novas rodovias foram construídas como parte de políticas públicas para o desenvolvimento da fronteira (Schmink and Wood, 1992). Essas políticas tinham como meta a exploração econômica da Amazônia, a qual era tida como um depósito de recursos para o desenvolvimento nacional (Perz et al., 2007). As rodovias facilitam a exportação de recursos, servem para melhorar o acesso a produtores, a áreas turísticas, incentivar a distribuição de renda e o desenvolvimento social (Perz et al., 2007), as mesmas também favoreceram as frentes migratórias e a colonização. Mas, além desses pontos positivos, as estradas são consideradas como elementos que trazem alterações na cobertura florestal, tanto em escala espacial como temporal (Rocha, 2013; Forman and Alexander, 1998).

Entre as alterações que provocam as estradas, podemos destacar o aumento nas taxas de desmatamento. De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) a taxa de desmatamento na Amazônia mostra a gravidade da degradação da paisagem com o aumento de 29,5% em relação ao 2018 (INPE, 2019).

Assim, esta pesquisa se debruça à avaliação de duas fontes que fazem o monitoramento do desmatamento, uma vez que diferentes estimativas são produzidas levando em consideração diferentes procedimentos metodológicos. A primeira fonte utilizada foi a do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) através do projeto de monitoramento da Amazônia por meio de satélite (Prodes), considerada fonte oficial de

desmatamento no Brasil; a segunda foi a do projeto *Global Forest Change* (GFC) da Universidade de Maryland (Hansen, et al , 2013).

Essas duas fontes têm como foco o monitoramento das perdas e ganhos da cobertura florestal, o GFC ao nível mundial e o PRODES ao nível de Brasil, principalmente na Amazônia. Destaque-se que os dados do PRODES estão sofrendo pressão política no país, pois a atual gestão federal tem tentado imprimir uma aura de suspeição sobre os dados produzidos, visando deslegitimá-los. Então foi importante trabalhar com fontes internacionais também para ter mais segurança nos resultados desse projeto.

Neste sentido, esta pesquisa teve como foco avaliar o desmatamento em um recorte espacial ao longo da rodovia interoceânica BR-317 – entre Assis Brasil e Rio Branco, no período de 2001 a 2017. Procurou-se responder a seguinte pergunta: A evolução do desmatamento ao longo da rodovia interoceânica BR-317 entre Assis Brasil e Rio Branco apresenta diferenças significativas em estimativas quando avaliadas fontes de dados diferentes?



## Material e Métodos

### Área de estudo

A área de estudo compreende um trecho de 350 km da rodovia interoceânica BR-317, localizada na região sudeste do estado do Acre, abrange parte dos territórios dos municípios Assis Brasil, Brasiléia, Epitaciolândia, Xapuri, Capixaba, Porto Acre, Senador Guiomard e Rio Branco. Nesse sentido, foi considerada uma faixa de influência de 20 km, ou seja, 10 km de cada lado da margem da estrada com uma área total de 717.905 ha (Figura1).

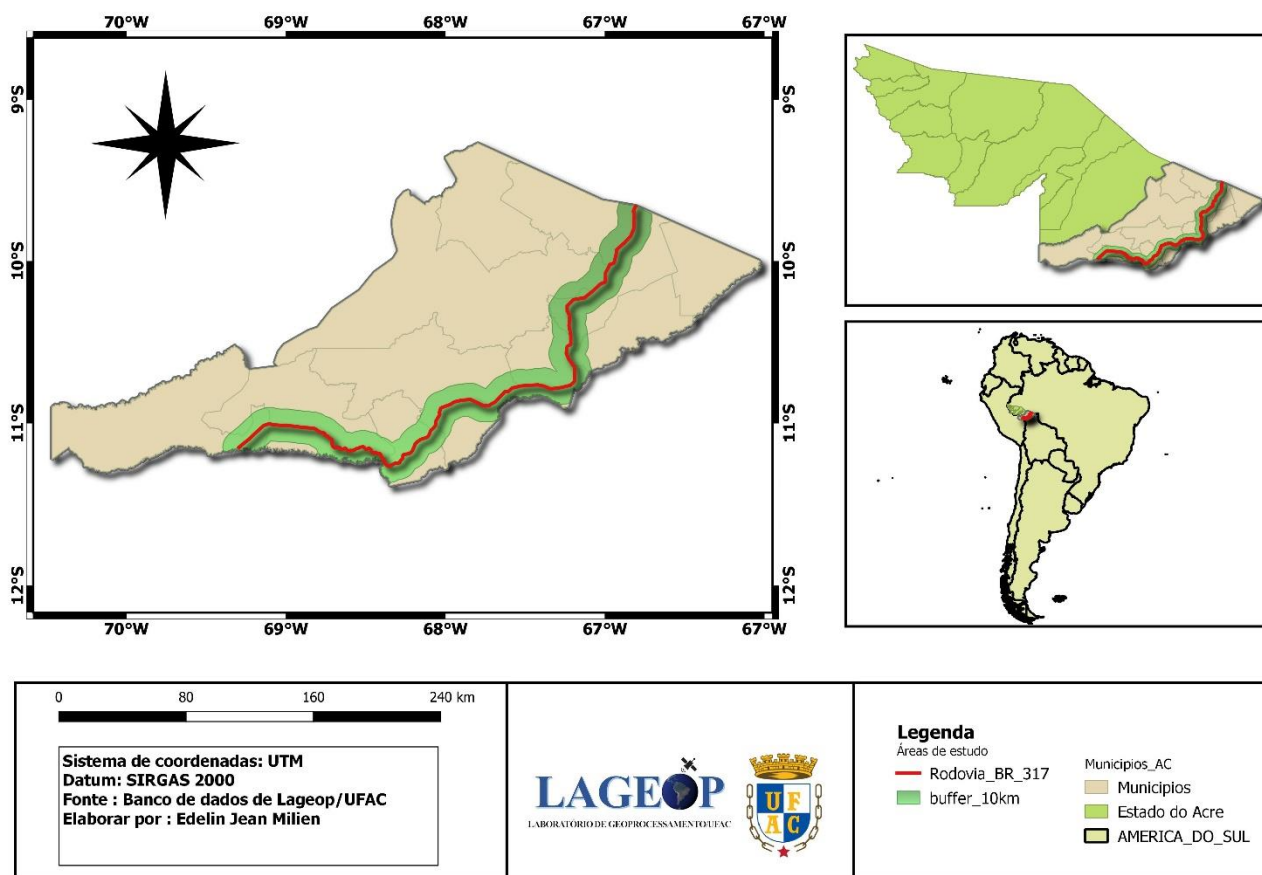


Figura 1. Localização da área de estudo. Buffer (faixa de influência) de 20 km da Rodovia interoceânica BR-317 (Estrada tri-fronteira), ou seja, 10 km para cada lado da margem da Rodovia.

## Coleta de Dados

Foram utilizados dados de desmatamento do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélites - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (PRODES-INPE) obtidos através do site <http://www.inpe.br/> e dados do projeto de Mudança Florestal Global (*Global Forest Change*–GFC) da Universidade de Maryland, localizados em [www.globalforestwatch.org](http://www.globalforestwatch.org). Os dados utilizados são referentes ao período temporal de 2001 a 2017.

Também foram utilizados dados vetoriais dos limites municipais e estradas, os quais foram adquiridos do Zoneamento Ecológico do Estado do Acre – ZEE (Acre et al., 2010) para auxiliar nas análises e delimitação espacial da área de estudo.

## Processamento de dados

Com o intuito de analisar a evolução do desmatamento no trecho da BR-317 – que liga os municípios de Assis Brasil e Rio Branco e realizar a comparação de dados entre as duas fontes de monitoramento de desmatamento, Prodes e Hansen, foram utilizados os softwares QGIS versões 2.18 e 3.4 e ArcGis 10.2. A **Figura 2** representa as etapas para o processamento dos dados.

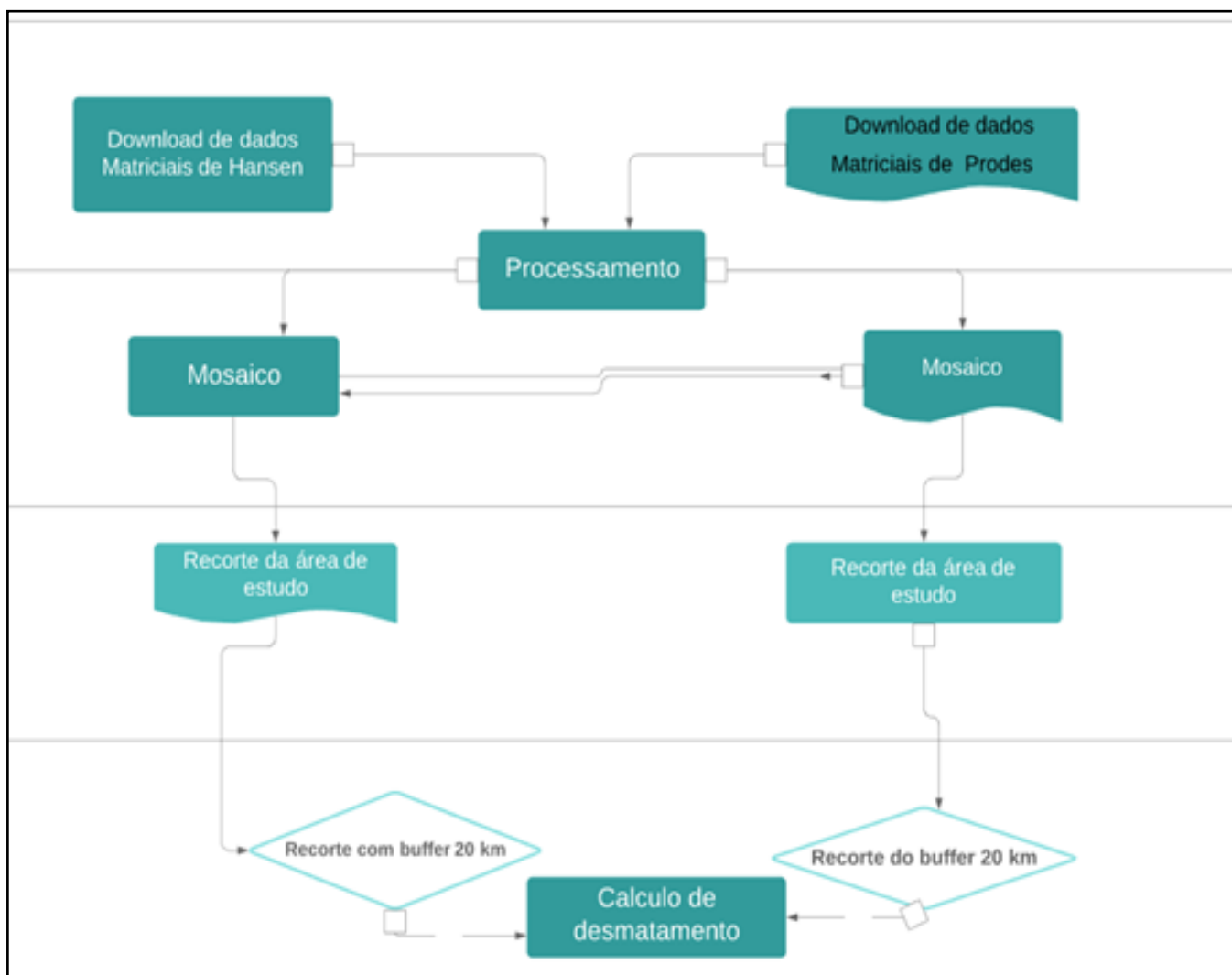
Após a montagem do banco de dados, foram extraídos incrementos de desmatamento para cada ano em análise de 2001 a 2017. Em seguida, estes dados foram cruzados com o trecho da BR-317, entre Assis Brasil e Rio Branco, 10 km para cada lado da margem da rodovia.

## Análise de Dados

Além da análise espacial e temporal, também foram realizadas análises estatísticas para averiguar diferenças entre os dados produzidos pelas duas fontes de dados, PRODES e GFC. Par isto, foi feito primeiramente um teste de normalidade utilizando o modelo Shapiro, pois é considerado o teste de normalidade mais poderoso, seguido pelo teste de Anderson-Darling (Mohd Razali and Bee Wah, 2011).

A análise estatística paramétrica é um dos melhores exemplos para mostrar a importância de avaliar a suposição de normalidade. A análise estatística paramétrica assume uma certa distribuição dos dados, geralmente a distribuição normal. Se a suposição de normalidade for violada, a interpretação e a inferência podem não ser confiáveis ou válidas. Portanto, é importante verificar essa suposição antes de prosseguir com qualquer estatística

e procedimentos (Mohd Razali and Bee Wah, 2011). Após verificar a distribuição dos dados indicando anormalidade, ou seja, os dados são não paramétricos, foi feito uso do teste de Wilcoxon para verificar as diferenças entre o incremento de desmatamento dos 17 anos para cada fonte de dados.



## Resultados e Discussão

Os resultados da análise do desmatamento ao longo da rodovia interoceânica BR-317 mostraram que o desmatamento cumulativo para o período temporal de 2001 a 2017, para PRODES foi de 103.513 ha, enquanto para GFC foi de 155.723 ha, correspondendo respectivamente a 14,4 e 21,7 % de perda da cobertura florestal original para o mesmo recorte espacial e temporal equivalente a 717.905 ha. Essa perda está relacionada com as consequências da Rodovia interoceânica BR-317, também com as atividades antrópicas e o aumento da pecuária registrado no estado como mostra o estudo de Mascarenhas (Mascarenhas et al., 2018).

Encontramos nessa faixa de influência até o ano 2000 a cobertura florestal em 60,3% para as estimativas do GFC e 63,1% para o projeto PRODES. Porém, em 2017, observou-se que no mesmo recorte espacial, há 38,6% de cobertura florestal remanescente nas estimativas do GFC e 48,7% da cobertura florestal remanescente para o projeto PRODES.

Mostramos na Tabela 1 o incremento anual de desmatamento para as duas fontes analisadas, bem como o percentual da área desmatada. Dois períodos se destacaram com valores bastante diferentes, os anos de 2003 e 2005. No ano de 2003, o projeto PRODES mostrou uma perda florestal três vezes maior que Hansen, ou seja, 19.705 ha equivalente a 2,7 % da área total, enquanto encontramos nos dados do projeto GFC, para o mesmo ano, 7.413 ha equivalente a 1%.

Porém, para o ano 2005 observou-se uma inversão nos valores, pois a área desmatada foi 11.227 ha para o método utilizado por PRODES e 25.756 ha para o método utilizado por GFC, ou seja, Hansen apresentou taxas duas vezes maiores que PRODES.

TABELA 1. Distribuição do desmatamento no buffer de 20 km da rodovia BR-317 entre Assis Brasil e Rio Branco, Acre, Brasil, 2001-2017.

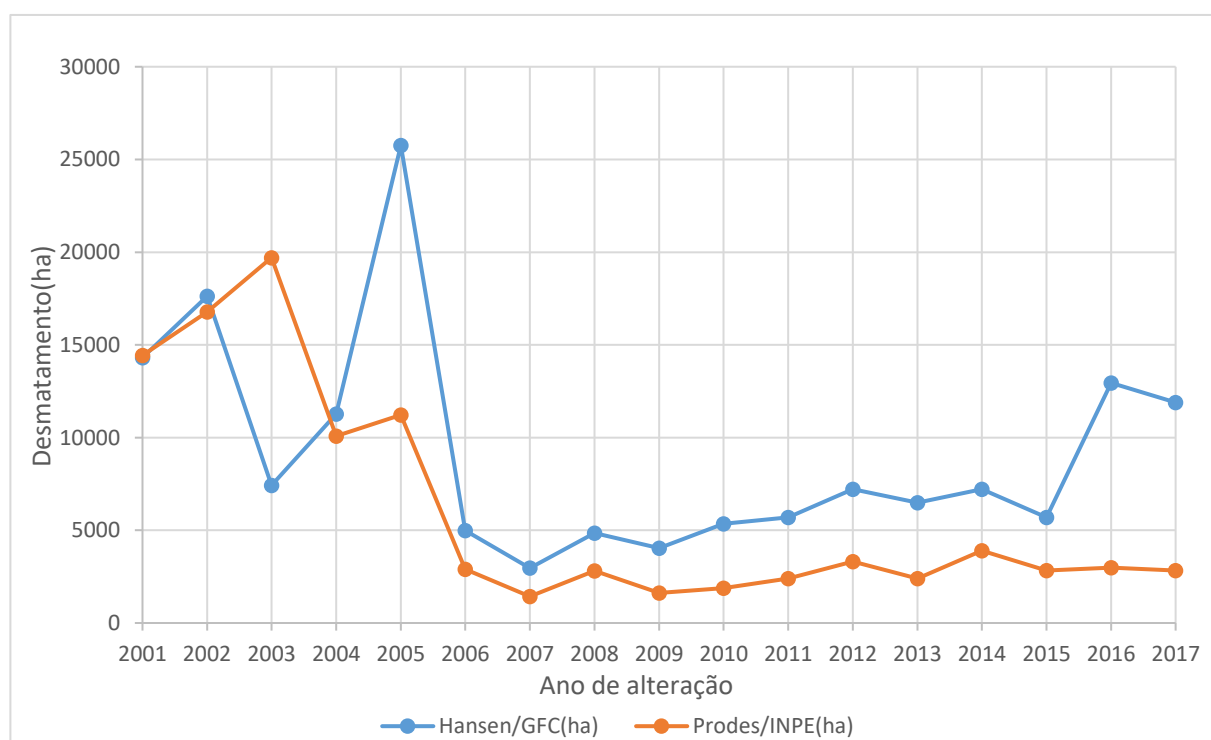
Hansen/GFC 2001-2017				Prodes/INPE 2001-2017			
Área total recortada: 717.905,98 ha							
Ano	Desmatamento (ha)	Taxa Desmata (%)	Nº de Polígonos	Desmatamento (ha)	Taxa Desmata (%)	Nº de Polígonos	
2001	14.313	2,0	189.116	14.423	2,0	18.139	
2002	17.619	2,4	232.797	16.787	2,3	21.142	
2003	7.413	1,0	97.957	19.705	2,7	24.812	
2004	11.268	1,5	148.941	10.080	1,4	12.723	
2005	25.756	3,6	340.466	11.227	1,5	14.125	
2006	4.988	0,7	65.916	2.897	0,4	3.656	
2007	2.960	0,4	39.129	1.430	0,2	1.794	
2008	4.850	0,7	64.051	2.810	0,4	32.045	
2009	4.046	0,5	53.455	1.616	0,2	18.428	
2010	5.348	0,7	70.699	1.875	0,2	21.410	
2011	5.701	0,8	75.369	2.393	0,3	27.203	
2012	7.209	1,0	95.310	3.319	0,4	37.802	
2013	6.486	0,9	85.775	2.397	0,3	27.268	
2014	7.216	1,0	95.407	3.896	0,5	44.137	
2015	5.689	0,8	75.228	2.831	0,3	32.150	
2016	12.955	1,8	171.269	2.988	0,4	33.855	
2017	11.897	1,6	157.292	2.831	0,3	32.377	
<b>Total</b>	<b>155.723</b>	<b>21,7</b>	<b>205.8177</b>	<b>103.513</b>	<b>14,4</b>	<b>403.066</b>	

De acordo com pesquisas já realizadas no Acre, os anos de 2005 e 2010 foram considerados os anos mais secos e conseqüentemente período em que ocorreram grandes incêndios florestais. Segundo Silva (SILVA et al., 2013), estes incêndios representaram área de floresta afetada pelo fogo de 471.000 ha no estado do Acre. Portanto, as diferenças encontradas entre as fontes analisadas podem ser decorrentes ao fenômeno de seca prolongada ocorrente no estado do Acre neste período. Neste contexto, incêndios florestais para GFC são considerados nos cálculos de polígonos de desmatamento, enquanto PRODES considera como desmatamento apenas áreas de floresta que estão sendo abertas pela primeira vez e não polígonos de florestas afetados por fogo. (Richards et al., 2017) também encontraram resultados semelhantes mostrando que as medidas diferentes entre as fontes se explicam em função das definições do que é considerado desmatamento para cada fonte.

Tais resultados foram comprovados estatisticamente pelo teste de Wilcoxon, mostrando haver diferenças significativas entre as estimativas de desmatamento utilizadas pelas duas fontes, o teste apresentou um valor de  $p = 1\%$ .

Além das definições do que é considerado desmatamento para cada fonte, outro fator que pode estar contribuindo para as diferenças das taxas de desmatamento entre as fontes está nas metodologias. O PRODES considera desmatamentos com áreas superiores a 6,25 hectares. Já Hansen quantifica os polígonos de pixel a pixel, ou seja, (30m x 30m, 900 m<sup>2</sup>) 0,09ha área mínima mapeada.

Ainda que o GFC tenha apresentado maiores taxas que o PRODES para quase todo o período analisado, é possível observar através da **Figura 3** que a dinâmica da perda da cobertura de floresta é flutuante para as duas fontes e segue o mesmo padrão. Porém, entre os anos 2015-2017, o GFC apresentou um aumento no incremento quando comparado com dados de PRODES. Também foi possível observar que a maior perda na cobertura florestal aconteceu entre 2002 e 2005. Esta perda da cobertura de floresta neste período coincide com Iniciativa de Integração Regional Sul-Americana (IIRSA) a qual introduziu grandes projetos de infraestrutura na região. Entre estes projetos estava a pavimentação da rodovia federal BR-317 (Maria and Mello, 2011), foco de estudo deste projeto. Considerada o primeiro eixo multinacional que promove a integração sul-americana, a BR-317 promove o movimento de pessoas, o turismo e o comércio bilateral entre o Brasil e o Peru (Perz et al., 2007).



**Figura 3:** Incremento do desmatamento ao longo da rodovia BR-317 para os períodos de 2001-2017 entre os municípios Assis Brasil e Rio Branco.

A **Figura 3** mostra, ainda, que entre os anos de 2006 e 2007 houve uma redução nas taxas de desmatamento na área de estudo voltando a crescer novamente em 2008. Este aumento nas taxas continuamente a partir de 2009 coincide com o período em que entra em vigor o novo Código Florestal Brasileiro (Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012), revogando o Decreto Federal n.º 6.514, de 22 de julho de 2008, ao oferecer anistia de multas aos desmatadores ilegais e retirar a obrigação de recuperar áreas com desmatamentos ilegais ocorridos até 2008.

## Referências Bibliográficas

- Acre, G. do E. do, Planejamento, S. de E. de, Ambiente, S. de E. de M., 2010. ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO ACRE - FASE II, SEMA. ed. SEMA, Rio Branco. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Asner, G.P., Knapp, D.E., Broadbent, E.N., Oliveira, P.J.C., Keller, M., Silva, J.N., 2005. Ecology: Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science* (80-. ). 310, 480–482. <https://doi.org/10.1126/science.1118051>
- Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M., Laurance, W.F., 2014a. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biol. Conserv.* 177, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
- Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M., Laurance, W.F., 2014b. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biol. Conserv.* 177, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
- Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, 207–231. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
- Hansen, M.C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R.G., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* (80-. ). 342, 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Ibisch, P.L., Hoffmann, M.T., Kreft, S., Pe’Er, G., Kati, V., Biber-Freudenberger, L., DellaSala, D.A., Vale, M.M., Hobson, P.R., Selva, N., 2016. A global map of roadless areas and their conservation status. *Science* (80-. ). 354, 1423–1427. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7166>
- INPE, I.N. de P.E., 2019. A estimativa da taxa de desmatamento por corte raso para a Amazônia Legal em 2019 é de 9.762 km<sup>2</sup> [WWW Document]. INPE. URL [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=5294](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294) (accessed 1.22.20).
- Kleinschroth, F., Laporte, N., Laurance, W.F., Goetz, S.J., Ghazoul, J., 2019. Road expansion and persistence in forests of the Congo Basin. *Nat. Sustain.* 2. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0310-6>
- Laurance, W.F., Clements, G.R., Sloan, S., O’Connell, C.S., Mueller, N.D., Goosem, M., Venter, O., Edwards, D.P., Phalan, B., Balmford, A., Van Der Ree, R., Arrea, I.B., 2014. A global strategy for road building. *Nature* 513, 229–232.



- <https://doi.org/10.1038/nature13717>
- Laurance, W.F., Peletier-Jellema, A., Geenen, B., Koster, H., Verweij, P., Van Dijck, P., Lovejoy, T.E., Schleicher, J., Van Kuijk, M., 2015. Reducing the global environmental impacts of rapid infrastructure expansion. *Curr. Biol.* 25, R259–R262. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.02.050>
- Leonard, R.J., Hochuli, D.F., 2017. Exhausting all avenues: why impacts of air pollution should be part of road ecology. *Front. Ecol. Environ.* 15, 443–449. <https://doi.org/10.1002/fee.1521>
- Maria, A., Mello, D.S., 2011. Estrada do Pacífico na Integração Sul-Americana e o Acre The Pacific Highway in South American Integration and the State of Acre 3, 185–208.
- Marianne Schminck, C.H.W., 1992. *Contested frontiers in Amazonia*, New York (N.Y.): Columbia university press.
- Mascarenhas, F. de S., Brown, I.F., Silva, S.S. da, 2018. Deforestation and forest fires transforming the reality of the Chico Mendes Extractive Reserve. *Desenvolv. e Meio Ambient.* 48, 236–262. <https://doi.org/10.5380/dma.v48i0.58826>
- Mohd Razali, N., Bee Wah, Y., 2011. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *J. Stat. Model. Anal.* 2, 21–33.
- N. Leader-Williams, J.H. and M.J.B.G., 1990. Leader-Williams, N., Harrison, J. & Green, G.M. (1990) Designing protected areas to conserve natural resources. *Science Progress*, 74, 189–204. *Sci. Prog.* 74, 16.
- Nepstad, D., Carvalho, G., Cristina, A., Alencar, A., Paulo, Ä., Bishop, J., Moutinho, P., Lefebvre, P., Lopes, U., Jr, S., Prins, E., 2001. <Nepstad et al 2001 - Brazil fire.pdf>. *For. Ecol. Manage.* 154, 395–407.
- Perz, S.G., C., O., M.M., C., R.T., W., E.Y., A., 2007. Unofficial road building in the Brazilian Amazon: Dilemmas and models for road governance. *Environ. Conserv.* 34, 112–121.
- Richards, P., Arima, E., VanWey, L., Cohn, A., Bhattarai, N., 2017. Are Brazil's Deforesters Avoiding Detection? *Conserv. Lett.* 10, 469–475. <https://doi.org/10.1111/conl.12310>
- Rocha, Karla., da Silva. Chavez, A., Marsik, M., & S.G., 2013. Image processing and land-cover change analysis in the tri-national frontier of Madre de Dios ( Peru ), Acre ( Brazil ), and Pando ( Bolivia ) -MAP : an increasing demand for data standar ... An. XVI Simpósio Bras. Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Bras. 13 a 18 abril 2013, INPE Image 9. <https://doi.org/10.13140/2.1.3002.4323>

- SILVA, S.S. DA, Alencar, A.A.C., Mendoza, E.R.H., Brown, I.F., 2013. Dinâmica dos incêndios florestais no Estado do Acre nas décadas de 90 e 00. An. XVI Simpósio Bras. Sensoriamento Remoto - SBSR - Foz do Iguaçu, PR, Bras. 8799–8806.
- Soares-Filho, B., Moutinho, P., Nepstad, D., Anderson, A., Rodrigues, H., Garcia, R., Dietzsch, L., Merry, F., Bowman, M., Hissa, L., Silvestrini, R., Maretti, C., 2010. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 107, 10821–10826. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913048107>
- Southworth, J., Marsik, M., Qiu, Y., Perz, S., Cumming, G., Stevens, F., Rocha, K., Duchelle, A., Barnes, G., 2011. Roads as drivers of change: Trajectories across the tri-national frontier in MAP, the southwestern Amazon. Remote Sens. 3, 1047–1066. <https://doi.org/10.3390/rs3051047>

## Artigo2

### **Estradas, Desmatamento e o Efeito Mitigador da Reserva Extrativista Chico Mendes na Amazônia Sul Ocidental\***

Edelin Jean Milien<sup>1,3</sup>; Karla da Silva Rocha<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre (UFAC), Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil

<sup>2</sup> Centro da Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Acre (UFAC), Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: *ejeanmilien@gmail.com*

Conforme as normas do periódico *Forest Ecology and Management* (Apêndice 1)

#### **Resumo**

A implantação de áreas protegidas representa uma boa estratégia para reduzir o desmatamento. A redução da perda da cobertura florestal é central para mitigar as mudanças climáticas, principalmente na floresta Amazônica. Na Amazônia, existem diversas áreas protegidas consolidadas com objetivo da conservação da biodiversidade e diminuição de perdas da cobertura florestal, perdas estas provocadas em sua maioria, pela instalação das rodovias. No contexto, foi avaliada a eficácia da Reserva Extrativista Chico Mendes como unidade de conservação e o seu papel para frear o desmatamento. Foram feitos 6 buffers (Faixa de influência), 3 desses recortes espaciais analisados foram feitos (fora) da RECM, ao longo da rodovia BR-317 e os outros 3 dentro da reserva. Observou-se nesses recortes espaciais, até o ano de 2000, uma cobertura florestal dentro da reserva de 97% e de 78% fora dela. Para um período de 18 anos (2000-2018), o incremento de desmatamento foi de 44% fora da reserva e 14% dentro da mesma, sendo o valor encontrado fora da reserva 3 vezes maior que o valor encontrado no interior dela. Porém, em 2018, observou-se que na faixa de influência fora dessa unidade de conservação, há 34% de cobertura florestal remanescente e, dentro das faixas da RECM 84%, o teste de Wilcoxon mostra haver diferença significativa entre as perdas ( $p < 0,05$ ). Estatisticamente foi possível avaliar o efeito e a contribuição da RECM na conservação da cobertura florestal, permitindo que ela continue executando suas funções em serviços ecossistêmicos, conservando a biodiversidade, reduzindo a perda da cobertura florestal e funcionando como mitigadora das mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** Estradas, Desmatamento, Sensoriamento Remoto, Áreas Protegidas, Conservação, Amazônia.

## **Roads, Deforestation and the Mitigating Effect of the Chico Mendes Extractive Reserve in the Western South Amazon\***

### **Abstract**

The protected areas implementation is a good strategy to reduce deforestation. Reducing the forest cover loss is central to mitigating climate change, especially in Amazon rainforest. In the Amazon, several protected areas have been established to conserve biodiversity and reduce the forest cover losses, losses that are mostly caused by the highway's installation. At least, the effectiveness of the Chico Mendes Extractive Reserve as a conservation unit and its role in curbing deforestation were evaluated. Were made 6 buffers, 3 of these analyzed spatial cutouts were made around (outside) the RECM, along the BR-317 highway in southwestern Amazon and the other's within the reserve. We observe that for the year 2000, in these buffers, the forest cover was 97% inside the reserve and 78% was outside of it. For 18 years (2000-2018), the deforestation increase was 44% outside of the reserve and 14% within in it, and the outside the reserve value's was 3 times greater than the inside value's in 2018, we observed that in those buffers which is in outside of this conservation unit, there is a forest cover remaining of 34% while it was 84% within the RECM. Furthermore, the Wilcoxon test shows that there is a significant difference between losses ( $p < 0.05$ ). Statistically, it was possible to evaluate the effect and the RECM contribution in the forest cover conservation, allowing it to be continue performing in ecosystem services functions, biodiversity conservation, the forest cover loss reduction and functioning as a climate change mitigator.

**Key words:** Amazon, Conservation, Deforestation, Protected areas, Remote sensing, Roads.

## **Introdução**

Conservar as florestas tropicais é um ponto central nas estratégias para mitigar as mudanças ambientais globais e depende fortemente do estabelecimento das áreas protegidas (Soares-Filho et al., 2010). O estabelecimento das áreas protegidas e a restrição das atividades humanas dentro dessas áreas representam a melhor estratégia para reduzir o desmatamento nas florestas tropicais, estas conservam a diversidade das espécies animais e vegetais que caracterizam as riquezas das mesmas (Chape et al., 2005; N. Leader-Williams, 1990).

No estado do Acre, aproximadamente 47% de seu território é composto por áreas protegidas, sendo 22 UCs e 36 Terras Indígenas reconhecidas. Das 22 Unidades de Conservação, 03 (três) são de proteção integral, as outras 19 (dezenove) são de uso sustentável, ou seja, admitem a presença de moradores, que ao mesmo tempo em que conservam a natureza, fazem uso racional dos recursos (PNAP-MMA, 2006).

Diversos estudos realizados na região Amazônica mostram que o desmatamento está concentrado nas margens das estradas (Barber et al., 2014a; Nepstad et al., 2001; Southworth et al., 2011). Assim, considerando que nas proximidades da Rodovia Interoceânica BR-317, localizada na Amazônia sul ocidental, existem duas áreas protegidas (a Reserva Extrativista Chico Mendes e a Seringal Nova Esperança), decidiu-se, aqui, avaliar o papel destas áreas como possíveis agentes mitigadores do desmatamento.

Nesse sentido, esse trabalho teve como foco a Reserva Extrativista Chico Mendes (RECM), localizada na região sudeste do estado do Acre, Brasil. A RECM é uma das maiores unidades de conservação federal e está localizada ao longo da rodovia interoceânica BR-317. Além de ser a maior unidade de conservação localizada em proximidade de uma Estrada tri-fronteira, ou seja, uma estrada internacional, possui uma zona de amortecimento de 10 km. Na região sul dessa RESEX onde a área de entorno for inferior à divisa com a BR-317, a Zona de Amortecimento se estenderá até o limite com a própria rodovia.

Essa unidade de conservação foi criada em 1990 (Decreto n.º 99.144, de 12/03/1990) e possui uma área de aproximadamente 970.570 ha. Até o ano de 2009 a RESEX contava com 46 seringais e uma população de 10.000 pessoas (Mascarenhas et al., 2018).

Este artigo visa analisar os impactos causados pela dinâmica do desflorestamento ao longo da Rodovia Interoceânica BR-317 no Estado do Acre, bem como verificar os impactos dentro e fora da Reserva Extrativista Chico Mendes, localizada ao longo deste segmento da rodovia, no período temporal 2000-2018.

Abordamos nesse projeto as seguintes perguntas: Qual é a eficácia da Reserva Extrativista Chico Mendes na redução do desmatamento na faixa de influência da Rodovia Interoceânica BR-317? De quanto é o efeito mitigador da Reserva Extrativista Chico Mendes na redução do desmatamento ao longo da Rodovia Interoceânica BR-317?

## Material e Métodos

### Área de estudo

A área de estudo está localizada no estado do Acre, sudoeste da Amazônia Brasileira, especificamente entre os municípios de Assis Brasil e Capixaba onde passa o trecho da rodovia interoceânica BR-317. Nesta faixa da rodovia estão localizadas 2 (duas) áreas protegidas (Reserva Extrativista De Chico Mendes, Área Seringal Nova Esperança), bem como uma malha de estradas secundárias (Figura 4).

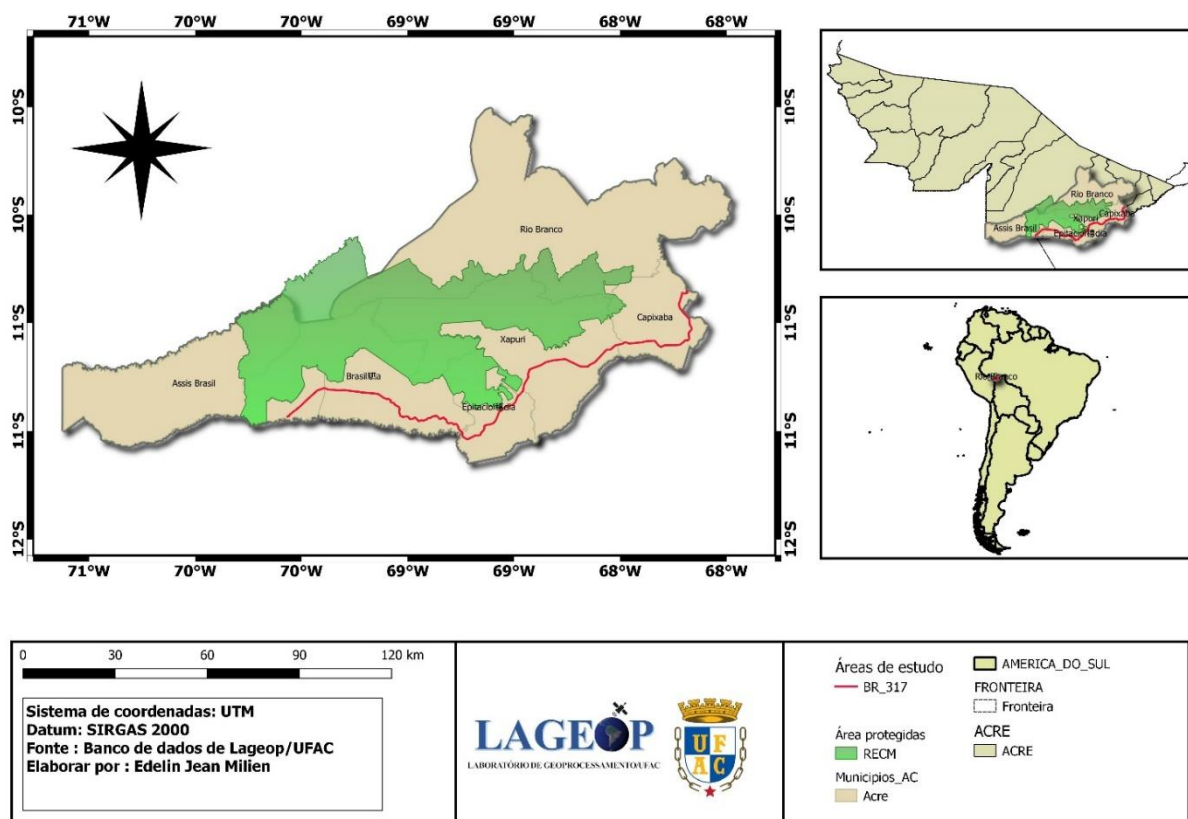


Figura 4: Mapa de localização, Rodovia interoceânica BR-317, municípios ao longo da rodovia (Assis Brasil até Rio Branco), Reserva Extrativista Chico Mendes.

## Coleta de Dados

### Limites estaduais

Foram utilizados dados vetoriais disponíveis no banco de dados do laboratório de geoprocessamento da Universidade Federal do Acre (LAGEOP/UFAC). Os dados de limites do estado do Acre disponíveis neste banco são originários do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Acre (ZEE/AC), os dados referentes às áreas protegidas são de origem do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e os dados referentes à malha rodoviária são de origem do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT).

Estes dados foram processados em ambiente SIG utilizando dois softwares de geoprocessamento: QGIS versões 2.18 e 3.4 e no ArcGIS versão 10.2 de modo a permitir a análise do recorte espacial da área de estudo. Foi selecionado apenas o segmento da Rodovia interoceânica BR-317, que liga os municípios de Assis Brasil a Capixaba. Em seguida, foram geradas 3 zonas de influência (buffers) de 2 km cada no limite interior e exterior da RECM, limite este que segue ao longo da Rodovia citada. Estes buffers tiveram a finalidade de delimitar a área de abrangência da análise, permitindo, assim, analisar as mudanças de cobertura vegetal dentro e fora da RESEX.

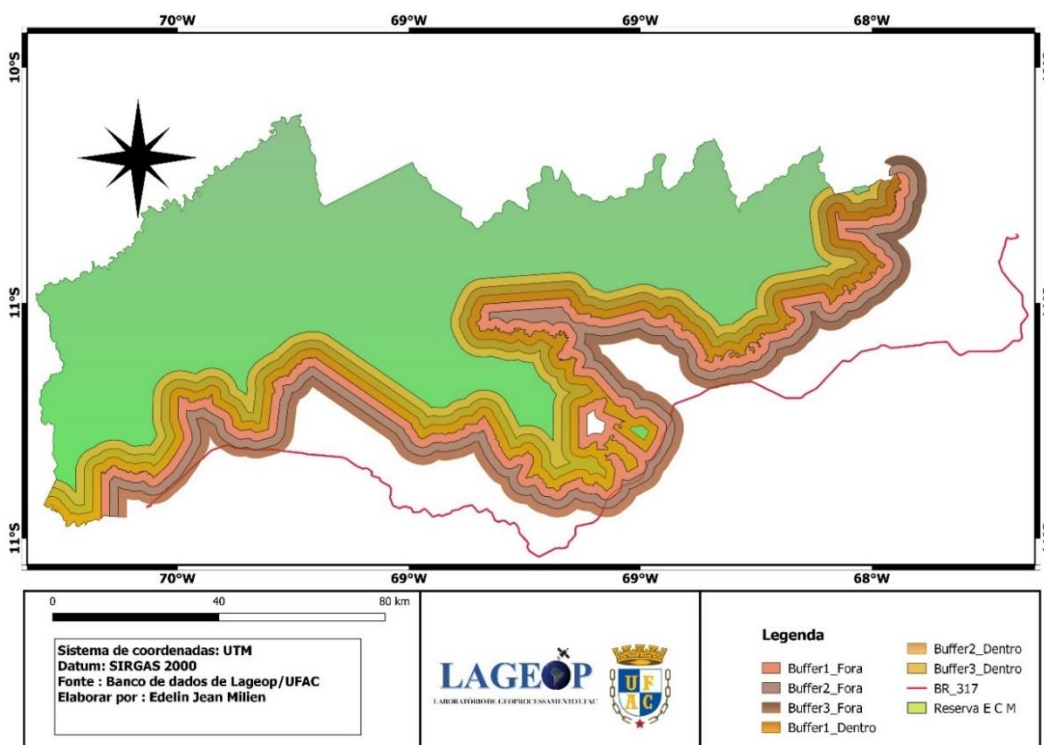


Figura 5: Mapa de área de estudo. Rodovia Interoceânica BR-317, Reserva Extrativista Chico Mendes, buffers (Faixa de influência) de 2 a 2 km no limite exterior e interior da Reserva, limite ao longo da Rodovia Interoceânica BR-317.

## **Dados Matriciais**

Neste trabalho foram considerados dados matriciais e estimativas de desmatamento do projeto Mudança Florestal Global (*Global Forest Change – GFC*) da Universidade de Maryland (Hansen et al., 2013). Os dados do projeto GFC foram acessados no site: [www.globalforestwatch.org](http://www.globalforestwatch.org) para o período temporal de 2000 a 2018.

## **Detalhes do conjunto de dados**

O conjunto de dados utilizado foi originado da colaboração entre o laboratório GLAD (Global Land Analysis & Discovery) na Universidade de Maryland, a Google, a USGS e a NASA; mede áreas de perda da cobertura da árvore em todo o terreno global (exceto na Antártica e outras ilhas do Ártico) com resolução por pixel de aproximadamente  $30 \times 30$  metros (Hansen et al, 2013).

Os dados foram gerados usando imagens de satélite multiespectral do sensor mapeador temático (TM) do satélite Landsat 5, do sensor mapeador temático plus (ETM+) do Landsat 7 e dos sensores Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8.

Esse conjunto de dados foi atualizado cinco vezes desde sua criação e, atualmente, inclui perdas até 2018 (versão 1.5). O método de análise foi modificado de diversas maneiras, incluindo novos dados para o ano alvo, dados reprocessados de anos anteriores (2011 e 2012 para a atualização da versão 1.1, 2012 e 2013 para a atualização da versão 1.2 e 2014 para a versão 1.3), com melhor modelagem e calibração. Essas modificações melhoraram a detecção de mudanças para 2011-2018, incluindo a melhor detecção de perda boreal devido a incêndios, agricultura de rotação de pequenos proprietários em florestas tropicais, perda seletiva e plantios de ciclo curto (Global Forest Watch, 2019).

## **Acurácia dos dados**

No sensoriamento remoto, a acurácia dos dados é medida comparando-se as alterações detectadas nas áreas de amostra em um mapa com a verdadeira mudança na cobertura do solo, também conhecida como “dados de referência”, geralmente determinada usando outras imagens de satélite ou visitas de campo (Jensen, 2005).

Os autores avaliaram o predomínio geral de falsos positivos (erros de comissão) nesses dados dentro de 13% e o predomínio de falsos negativos (erros de omissão) em 12%, embora a acurácia varie de acordo com o bioma e possa, assim, ser maior ou menor em determinada



localização (Hansen et al., 2013). Por exemplo, nos trópicos o erro de comissão é de 13% e o erro de omissão é de 17%, logo, a acurácia está entre 87% e 83%.

### **Análise de Dados**

Após a aquisição dos dados em formatos vetoriais e matriciais, foram iniciadas as análises de modo a avaliar a dinâmica espacial e temporal do desmatamento ao longo da Rodovia interoceânica BR-317, dentro e fora da Reserva Extrativista Chico Mendes. Utilizando técnicas de geoprocessamento foram extraídos pixels de desmatamento que, após convertidos em estimativas, foram sobrepostos ao recorte espacial da área de estudo a fim de ser utilizado para responder as 2 perguntas delineadas. Ou seja, qual é a eficácia da Reserva Extrativista Chico Mendes na redução do desmatamento na faixa da influência da Rodovia Interoceânica BR-317? De quanto é o efeito mitigador da Reserva Extrativista Chico Mendes na redução do desmatamento ao longo da Rodovia Interoceânica BR-317?

Além da análise espacial e temporal, também foram realizadas análises estatísticas para averiguar diferenças entre os incrementos de desmatamento dentro e fora da Reserva. Nesse sentido, foi feito primeiramente um teste de normalidade utilizando o modelo Shapiro, considerado o teste de normalidade mais poderoso, seguido pelo teste de Anderson-Darling (Mohd Razali and Bee Wah, 2011).

A análise estatística paramétrica é um dos melhores exemplos para mostrar a importância de avaliar a suposição de normalidade. A análise estatística paramétrica assume uma certa distribuição dos dados, geralmente a distribuição normal. Se a suposição de normalidade for violada, a interpretação e a inferência podem não ser confiáveis ou válidas. Portanto, é importante verificar essa suposição antes de prosseguir com qualquer estatística procedimental (Mohd Razali and Bee Wah, 2011).

Após verificar a distribuição dos dados e percebê-los em anormalidade, ou seja, os dados não paramétricos, foi feito uso do teste de Wilcoxon para verificar as diferenças entre o incremento de desmatamento de ano em ano, comparando dentro e fora da reserva. O procedimento metodológico descrito acima pode ser observado resumidamente através do fluxograma metodológico delineado na Figura 6.

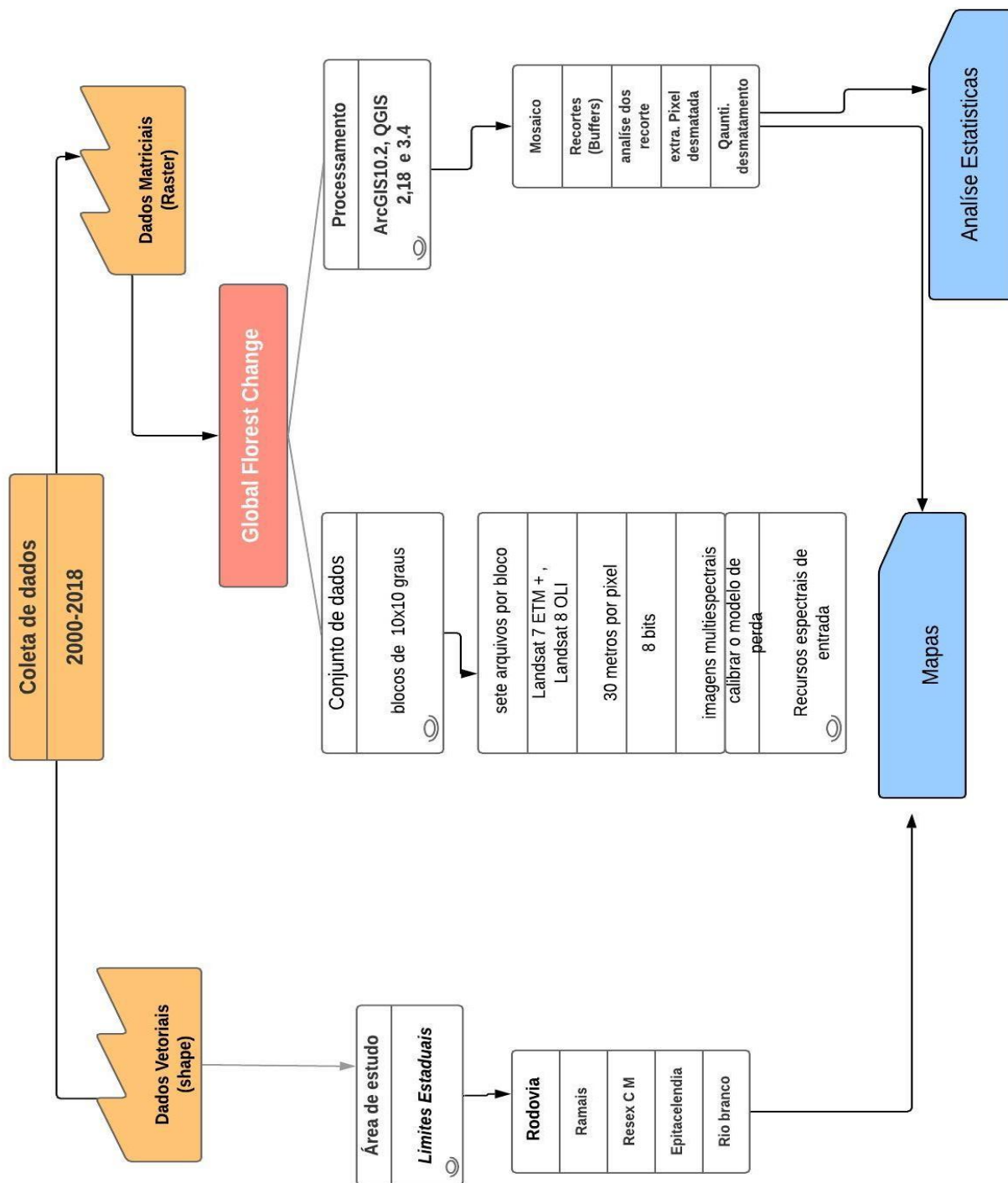


Figura 6: fluxogramas metodológicos

## Resultados

De acordo com os resultados na Tabela 2, 53,2 % dos incrementos de desmatamento se encontram a 15 km de distância da Rodovia interoceânica BR-317; 44,0 % aconteceu a 17 km; 37,4 com 19 km e 10,4 % com 25 km, faixa amostral, mas distante da rodovia (tabela 2). Cada faixa amostral têm uma área cerca de 102.372 ha.

Tabela 2: Taxa e cumulativo de desmatamento no limite exterior da Reserva Extrativista Chico Mendes (lado próximo da Rodovia Interoceânica BR-317) 2001- 2018.

Buffers	Distância BR (km)	Taxa de desmatamento (%)	Cumulativo de desmatamento(ha)
1	15	53,2	37.396
2	17	44,0	35.886
3	19	37,4	38.281
4	21	20,3	21.008
5	23	10,8	9.173
6	25	10,4	8.007

A linha de tendência da (Figura 7) mostra uma curva decrescente na qual as taxas de desmatamento tendem a diminuir, quanto maior é a distância da rodovia, ou seja, quanto mais próximo da Rodovia BR-317 maior é a taxa do desmatamento.

Portanto, o coeficiente de correlação de Pearson ( $R^2= 0,95$ ) mostrou que existe uma correlação forte entre a distância da rodovia interoceânica BR-317 e o desmatamento. A tendência encontrada neste trabalho corrobora com outros estudos realizados na região amazônica, os quais avaliam estimativas de desmatamento em relação a distância das estradas (Asner et al., 2005; Nepstad et al., 2001). Estudos realizados por (Barber et al., 2014b) mostraram que na Amazônia, 95% de desmatamento ocorre em 5,5 km de distância das estradas e o estudo de (Rocha et al., 2013) mostrou que a instalação dessa estrada tri-

fronteira facilitou a degradação dessa região. Embora nossa análise mostrasse uma similaridade em termo de tendência “quanto mais próximo das estradas maiores são as taxas de desmatamento”, analisou-se diferentes distâncias em relação a estrada e considerou-se o efeito de áreas de proteção como agente mitigador de desmatamento.

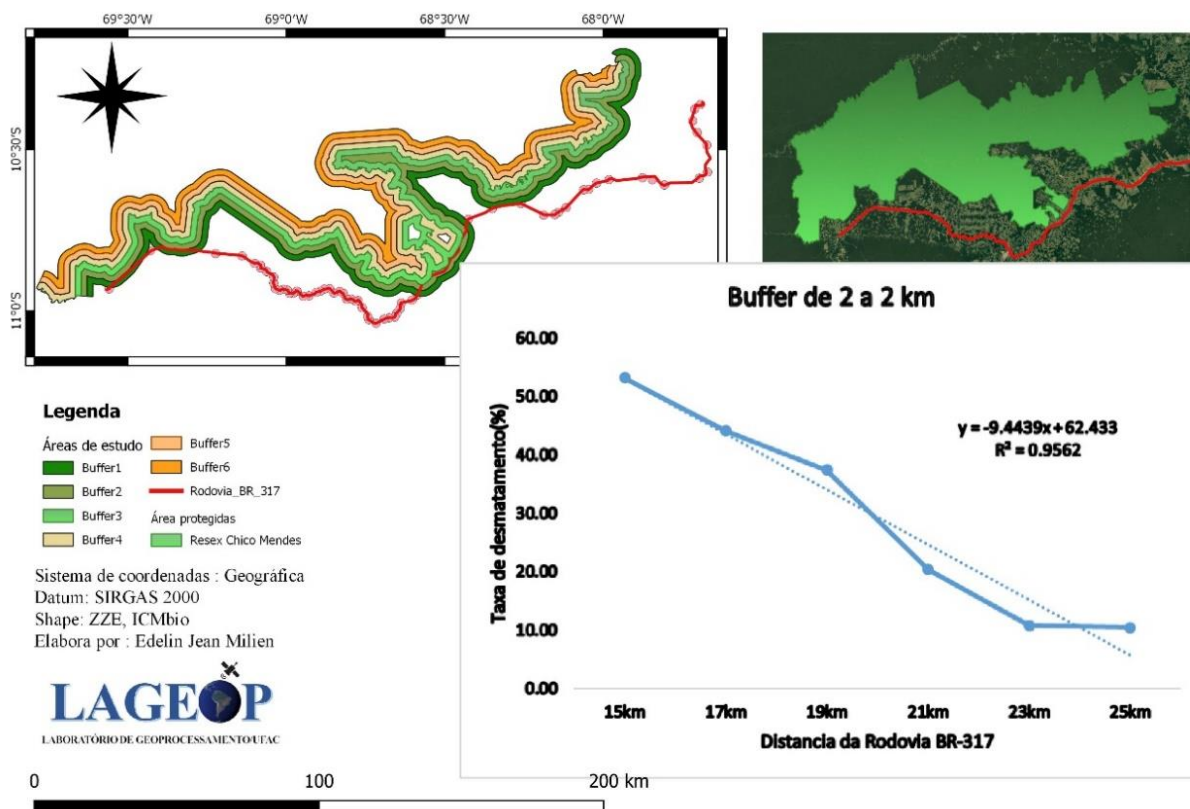


Figura 7: Desmatamento na faixa de influência da Rodovia interoceânica BR-317 de 2000 a 2018

Ao visualizarmos as imagens do Google Earth observamos que no Estado do Acre o desmatamento está concentrado nas proximidades das Rodovias, principalmente na BR-364 e na BR-317, pois são as estradas que possibilitam a exploração da floresta nas áreas mais remotas da região. No caso da BR-317 existem duas áreas de proteção ambiental, ou seja, Unidades de conservações que estão respectivamente no lado direito e lado esquerda desta Rodovia.

Este trabalho teve como foco o recorte espacial no entorno na RECM, maior área de proteção encontrada ao longo desta rodovia. Assim, considerando o limite espacial da RECM e os 3 buffers amostrais gerados (buffer1, buffer2, buffer3), dentro e fora da reserva (Tabela 3 e 4), foi possível avaliar o efeito da RECM no desmatamento da região no entorno da Rodovia interoceânica BR 317. A (Tabela 3) mostra as taxas de desmatamento fora da

RECM em porcentagem, bem como o desmatamento cumulativo em hectares de acordo com a distância da RECM. A média total mostra que 43,9% do desmatamento encontra-se fora da reserva, representando um valor absoluto de 111.563ha.

A Tabela 4 mostra os resultados encontrados, considerando o mesmo recorte espacial discutido anteriormente, porém com foco nos 3 buffers estabelecidos no interior da reserva. Estão destacadas as taxas de desmatamento dentro da RECM em porcentagem, bem como o desmatamento cumulativo em hectares de acordo com a distância da RECM. Neste cenário, observou-se que uma média de apenas 14,3% do desmatamento encontra-se dentro da reserva, representando um valor absoluto de 38.189 ha.

Tabela 3: Taxa e cumulativo de desmatamento no limite exterior da Reserva Extrativista Chico Mendes para o período temporal de (2000- 2018). Buffer 1 foi feito na margem exterior da reserva, Buffer 2 foi feito na margem do Buffer 1 e o Buffer 3 foi feito na margem do Buffer 2 e vai para da Rodovia. Cada buffer tem um tamanho de 2 km.

<b>Fora da RECM</b>	<b>Distância BR (km)</b>	<b>Taxa de desmatamento (%)</b>	<b>Cumulativo de desmatamento(ha)</b>
Buffer 1	19	37,4	38.281
Buffer 2	17	44,0	35.886
Buffer 3	15	53,2	37.396
<b>Taxa Média / Total cum</b>		<b>43,9</b>	<b>111.563</b>

Tabela 4: Taxa e cumulativo de desmatamento no limite interior da Reserva Extrativista Chico Mendes para o período temporal de 2000- 2018. Buffer 1 foi feito na margem interior da reserva, Buffer 2 foi feito na margem do Buffer1 e Buffer3 foi feito na margem do Buffer2 e vai para dentro da Reserva

Dentro da RECM	Distância BR (km)	Taxa de desmatamento (2000-2018) (%)	Cumulativo de desmatamento(ha)
Buffer 1	21	20,3	21.008
Buffer 2	23	10,8	9.174
Buffer 3	25	10,4	8.007
<b>Taxa Média / Total cum</b>		<b>14,4</b>	<b>38.189</b>

A (Figura 8) mostra um Bloxplot que descreve as diferenças entre as amostras ou seja (Buffer 1, 2 e 3) dentro e fora da reserva. As linhas verticais no meio das caixas representam as medianas das amostras e as linhas superior e inferior das caixas representam quatis amostrais.

Porém, o teste de Wilcoxon mostra que o valor da probabilidade é menor que o valor de significância (0,05)  $p < 0,05$ . Esse resultado faz com que rejeitemos a hipótese nula ( $H_0$ ), havendo diferença significativa entre a quantidade que foi desmatada fora e dentro da reserva extrativista Chico Mendes no período 2000-2018.

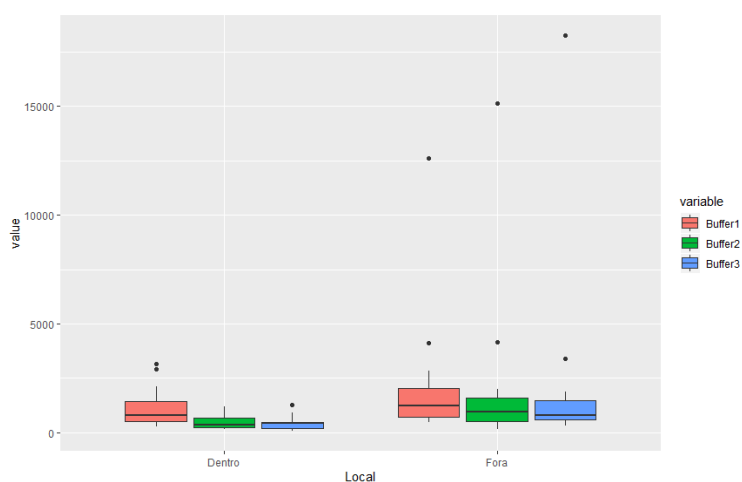


Figura8: Bloxplot de desmatamento dentro e Fora da reserva Extrativista Chico Mendes. Comparando desmatamento nos buffers fora da reserva, entre eles, o total fora com total dentro.

Além dessas diferenças, nos locais da RESEX fizemos análise dos dados obtidos a partir de imagens para áreas com fechamento de copa para vegetação com altura superior a 5m. Observou-se que até o ano de 2000 cerca de 3% de perda florestal ocorreu dentro da reserva e 22% fora da reserva, isto significa uma permanência da cobertura florestal de 97% e 78% fora e dentro da Reserva (Tabela 5). Ainda nesta mesma tabela, analisamos a taxa de desmatamento para um período temporal de 18 anos, mostrando um crescimento muito rápido, representando assim uma perda de 43,9% fora e 14,4 % dentro da RECM.

Considere-se que na região sul dessa reserva a área de entorno é inferior à divisa com a Rodovia BR-317 e a Zona de amortecimento se estenderá até o limite com a BR-317. Por outro lado, essa estrada é uma rodovia internacional. Embora o incremento de desmatamento esteja crescendo rapidamente no período 2000-2018 (material suplementar), a cobertura florestal restante em 2018 mostra claramente que a reserva ainda é muito importante para a preservação da floresta e como mitigadora do desmatamento. Isto porque a cobertura florestal no interior dessa unidade de conservação é maior (82,6%), quando comparada com 34,0% de cobertura no seu lado exterior (Tabela 5).

Tabela 5: Cobertura florestal de ano 2000 no limite interior da Reserva Extrativista Chico Mendes. Buffer 1 foi feito na margem interior da reserva, incremento de desmatamento para o período de 2000-2018 e cobertura florestal restante em 2018.

	<b>Cobertura Florestal em 2000(%)</b>	<b>Taxa de desmata (2000-2018) (%)</b>	<b>Cobertura Florestal em 2018(%)</b>
Fora da RECM	77,9	43,9	34,0
Dentro da RECM	97,1	14,4	82,6

Os resultados mostram que a Reserva Extrativista Chico Mendes tem um papel importante na redução das taxas do desmatamento, porém está localizada na proximidade da Rodovia Interoceânica BR-317 que de fato é considerada como motor de desmatamento nos estudos de (Rocha et al., 2013).

Também foi examinado um cenário levando em consideração os padrões de desmatamento amazônicos, realizado por (Barber et al., 2014c). Neste estudo, o valor do desmatamento em relação às distâncias das rodovias na Amazônia é de 95% em 5,5 km de distância, sendo que este estudo não conta com a presença de unidades de conservação. Se

considerássemos este mesmo cenário para a área de estudo desse projeto de dissertação, elaboraríamos uma equação mostrando o desmatamento sem a presença da RECM, assim, o cenário no estudo de caso deste projeto mostraria uma cobertura floresta de 0% no ano 2018 (Tabela 6).

Tabela 6 : Cenário de desmatamento, considerando padrão de desmatamento nas estradas da Amazônia (Barber et al., 2014b). A Tabela mostra a cobertura florestal no ano de 2000 e a cobertura restante em 2018 sem a presença da reserva.

	<b>Cobertura Florestal em 2000(%)</b>	<b>Taxa simulado (2000-2018) (%)</b>	<b>Cobertura Florestal em 2018(%)</b>
Fora da RECM	77,9	87,8	0
Dentro da RECM	97,1	77,1	19,9

## **Discussão**

Estudos recentes na fronteira agrícola brasileira indicam que o desmatamento tropical para uso de pastagens e produções agrícolas tem levado a mudanças climáticas regionais significativas nos últimos 40 anos, numa escala muito maior que a atribuída ao carbono liberado do desmatamento (Coe et al., 2017). Por outro lado, tem-se comprovado particularmente nos trópicos, o papel ativo das florestas na manutenção e regulação das temperaturas na superfície. O desmatamento é um processo que aumenta a radiação superficial líquida e a evapotranspiração, aumentando assim, o fluxo de calor sensível e temperatura da superfície da terra (Coe et al., 2017).

Nesse trabalho, os resultados mostram que a maior parte da perda florestal na área de estudo ocorre fora da Reserva Extrativista Chico Mendes, de fato esses resultados são óbvios quanto sabemos que um dos principais papéis das áreas protegidas no mundo é de reduzir o desmatamento, também contribuem nos processos de manter a floresta em pé para essa mesma continuar a oferecer os serviços ecossistêmicos (Cropper et al., 2001).

Porém, não podemos esquecer que essa área protegida está diretamente relacionada com a conservação da cobertura florestal ao longo das malhas rodoviárias e ramais. Além disso, a Reserva tem uma zona de amortecimento de 10 km cruzando com a BR-317. Então, nas perdas encontramos uma taxa três vezes maior fora em comparação a dentro da reserva,



indicando que a Reserva Extrativista Chico Mendes tem um papel de amortecedor de aproximadamente 75%.

Isto mostra claramente a eficácia dessa unidade de conservação, se for considerado que as áreas protegidas na Amazônia têm um papel de amortecimento de cerca de 50 % da floresta (Andam et al., 2008; Barber et al., 2014d; Gaveau et al., 2009; Laurance et al., 2015).

Em geral, o papel das florestas tropicais se expressa em primeiro lugar na sua capacidade de manter longe da atmosfera o carbono, pois quanto menor for o desmatamento, maior será a capacidade da floresta de sequestrar o carbono (Oliveira et al., 2013). Então, levando em consideração a frequência do desmatamento provocado pela construção da rodovia interoceânica BR-317, a implantação dessa área de proteção ambiental, nomeada unidade de conservação de uso sustentável, funciona como um amortecedor de desmatamento.

Dessa forma, no cenário analisado, dados mostram que o efeito da distância da rodovia interoceânica BR-317 é devastador, mas com a presença da RECM resultou em menos perda de floresta, ou seja, serviu como meio de frear o desmatamento, contribuindo, assim, em grande medida na conservação da floresta da região, responsável por contribuir com as funções em serviços ecossistêmicos, reduzir o desmatamento e alterar as mudanças climáticas.

Considerando que a floresta Amazônica funciona como uma bomba de água que produz chuvas no Brasil e na região da América do Sul (Marengo et al., 2018), utilizamos o método de (Nova and Matsui, 1973) para calcular a Evapotranspiração (ET), método no qual a ET da Amazônia é de  $4 \text{ mm}^3 \text{ dia}^{-1}$ , e encontramos que a RECM contribui com a liberação de cerca de  $10 \text{ Gt ano}^{-1}$  de água na atmosfera.

Outro ponto que vale ressaltar é que essa reserva está no estado do Acre, localizado na Amazônia sul acidental, segundo a literatura é o lugar onde os ventos fazem curvas (Arraut et al., 2012), indo para sul e oeste do Brasil, inicia o processo de evapotranspiração na Amazônia sul ocidental basicamente no período chuvoso, onde os rios voadores transportam a água de nuvens e vapor principalmente de Leste ao Oeste até encontrarem a barreira formada pelos Andes, onde eles mudam de direção, indo para sul e sudeste (Arraut et al., 2012; Wright et al., 2017).

Pode-se observar nas discussões anteriores que o cenário construído mostra que, se não houvesse a RECM, a cobertura florestal nesse recorte espacial seria 0% em 2018, o que causaria a diminuição da evapotranspiração. Isso traria um impacto mais forte na produção agrícola brasileira, a depender da área.

Isto significa que os períodos secos seriam mais longos, uma vez que, de acordo com (Leite-Filho et al., 2019) o período chuvoso reduziu-se em quase um mês nos últimos 15 anos, em lugares como Mato Grosso e Acre. A permanecer essa tendência a produtividade da agricultura sofrerá ou poderá sofrer grande perda (Costa et al., 2019).

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Andam, K.S., Ferraro, P.J., Pfaff, A., Sanchez-Azofeifa, G.A., Robalino, J.A., 2008. Measuring the effectiveness of protected area networks in reducing deforestation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 105, 16089–16094. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800437105>
- Arraut, J.M., Nobre, C., Barbosa, H.M.J., Obregon, G., Marengo, J., 2012. Aerial rivers and lakes: Looking at large-scale moisture transport and its relation to Amazonia and to subtropical rainfall in South America. *J. Clim.* 25, 543–556. <https://doi.org/10.1175/2011JCLI4189.1>
- Asner, G.P., Knapp, D.E., Broadbent, E.N., Oliveira, P.J.C., Keller, M., Silva, J.N., 2005. Ecology: Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science* (80-. ). 310, 480–482. <https://doi.org/10.1126/science.1118051>
- Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M., Laurance, W.F., 2014a. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biol. Conserv.* 177, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
- Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M., Laurance, W.F., 2014b. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biol. Conserv.* 177, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
- Chape, S., Harrison, J., Spalding, M., Lysenko, I., 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 360, 443–455. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1592>
- Coe, M.T., Brando, P.M., Deegan, L.A., Macedo, M.N., Neill, C., Silvério, D. V., 2017. The Forests of the Amazon and Cerrado Moderate Regional Climate and Are the Key to the Future. *Trop. Conserv. Sci.* 10, 194008291772067. <https://doi.org/10.1177/1940082917720671>
- Costa, M.H., Fleck, L.C., Cohn, A.S., Abrahão, G.M., Brando, P.M., Coe, M.T., Fu, R., Lawrence, D., Pires, G.F., Pousa, R., Soares-Filho, B.S., 2019. Climate risks to Amazon agriculture suggest a rationale to conserve local ecosystems. *Front. Ecol. Environ.* 584–590. <https://doi.org/10.1002/fee.2124>
- Cropper, M., Puri, J., Griffiths, C., 2001. Predicting the location of deforestation: The role of roads and protected areas in North Thailand. *Land Econ.* 77, 172–186. <https://doi.org/10.2307/3147088>

- Gaveau, D.L.A., Epting, J., Lyne, O., Linkie, M., Kumara, I., Kanninen, M., Leader-Williams, N., 2009. Evaluating whether protected areas reduce tropical deforestation in Sumatra. *J. Biogeogr.* 36, 2165–2175. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02147.x>
- Hansen, M.C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R.G., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* (80-. ). 342, 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Jensen, J.R., 2005. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective-3rd ed.* Inc., Prentice-Hall, Upper Saddle River. <https://doi.org/10.1080/10106048709354084>
- Laurance, W.F., Clements, G.R., Sloan, S., O’Connell, C.S., Mueller, N.D., Goosem, M., Venter, O., Edwards, D.P., Phalan, B., Balmford, A., Van Der Ree, R., Arrea, I.B., 2014. A global strategy for road building. *Nature* 513, 229–232. <https://doi.org/10.1038/nature13717>
- Laurance, W.F., Peletier-Jellema, A., Geenen, B., Koster, H., Verweij, P., Van Dijck, P., Lovejoy, T.E., Schleicher, J., Van Kuijk, M., 2015. Reducing the global environmental impacts of rapid infrastructure expansion. *Curr. Biol.* 25, R259–R262. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.02.050>
- Leite-Filho, A.T., Costa, M.H., Fu, R., 2019. The southern Amazon rainy season: The role of deforestation and its interactions with large-scale mechanisms. *Int. J. Climatol.* 1–14. <https://doi.org/10.1002/joc.6335>
- M. C. Hansen, P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T.R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C.O.J. and J.R.G.T., 2013. High-Resolution Global Maps of. *Science* (80-. ). 850, 850–854. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Marengo, J.A., Souza, C.M., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R.A., Alves, L.M., Soares, W.R., 2018. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Front. Earth Sci.* 6, 1–21. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>
- Mascarenhas, F. de S., Brown, I.F., Silva, S.S. da, 2018. Deforestation and forest fires transforming the reality of the Chico Mendes Extractive Reserve. *Desenvolv. e Meio*

- Ambient. 48, 236–262. <https://doi.org/10.5380/dma.v48i0.58826>
- Mohd Razali, N., Bee Wah, Y., 2011. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *J. Stat. Model. Anal.* 2, 21–33.
- N. Leader-Williams, J.H. and M.J.B.G., 1990. Leader-Williams, N., Harrison, J. & Green, G.M. (1990) Designing protected areas to conserve natural resources. *Science Progress*, 74, 189–204. *Sci. Prog.* 74, 16.
- Nepstad, D., Carvalho, G., Cristina, A., Alencar, A., Paulo, Ä., Bishop, J., Moutinho, P., Lefebvre, P., Lopes, U., Jr, S., Prins, E., 2001. <Nepstad et al 2001 - Brazil fire.pdf>. *For. Ecol. Manage.* 154, 395–407.
- Nova, N.A.V., Matsui, E., 1973. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica (\*) 6, 215–228.
- Oliveira, L.J.C., Costa, M.H., Soares-Filho, B.S., Coe, M.T., 2013. Large-scale expansion of agriculture in Amazonia may be a no-win scenario. *Environ. Res. Lett.* 8. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024021>
- Perz, S.G., C., O., M.M., C., R.T., W., E.Y., A., 2007. Unofficial road building in the Brazilian Amazon: Dilemmas and models for road governance. *Environ. Conserv.* 34, 112–121.
- PNAP-MMA, M.-M. do M.A.B., 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas - PNAP Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006, Centro de ed. Centro de Informação e Documentação, Brasília.
- Rocha, Karla da S. Andrea Chavez, Matt M. Perz, S.G., 2013. Image processing and land-cover change analysis in the tri-national frontier of Madre de Dios ( Peru ), Acre ( Brazil ), and Pando ( Bolivia ) -MAP : an increasing demand for data standar ... An. XVI Simpósio Bras. Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Bras. 13 a 18 abril 2013, INPE Image 9. <https://doi.org/10.13140/2.1.3002.4323>
- Soares-Filho, B., Moutinho, P., Nepstad, D., Anderson, A., Rodrigues, H., Garcia, R., Dietzsch, L., Merry, F., Bowman, M., Hissa, L., Silvestrini, R., Maretti, C., 2010. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107, 10821–10826. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913048107>
- Southworth, J., Marsik, M., Qiu, Y., Perz, S., Cumming, G., Stevens, F., Rocha, K., Duchelle, A., Barnes, G., 2011. Roads as drivers of change: Trajectories across the tri-national frontier in MAP, the southwestern Amazon. *Remote Sens.* 3, 1047–1066. <https://doi.org/10.3390/rs3051047>

Wright, J.S., Fu, R., Worden, J.R., Chakraborty, S., Clinton, N.E., Risi, C., Sun, Y., Yin, L., 2017. Rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 114, 8481–8486. <https://doi.org/10.1073/pnas.1621516114>

## Material Suplementar

Anos	Desmatamento Fora (ha )				Desmatamento Dentro (ha )			
	Buffer1	Buffer2	Buffer3	Total	Buffer1	Buffer2	Buffer3	Total
2000	12.599	15.129	18.277	46.005	3173	1080	477	4730
2001	13450	1226	1635	4211	641	309	218	1168
2002	1204	1563	1343	4111	395	188	137	720
2003	585	522	629	1736	486	202	140	829
2004	1219	1016	1220	3455	563	282	253	1099
2005	4127	4164	3394	11.685	2898	957	456	4312
2006	460	440	447	1348	534	150	478	1162
2007	469	386	301	1157	267	296	62	625
2008	656	165	567	1389	568	255	216	1040
2009	675	420	432	1528	406	177	168	751
2010	726	474	549	1750	381	167	200	749
2011	908	796	761	2466	780	333	205	1319
2012	1214	943	693	2851	860	357	476	1694
2013	1251	897	661	2811	962	462	416	1841
2014	1636	1164	887	3688	1328	690	681	2701
2015	1410	966	799	3176	1073	414	504	1993
2016	2435	1659	1867	5962	1531	619	740	2891
2017	2851	1991	1660	6503	2128	1057	915	4101
2018	2500	1960	1273	5734	2028	1174	1258	4460
Total	38.281	35.886	37.396	111564	21008	9173	8007	<b>38.189</b>
<b>Área (ha)</b>	<b>102.372</b>	<b>81.415</b>	<b>70.289</b>	<b>254.077</b>	<b>103.367</b>	<b>84.928</b>	<b>76.436</b>	<b>264.731</b>

Anos	Taxa Fora (%)			Taxa Dentro (%)		
	Buffer1	Buffer2	Buffer3	Buffer1	Buffer2	Buffer3
2000	12,3	18,6	26	3	1,3	0,6
2001	1,3	1,5	2,3	0,6	0,4	0,3
2002	1,2	1,9	1,9	0,4	0,2	0,2
2003	0,6	06	0,9	0,4	0,2	0,2
2004	1,2	1,3	1,7	0,5	0,3	0,3
2005	4	5,1	4,8	2,8	1,1	0,6
2006	0,4	0,5	0,6	0,5	0,2	0,6
2007	0,5	0,4	0,4	0,2	0,3	0,1
2008	0,6	0,2	0,8	0,4	0,3	0,3
2009	0,6	0,5	0,6	0,4	0,2	0,2
2010	0,7	0,6	0,8	0,4	0,2	0,3
2011	0,9	1	1	0,7	0,4	0,3
2012	1,2	1,2	1	0,8	0,4	0,6
2013	1,2	1,1	0,9	0,9	0,5	0,5
2014	1,6	1,4	1,2	1,3	0,8	0,9
2015	1,4	1,2	1,1	1	0,5	0,7
2016	2,4	2	2,6	1,5	0,7	0,9
2017	2,8	2,5	2,4	2,1	1,2	1,2
2018	2,4	2,4	1,8	1,9	1,4	1,6
<b>Total %</b>	37,4	44	53,2	20,3	10,8	10,5
<b>Total % F&amp;D</b>			44%			14%



## CONCLUSÕES GERAIS

A evolução do desmatamento para o período analisado mostra que a dinâmica da perda da cobertura florestal é flutuante para as duas fontes de dados no período temporal estudado. A maior perda na cobertura florestal aconteceu depois da pavimentação da Rodovia entre os períodos de 2002 e 2005, porém, houve uma redução na taxa de desmatamento entre os anos de 2006 e 2009 na área de estudo, voltando a crescer novamente em 2009.

Existe uma diferença significativa entre a taxa de incremento de desmatamento produzida pelas duas fontes de monitoramento para o período temporal e espacial estudados, mostrando um  $p < 5\%$ .

Além das definições do que é considerado desmatamento para cada fonte, outro fator que pode ter contribuído para as diferenças das taxas de desmatamento entre as fontes é que na metodologia usada por PRODES, considera-se desmatamentos com áreas superiores a 6,25 hectares. Por outro lado, a metodologia utilizada por Hansen quantificou somente os polígonos de pixel a pixel, ou seja, (30m x 30m, 900 m<sup>2</sup>) 0,09 ha área mínima mapeada.

Como as estimativas do projeto de monitoramento de desmatamento do GFC são sistematicamente mais altas que as do projeto PRODES/INPE, utilizamos o GFC para medir a perda da cobertura florestal dentro nosso recorte espacial.

Os dados amostrais foram determinados como Buffer 1, 2 e 3 fora e dentro da Reserva, mostrando as seguintes perdas; 53,2 % em 15 km de distância da Rodovia BR-317, seguida de 44,0 % em 17 km e 37,4 em 19 km. Porém, 10,5 % das taxas encontradas estão 25 km distantes da rodovia, nossa unidade amostral, mais longe da estrada. Isso mostra que, quanto mais próximo dessa rodovia maior é a taxa do desmatamento.

Ao fazermos comparação da quantidade desmatada fora e dentro da Reserva Extrativista Chico Mendes, observou-se perda florestal 3 vezes mais na parte exterior que dentro desta reserva. Ademais, os testes estatísticos mostram que há diferença significativa entre a perda dentro e fora no período 2000-2018. O efeito dessa reserva marca sua contribuição na conservação da floresta, executando suas funções em serviços ecossistêmicos e suas capacidades como bomba de água de produzir chuvas para a região da América do Sul.

Levando em consideração que a perda florestal é 3 vezes maior fora da reserva que dentro, isto permite concluir que a reserva extrativista Chico Mendes tem um papel de amortecer aproximadamente 75% do desmatamento na Amazônia Sul-Occidental.

**APÊNDICES**

Apêndice 1. Informações e link para as normas de publicação do periódico científico escolhido para submissão do artigo proveniente desta dissertação.

Nome da revista: Forest Ecology and Management

ISSN Online: 0378-1127.

Editor: Dan Binkley.

Fator de Impacto (2018): 3.126.

Classificação Qualis /Capes em Biodiversidade: A1.

Link para acesso às normas da revista:

<https://www.journals.elsevier.com/forest-ecology-and-management>