

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AMBIENTAL**

**EVANDRO ALBIACH BRANCO**

**DINÂMICAS DE USO E COBERTURA DA TERRA E GRANDES  
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS NA AMAZÔNIA**

São Paulo  
2020

**EVANDRO ALBIACH BRANCO**

**DINÂMICAS DE USO E COBERTURA DA TERRA E GRANDES  
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS NA AMAZÔNIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciência Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Evandro Mateus Moretto

Versão Corrigida  
(versão original disponível na Biblioteca do Instituto de Energia e Ambiente e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP)

São Paulo  
Março de 2020

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

### FICHA CATALOGRÁFICA

Branco, Evandro Albiach.

Dinâmicas de uso e cobertura da terra e grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia. / Evandro Albiach Branco; orientador: Evandro Mateus Moretto. – São Paulo, 2020.  
279 f.: il., 30 cm.

Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

1. Usinas hidrelétricas – aspectos socioambientais - Amazônia. 2. Impactos ambientais. I. Título.

Elaborado por Maria Penha da Silva Oliveira CRB-8/6961

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: BRANCO, Evandro Albiach

Título: **Dinâmicas de uso e cobertura da terra e grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciência Ambiental

Aprovado em: 10 de março de 2020

---

### Banca Examinadora

Presidente da banca examinadora

Prof.(a) Dr.(a) Evandro Mateus Moretto

Instituição: PROCAM / IEE / USP

Prof.(a) Dr.(a) Emilio Federico Moran

Instituição: Michigan State University

Prof.(a) Dr.(a) Neli Aparecida de Mello Théry

Instituição: Escola de Artes, Ciências e Humanidades – EACH / USP

Prof.(a) Dr.(a) Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo

Instituição: Escola Politécnica – EP / USP

Prof.(a) Dr.(a) Alexandre Toshiro Igari

Instituição: Escola de Artes, Ciências e Humanidades – EACH / USP

Prof.(a) Dr.(a) Miqueias Freitas Calvi

Instituição: Universidade Federal do Pará - UFPA

## **Agradecimentos**

Relembrar as diversas etapas desta fase desafiadora que é o doutorado ajuda a completar esta importante etapa de aprendizado, uma vez que oferece a oportunidade de identificar os principais pontos de apoio sobre os quais o caminho foi trilhado. Como qualquer avaliação *ex-post*, o que passou ganha tons muito mais claros na medida da distância do observador e fica mais fácil perceber a importância de cada fato e de cada pessoa. E foram muitos momentos e contribuições que verdadeiramente auxiliaram em minha formação científica e na conformação desta tese.

Pensando em formas de dar uma unidade a este texto, me pareceu bastante óbvio iniciar cada parte com uma palavra que teria a pretensão de caracterizar, de uma maneira mais ampla, o sentimento sobre o qual gostaria de agradecer.

Assim, início com o maior sentimento de todos, que é o amor. E agradeço muito à minha esposa Maíra Simões Cucio, pela já muito testada paciência, pelo incrível e persistente bom humor, pela infindável disposição em ouvir todas as ideias e histórias, por mais estranhas que fossem – e rir da maioria delas - tornando tudo mais leve e, acima de tudo pela compreensão sobre as necessidades do momento, mesmo compartilhando o olho do furacão que foram os últimos meses do doutorado. Com toda a certeza, nada disso teria sido possível sem você.

A segunda palavra que parece fundamental é a confiança, e como essa é uma base indispensável para avançar nos caminhos da vida. Por isso, agradeço aos meus pais e irmãos que sempre me ofertaram uma base sólida para acreditar que seria possível, mesmo que o caminho não encontrasse paralelos em nosso histórico familiar.

A terceira palavra na verdade são duas, que, como se comprovou nos últimos anos, não podem andar separadas: parceria e amizade, e aqui o grupo de pessoas fundamentais é realmente grande. Dou início, como não poderia ser diferente, pelo Evandro Mateus Moretto, por vários aspectos. Logo de cara, pela disposição em aceitar a orientação. Pela compreensão dos diversos momentos percorridos durante o processo do doutorado. Pelos diversos e fundamentais toques, que extrapolam a esfera do doutorado e perpassam o profissional e o pessoal. Pela paciência em adentrar e dialogar com campos diferentes. Pela amizade e pela música!

Seguindo no contexto do dueto parceira-amizade, agradeço ao Sergio Mantovani Paiva Pulice, pelos intermináveis diálogos e *brainstorms*, sempre pouco lineares, mas muito produtivos e bem humorados. Pela disposição à reflexão e construção coletiva em momentos de tanta instabilidade e desafios. Ah, e como não mencionar: pela música!

Ainda no mesmo grupo, agradeço ao Gustavo Felipe Balué Arcoverde, pelo compartilhamento das angústias desde nosso início juntos no CCST/INPE, pela intensa e tão bem-sucedida colaboração, pela disposição para o diálogo e por sempre estar a postos para ajudar. Posso dizer com tranquilidade que aprendi e continuo aprendendo muito com a nossa convivência.

Não poderia deixar de reservar aqui um parágrafo à amiga Maria Henriqueta Andrade Raymundo. Parceria e amizade que completaram 10 anos em 2019 e renderam tantas histórias, processos e aprendizados que nem sei por onde começar. Espero muito que possam seguir em nossas parcerias e amizade.

Não poderia também deixar de falar em algumas pessoas cujos diálogos, trocas, questionamentos e discussões me proporcionaram tanto desenvolvimento neste período, seja por meio de reflexões cotidianas seja pelo compartilhamento de experiências e trabalhos como Daniel Rondinelli Roquetti, Pablo Ricardo Sosa Belosevich, Celly Kelly Neivas dos Santos, Mariana Gutierrez Arteiro da Paz, Marcos Sorrentino e Semiramis Biasoli.

Neste mesmo contexto, gostaria muito de agradecer a todos os professores que tive a honra de conhecer e cujos aprendizados moldaram o que sou hoje, tanto do ponto de vista da pesquisa como enquanto indivíduo. Destaco as bases nas quais minha formação foi construída, a partir do curso de Gestão Ambiental da EACH/USP. Agradeço em especial ao professor Paulo Sinisgalli, por todo o acompanhamento próximo desde a graduação até o mestrado, e à professora Neli Aparecida de Mello-Théry, pela contínua exigência pelo rigor científico, fundamental na construção da carreira em pesquisa, além das inestimáveis críticas e contribuições a esta tese no momento da qualificação.

Por fim, retorno ao amor para fazer talvez o mais importante agradecimento de todos. Agradeço ao Dante pela chegada já na reta final da tese, inserindo pitadas intensas de caos no processo, mas tudo muito bem dosado com um amor sem tamanho. Tudo agora muda de cor e ganha novos contornos e significados, novas expectativas e sonhos. Agradeço pela oportunidade de vivenciar a maior experiência de todas.

**À Máira e ao Dante.**

## Resumo

BRANCO, E. A. **Dinâmicas de uso e cobertura da terra e grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia**. 2019. 279 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) - Instituto de Energia e Ambiente (IEE), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2020.

O planejamento e a construção de empreendimentos hidrelétricos na Amazônia, região com o maior potencial hidrelétrico ainda disponível no país, traz em seu bojo impactos e conflitos socioambientais importantes, decorrentes das potencialidades e sensibilidades típicas da região. Empreendimentos do porte de usinas hidrelétricas endereçam às localidades influências complexas, em diferentes escalas espaço-temporais. Embora os processos associados às dinâmicas territoriais sejam amplamente estudados e descritos para a região amazônica, as relações entre hidrelétricas e seus efeitos nas dinâmicas de uso e cobertura da terra, considerando suas especificidades e ciclo de vida, seguem pouco compreendidos em razão de sua complexidade e de limitações metodológicas. Neste sentido, e partindo da confrontação teórica entre os campos do Sistema Terrestre, da Economia Regional e da Avaliação de Impacto Ambiental, buscou-se analisar, por meio de uma estratégia multiescalar e multitemporal, as dinâmicas em regiões próximas a grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia, a partir dos estudos de caso de Jirau, Santo Antônio e Belo Monte. Os resultados indicaram diferenças significativas entre os casos. Enquanto para o primeiro não foram encontradas evidências suficientes para caracterizar a influência dos empreendimentos nas dinâmicas de uso e cobertura da terra para além daquelas esperadas e previstas pelo Estudo de Impacto Ambiental, para Belo Monte verificou-se três momentos bem marcados, com o início da influência do empreendimento dois anos antes do início das obras, seguido por uma fase de atenuações durante grande parte da etapa de instalação, concluído com a retomada das dinâmicas às vésperas do início da operação. Complementarmente, foi realizado um exercício de modelagem das dinâmicas do uso e cobertura da terra para a construção de cenários retrospectivos, investigando as possibilidades de não ocorrência de Belo Monte frente ao observado. Tal estratégia, mesmo considerando a complexidade e as incertezas inerentes e este tipo de exercício, possibilitou oferecer subsídios para a discussão da medida da contribuição da hidrelétrica no acumulado registrado nos padrões de uso e cobertura da terra.

Palavras-Chave: dinâmica do uso e cobertura da terra, hidrelétricas, Amazônia, avaliação *ex-post*, cenários.

## **Abstract**

**BRANCO, E. A. Land use and cover dynamics and Large Hydropower Plants in Amazon.** 279 f. Doctorate Thesis. Graduate Program on Environmental Science – Institute of Energy and Environment. University of São Paulo (USP), São Paulo, 2020.

Amazon region has the most significant hydropower potential available in Brazil. The planning and construction of hydropower projects address important social and environmental conflicts, considering the typical region's potentialities and sensitivities. Hydroelectric power plants address complex influences at different spatio-temporal scales. Although the processes associated to the territorial dynamics in Amazon are broadly studied and described, the relations between hydropower projects and their effects in land use and cover dynamics remain poorly understood due to their complexities and methodological limitations, mainly considering the hydropower specificities and life cycle. In this sense, and starting from the theoretical dialogue between Land System, Regional Economy and Environmental Impact Assessment science fields, this thesis aimed to analyse, through a multiscale and multitemporal strategy, the dynamics in regions near large hydropower plants in Amazon, from Jirau, Santo Antonio e Belo Monte case studies. Results indicated significant differences between these cases. Whilst for the first case no sufficient evidence was found to characterize the influence of hydropower plants in land use and cover dynamics, beyond those expected in the Environmental Impact studies. For Belo Monte case, it was found three moments of influence. First, an influence two years before the installation phase. Second, the influence of dynamic restriction during much of the installation phase. Third, influence regarding the placement of a new dynamic by the end of installation and before the operation phase. In addition, the land use and land cover dynamics modelling exercise was conducted for retrospective scenarios of non-occurrence of Belo Monte hydropower project, providing insights to discuss the contribution of a hydropower project in the accumulated effect on land use and land cover patterns, considering the complexity and uncertainties inherent of this type of exercise.

**Keywords:** land use and cover change, hydropower dams, Amazon, ex-post evaluation, scenarios.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Localização dos Aproveitamentos Hidrelétricos em operação no Brasil .....	24
Figura 2 - Usinas hidrelétricas na Amazônia, em suas diversas etapas.....	27
Figura 3 - Tendência do desmatamento ao redor de hidrelétricas e rodovias federais.....	30
Figura 4 - Integração entre os tópicos metodológicos.....	33
Figura 5 - Esquema conceitual e processos de suporte para o Sistema terrestre.....	38
Figura 6 - Esquema de representação do definido por Latour como "Ontologias de geometria variável" .....	42
Figura 7 - Classificação de sistemas em relação aos níveis de gradação propostos por Miller e Page (2007) e Page (2009) .....	46
Figura 8 – Causas imediatas e subjacentes.....	51
Figura 9 - Hierarquização de <i>drivers</i> proposta.....	53
Figura 10 – Os dois momentos (e escalas) da relação entre <i>drivers</i> proposta.....	53
Figura 11 - Relação entre empreendimentos hidrelétricos e as dinâmicas de uso e cobertura da terra .....	54
Figura 12 - Histograma da previsão de mão de obra direta para os aproveitamentos hidrelétricos de Jirau e Santo Antônio .....	55
Figura 13 - Principais teorias em economia regional. A coluna destacada em roxo, os autores relacionados às Teorias Clássicas da Localização .....	58
Figura 14 - Fases do empreendimento hidrelétrico. As linhas pontilhadas indicam as faixas de incerteza associadas ao início e término da caracterização da hidrelétrica como uma empresa matriz .....	64
Figura 15 - Enquadramentos dos processos de AAE, AIA e AIC.....	66
Figura 16 – Representação do conceito de impacto ambiental .....	69
Figura 17 – Estradas e colonização na Amazônia.....	86
Figura 18 - Taxas de desmatamento para a Amazônia Legal e para os Estados de Rondônia e Pará. As áreas hachuradas indicam os períodos de instalação de Jirau, Santo Antônio e Belo Monte .....	88
Figura 19 - Mapa de calor da ocorrência de desmatamentos a partir das cenas prioritárias utilizadas na estimativa do Prodes 2019 .....	89
Figura 20 – Mapa com os projetos previstos para o EID Peru-Brasil-Bolívia do IIRSA.....	92
Figura 21 – Áreas de Influência Regional e Indireta de Jirau e Santo Antônio. ....	99
Figura 22 - Área de Influência Indireta de Jirau e Santo Antônio.....	99
Figura 23 - Área de Influência Direta de Jirau.....	100
Figura 24 – Área de Influência Direta de Santo Antônio.....	100
Figura 25 - AID dos meios socioeconômico e cultural.....	101
Figura 26 - AID dos meios físico e biótico. ....	101
Figura 27 - Quantificação dos impactos previstos pelos EIAs de Jirau e Santo Antônio e Belo Monte, e quais tem relação com dinâmicas de uso e cobertura da terra. LUCC – impactos relacionados com <i>Land and Use cover Change</i> . ....	104

Figura 28 - Usinas hidrelétricas e buffers de avaliação consideradas pelo presente estudo.....	116
Figura 29 – Delimitação realizada nos arquivos raster do projeto Mapbiomas – imagem do ano 2010 - para o limite do <i>buffer</i> de 150km a partir dos barramentos das hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio.....	120
Figura 30 - Delimitação realizada nos arquivos raster do projeto Mapbiomas – imagem do ano 2010 - para o limite do <i>buffer</i> de 150km a partir dos barramentos das hidrelétricas de Belo Monte .....	120
Figura 31 – Grupos de comparação - ou contrafactuais espaciais. Elaboração do autor. ....	123
Figura 32 - Variação total (extensão) da classe “Vegetação Natural” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com as hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio .....	126
Figura 33 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Vegetação Natural” para cada ano, a partir de Jirau e Santo Antônio.....	127
Figura 34 - Variação incremental ((área final - área inicial)/ área inicial) da classe “vegetação natural”, agrupada para cada um dos períodos (pré-instalação 2003-2007, instalação 2008-2013 e operação 2014-2017) a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio .....	128
Figura 35 - Variação incremental ((área final - área inicial) / área inicial) da classe “vegetação natural”, agrupada para o período de instalação (2008-2013) para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	129
Figura 36 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2003 e 2007 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	131
Figura 37 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2008 e 2013 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	132
Figura 38 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2009 e 2012 dentro do <i>buffer</i> de 50 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	133
Figura 39 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2014 e 2017 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	134
Figura 40 - Variação total (extensão) da classe “Agropecuária” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com as hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio .....	136
Figura 41 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Agropecuária” para cada ano, a partir de Jirau e Santo Antônio.....	137
Figura 42 – Trajetórias das classes Pastagem, Cultura Anual e Mosaico de Agricultura com Pastagem, que compõe a classe “Agropecuária”, para o <i>buffer</i> de 50km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. A área hachurada refere-se ao período de instalação considerado para Jirau e Santo Antônio. ....	138
Figura 43 - Variação incremental ((área final - área inicial)/ área inicial) da classe “agropecuária”, agrupada para cada um dos período (pré-instalação 2003-2007, instalação 2008-2013 e operação 2014-2017) para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	138
Figura 44 - Variação percentual ((área final - área inicial) / área inicial) da classe “vegetação natural”, agrupada para o período de instalação (2008-2013) para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	139
Figura 45 - Variação da classe “Agropecuária” entre os anos de 2003 e 2007 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. ....	141
Figura 46 - Variação da classe “Agropecuária” entre os anos de 2008 e 2013 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. ....	142

Figura 47 - Variação da classe “Agropecuária” entre os anos de 2008 e 2013 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio .....	143
Figura 48 – Trajetórias das classes “Infraestrutura urbana”, “Outra área não vegetada” e “Mineração”, que compõe a classe “Áreas Antropizadas”, para o <i>buffer</i> de 50km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	144
Figura 49 - Variação total (extensão) da classe “Áreas Antropizadas” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com as hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio .....	145
Figura 50 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Áreas Antropizadas” para cada ano, a partir de Jirau e Santo Antônio.....	146
Figura 51 - Variação percentual ((área final - área inicial)/ área inicial), ou incremento, da classe “Áreas antropizadas”, agrupada para cada um dos períodos (planejamento 2003-2007, instalação 2008-2013 e operação 2014-2017) para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	148
Figura 52 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2003 e 2007 dentro do <i>buffer</i> de 50 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	150
Figura 53 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2008 e 2013, dentro do <i>buffer</i> de 50 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	151
Figura 54 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2014 e 20137 dentro do <i>buffer</i> de 50 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.....	152
Figura 55 - Variação total (extensão) da classe “Vegetação Natural” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com a hidrelétrica de Belo Monte .....	153
Figura 56 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Vegetação Natural” para cada ano, a partir de Belo Monte .....	155
Figura 57 - Variação percentual da classe “vegetação florestal” para o agregado os períodos pré-instalação (2006-2010) e de instalação (2011-2016), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte.....	156
Figura 58 - Variação percentual da classe “vegetação florestal” para o agregado os períodos de (2006-2008), (2008-2010) e (2010-2011), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte .....	157
Figura 59 - Variação percentual da classe “vegetação florestal” para o agregado do período de operação (2016-2017), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte... ..	158
Figura 60 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2006 e 2008 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Belo Monte .....	160
Figura 61 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2008 e 2010 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Belo Monte .....	161
Figura 62 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2008 e 2010 dentro do <i>buffer</i> de 50 km a partir das barragens de Belo Monte .....	162
Figura 63 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2011 e 2015 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Belo Monte .....	163
Figura 64 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2015 e 2016 dentro do <i>buffer</i> de 150 km a partir das barragens de Belo Monte .....	164
Figura 65 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2015 e 2016 dentro do <i>buffer</i> de 25 km a partir das barragens de Belo Monte .....	165
Figura 66 – Trajetórias das classes Pastagem, Cultura Anual e Mosaico de Agricultura com Pastagem, que compõe a classe “Agropecuária”, para o <i>buffer</i> de 150km a partir das barragens de Belo Monte.....	166

Figura 67 - Variação total (extensão) da classe “Vegetação Natural” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com a hidrelétrica de Belo Monte .....	167
Figura 68 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Agropecuária” para cada ano, a partir de Belo Monte. ....	169
Figura 69 - Variação percentual da classe “agropecuária” para o agregado os períodos pré-instalação (2006-2010) e instalação (2011-2016), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte.....	170
Figura 70 - Variação percentual da classe “agropecuária” para o agregado dos períodos pré-instalação (2006-2008), de instalação (2008-2010) e de operação (2010-2011), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte .....	171
Figura 71 - Variação percentual da classe “agropecuária” para o agregado do período de operação (2016-2017), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte...	172
Figura 72 - Variação da classe “Agropecuária” entre os anos de 2006 e 2008 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte.....	173
Figura 73 - Variação da classe “Agropecuária” entre os anos de 2008 e 2010 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte.....	174
Figura 74 - Variação da classe “Agropecuária” entre os anos de 2011 e 2016 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte.....	175
Figura 75 - Variação da classe “Agropecuária” entre os anos de 2016 e 2017 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte.....	176
Figura 76 – Trajetórias das classes Infraestrutura urbana, Outra área não vegetada e Mineração, que compõe a classe “Áreas Antropizadas”, para o <i>buffer</i> de 150km a partir das barragens de Belo Monte.....	177
Figura 77 - Variação total (extensão) da classe “Áreas Antropizadas” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com a hidrelétrica de Belo Monte .....	178
Figura 78 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Áreas Antropizadas” para cada ano, a partir de Belo Monte.....	179
Figura 79 - Variação percentual da classe “áreas antropizadas” para o agregado dos períodos pré-instalação (2006-2010) e de instalação (2011-2016), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. ....	180
Figura 80 - Variação percentual da classe “áreas antropizadas” para o agregado dos períodos pré-instalação (2007-2008) e de instalação (2008-2009), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte .....	181
Figura 81 - Variação percentual da classe “áreas antropizadas” para o agregado do período de operação (2016-2017), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte...	181
Figura 82 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2008 e 2009 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. ....	183
Figura 83 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2009 e 2011 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte .....	184
Figura 84 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2009 e 2011 dentro do buffer de 50 km a partir das barragens de Belo Monte .....	185
Figura 85 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2011 e 2014 dentro do buffer de 50 km a partir das barragens de Belo Monte .....	186
Figura 86 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2014 e 2016 dentro do buffer de 50 km a partir das barragens de Belo Monte .....	187

Figura 87 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2016 e 2017 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte .....	188
Figura 88 - Reenquadramento dos marcos temporais para a classe "vegetação natural" .....	196
Figura 89 - Correlações entre as distâncias às barragens e a variação nas classes vegetação natural e agropecuária .....	197
Figura 90 – Percentual de cobertura das classes “vegetação natural” e “agropecuária” para os Estados de Rondônia e Pará, nos anos 2000 e 2008.....	198
Figura 91 - Etapas metodológicas para a análise a partir de cenários retrospectivos.....	203
Figura 92 - Trajetórias observadas - original e com máscara para as classes "vegetação natural" e "agropecuária" .....	206
Figura 93 – Representação do esquema de validação por múltiplas resoluções. ....	208
Figura 94 - Relação entre os componentes no arcabouço de modelagem LUCC-ME.....	209
Figura 95 - Cenários em relação aos níveis de complexidade e incerteza. ....	210
Figura 96 – Relação entre as tipologias de cenários e as etapas do ciclo de políticas públicas	211
Figura 97 – Esquema de comparação entre as trajetórias observada e cenários. ....	212
Figura 98 - Trajetórias para a classe ‘agropecuária’. ....	213
Figura 99 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado, ambos para o ano de 2008. ....	215
Figura 100 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado, ambos para o ano de 2008. ....	216
Figura 101 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário A), ambos para o ano de 2011.....	219
Figura 102 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário B), ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.....	220
Figura 103 - Mapas para a classe Agropecuária – Diferença entre o Simulado (Cenários A e B) e o observado, ambos para o ano de 2011.....	221
Figura 104 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário A), ambos para o ano de 2016.....	222
Figura 105 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário B), ambos para o ano de 2016.....	223
Figura 106 - Mapas para a classe Agropecuária – Diferença entre o Simulado (Cenários A e B) e o observado, ambos para o ano de 2016.....	224
Figura 107 – Rede utilizada para analisar o híbrido “influências de grandes hidrelétricas nas dinâmicas de uso e cobertura da terra”.....	235
Figura 108 – Síntese das principais relações entre as proposições conceituais e os resultados empíricos dos métodos aplicados.....	238
Figura 109 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário A), ambos para o ano de 2011 .....	273
Figura 110 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário B), ambos para o ano de 2011 .....	274

Figura 111 - Mapas para a classe Vegetação Natural – Diferença entre o Simulado (Cenários A e B) e o observado, ambos para o ano de 2011 .....	275
Figura 112 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário A), ambos para o ano de 2011 .....	276
Figura 113 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário B), ambos para o ano de 2011 .....	277
Figura 114 - Mapas para a classe Vegetação Natural – Diferença entre o Simulado (Cenários A e B) e o observado, ambos para o ano de 2011. ....	278

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Matriz da capacidade instalada para geração de energia no SIN – Sistema Interligado Nacional para 2017 – 2022.....	23
Tabela 2 - Potencial Hidrelétrico por bacias .....	25
Tabela 3 - Restrições ambientais ao potencial hidrelétrico a aproveitar por sub-bacia (MW)	26
Tabela 4 - Estimativa da alteração total na dinâmica demográfica de Porto Velho em função da implantação dos AHE Jirau e Santo Antônio .....	57
Tabela 5 – Extensão de desmatamentos para os Estados da Amazônia Legal. ....	87
Tabela 6 - Usinas Hidrelétricas com maior potencial fiscalizada em operação no Brasil.....	91
Tabela 7 – Comparação entre as porcentagens de impactos relacionados com dinâmicas de uso e cobertura da terra para os Jirau-Santo Antônio e Belo Monte. ....	104
Tabela 8 - Escalas de análise consideradas .....	117
Tabela 9 – Diferença nas taxas de mudança entre os períodos para a classe “vegetação natural”. .....	129
Tabela 10 – Diferença nas taxas de mudança entre os períodos para a classe “agropecuária”. ....	139
Tabela 11 – Diferença nas taxas de mudança entre os períodos para a classe “áreas antropizadas”.....	148
Tabela 12 – Diferença nas taxas de mudança entre diferentes intervalos, para a classe “Vegetação Natural” .....	157
Tabela 13 – Diferença nas taxas de mudança entre diferentes intervalos, para a classe “Agropecuária”. ....	171
Tabela 14 – Diferença nas taxas de mudança entre os períodos para a classe “Áreas Antropizadas”.....	180
Tabela 15 - Quantificação de áreas para a componente "demanda" do modelo de uso e cobertura da terra. Valores expressos em km <sup>2</sup> .....	206
Tabela 16 – Quantificação das premissas para a classe “Agropecuária”. ....	213
Tabela 17 - Valores de validação, por janela de amostragem. ....	217

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Principais definições e referências para "Land System".....	37
Quadro 2 - Impactos decorrentes da mobilização da mão-de-obra nos AHEs Jirau e Santo Antônio.....	56
Quadro 3 - Efeitos da empresa motriz.....	62
Quadro 4 - Fases do desenvolvimento da Amazônia. ....	79
Quadro 5 – Periodização das dinâmicas territoriais em Rondônia.....	83
Quadro 6 – Principais marcos temporais do processo de viabilização do Complexo Jirau - Santo Antônio.....	93
Quadro 7 – Principais marcos temporais do processo de viabilização de Belo Monte. ....	94
Quadro 8 – Abrangência propostas para as áreas de influência pelo Termo de Referência do IBAMA para Jirau e Santo Antônio.....	98
Quadro 9 – Síntese de impactos relacionados direta e indiretamente a alterações no uso e na cobertura do solo a partir da Matriz de Avaliação de Impactos do EIA de Jirau e Santo Antônio.....	105
Quadro 10 – Síntese de impactos relacionados direta e indiretamente a alterações no uso e na cobertura do solo a partir da Matriz de Avaliação de Impactos do EIA de Belo Monte.....	108
Quadro 11 - Etapas das hidrelétricas selecionadas.....	117
Quadro 12 - Principais características das bases de dados consideradas. ....	118
Quadro 13 - Agrupamento das classes de uso e cobertura da terra. ....	121
Quadro 14 - Tipos de variação utilizadas nas análises das trajetórias das classes de uso e cobertura da terra.....	124
Quadro 15 – Síntese dos resultados para Jirau e Santo Antônio. ....	190
Quadro 16 – Síntese dos resultados para Belo Monte.....	194
Quadro 17 – Síntese dos resultados para Jirau / Santo Antônio e Belo Monte. ....	202
Quadro 18 - Premissas para os cenários propostos .....	212
Quadro 19 - Parâmetros do modelo.....	214
Quadro 20 – Figuras e conteúdos dos mapas, para análises comparativas. ....	218
Quadro 21 - Chaves de interpretação para os mapas de diferença.....	218

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

- AAE – Avaliação Ambiental Estratégica
- AAI – Avaliação Ambiental Integrada
- AAR – Área de Abrangência Regional
- ADA - Área Diretamente Afetada
- AGR - Agropecuária
- AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
- AIC - Akaike information criterion
- AIC – Avaliação de Impactos Cumulativos
- AID – Área de Influência Direta
- AIE – Área de Influência Estratégica
- AII - Área de Influência Indireta
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CAR – Cadastro Ambiental Rural
- CFURH – Compensação Financeira pelo Uso de Recursos Hídricos para Fins de Geração de Energia Elétrica
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
- DRI – Despacho de Registro de Intenção à outorga de autorização
- DRS – Despacho de Registro da Adequabilidade do Sumário Executivo
- EIA – Estudo de Impacto Ambiental
- EID - Eixo de Integração e Desenvolvimento
- ENERAM – Comitê Coordenador dos Estudos Energéticos da Amazônia
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética
- EPSG - *European Petroleum Survey Group*
- EVTE – Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica
- FUNAI - Fundação Nacional do Índio
- GPI – Grandes Projetos de Investimento
- IAIA – *International Association for Impact Assessment*
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IIRSA – Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional Sulamericana
- INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

LUCC – *Land Use and Cover Change*

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério das Minas e Energia

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PAD – Projetos de Assentamentos Dirigidos

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PIB – Produto Interno Bruto

PIC – Projeto Integrado de Colonização

PIN – Programa de Integração Nacional

PND – Planos Nacionais de Desenvolvimento

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PNMC – Política Nacional de Mudanças Climáticas

POLAMAZÔNIA – Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia

PPA - Plano Plurianual

PPCDAM – Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal

PRODES – Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite

PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

PROTERRA – Programa de Redistribuição de Terra e de Estímulos à Agroindústria do Norte e Nordeste

PVEA – Plano de Valorização Econômica da Amazônia

REED – *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*

SFB – Serviço Florestal Brasileiro

SIGEL – Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

SIN – Sistema Interligado Nacional

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SPVEA – Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia

SUDAM – Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

TI – Terra Indígena

UCPI – Unidade de Conservação de Proteção Integral

UCUS – Unidade de Conservação de Uso Sustentável

VEC – *Valued Ecosystem Components*

VN – Vegetação Natural

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	23
1.1. Problema de pesquisa .....	32
1.2. Hipóteses de pesquisa .....	32
1.3. Objetivos da pesquisa .....	32
1.4. Estratégia de pesquisa e organização da tese.....	33
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	35
2.1. Sistema terrestre (land system) como plataforma de integração das relações ambiente-sociedade.....	35
2.1.1. Complexidade e desdobramentos metodológicos .....	44
2.1.2. O conceito de drivers no contexto das dinâmicas de uso e cobertura da terra .....	49
2.2. Economias de aglomeração e grandes empreendimentos hidrelétricos.....	54
2.3. Efeitos Cumulativos, trajetórias e padrões espaciais .....	64
<b>3. CONTEXTO E INFORMAÇÕES SOBRE OS CASOS DE ESTUDO</b> .....	70
3.1. Paradigmas de desenvolvimento e os caminhos da configuração da Amazônia como “jazida energética” do Brasil .....	70
3.2. Marcos e trajetórias regionais de mudança no uso e cobertura da terra nas áreas de estudo .....	81
3.3. Usinas hidrelétricas.....	89
3.3.1. Definição e justificativa para escolha das hidrelétricas .....	89
3.3.2. Breve histórico dos empreendimentos selecionados .....	91
3.3.3. Áreas de influência definidas no processo de Avaliação de Impacto Ambiental .....	95
3.3.4. Previsão de alterações no uso e cobertura da terra no processo de avaliação de impactos das hidrelétricas .....	103

<b>4. ANÁLISE DAS DINÂMICAS DE USO E COBERTURA DA TERRA EM REGIÕES PRÓXIMAS A GRANDES EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS: UM ESTUDO A PARTIR DO COMPLEXO JIRAU/SANTO ANTÔNIO E BELO MONTE .....</b>	<b>114</b>
4.1. Métodos .....	115
4.1.1. Definição dos parâmetros das análises .....	115
4.1.2. Preparação da base de dados .....	118
4.1.3. Análise dos dados .....	123
4.2. Resultados .....	124
4.2.1. Santo Antônio e Jirau .....	124
4.2.1.1. Vegetação Natural .....	125
4.2.1.2. Agropecuária .....	135
4.2.1.3. Áreas Antropizadas .....	144
4.2.2. Belo Monte .....	153
4.2.2.1. Vegetação Natural .....	153
4.2.2.2. Agropecuária .....	166
4.2.2.3. Áreas Antropizadas .....	177
4.3. Síntese dos achados e discussões .....	189
<b>5. CENÁRIOS RETROSPECTIVOS COMO INSTRUMENTO DE REFLEXÃO SOBRE IMPACTOS CUMULATIVOS: EXERCÍCIOS PARA UMA REGIÃO A PARTIR DE BELO MONTE .....</b>	<b>203</b>
5.1. Métodos .....	203
5.1.1. Construção do modelo de mudança do uso e cobertura da terra .....	204
5.1.2. Cenários retrospectivos: premissas e quantificação .....	209
5.2. Resultados e discussões .....	214
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>231</b>
6.1. Principais achados .....	232
6.2. Considerações gerais sobre aspectos teóricos e metodológicos .....	234
6.3. Indicações para pesquisas futuras e recomendações .....	239
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>242</b>

## ANEXOS

Anexo 1 – Descrição das Classes de Uso e Cobertura da Terra, conforme Mapbiomas (2018).....	265
Anexo 2 – Municípios do grupo do entorno (referência para análise regional) .....	266
Anexo 3 – Áreas Protegidas com interface com os <i>buffers</i> a partir das hidrelétricas .....	267
Anexo 4 – Lista de variáveis explicativas candidatas e correlação (Spearman) .....	268
Anexo 5 – Modelo de regressão utilizado para parametrização da componente Potencial do modelo.....	272
Anexo 6 – Mapas de simulação (Cenários A e B) para a classe “Vegetação Natural”, para os anos de 2011 e 2016. ....	273

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o estudo “Demanda de Energia 2050” (EPE, 2014), documento que compõe o Plano Nacional de Energia 2050, para o período que se estende de 2013 a 2050, estima-se que a demanda total de energia no Brasil aumente em pouco mais de duas vezes, com destaque para o avanço nas contribuições do gás natural e da eletricidade. Neste contexto, o papel da produção hidráulica dentro da matriz energética brasileira mantém uma posição de notoriedade dentre as diversas fontes de produção (MME, 2007).

Dados do Operador Nacional do Sistema - ONS indicam que a contribuição da hidroeletricidade na matriz nacional chegava em 2018 a 109.212 MW<sup>1</sup>, ou 67,6% da capacidade total instalada no Sistema Integrado Nacional – SIN (ONS, 2019). Ainda, de acordo com WEC (2016) e IHA (2018), o Brasil ocupa a 3º posição dentre os países com as maiores capacidades de geração hidrelétrica instalada, atrás apenas da China (26%) e dos EUA (8,4%), e sua produção representava, em 2015, 7,6% de toda a geração global.

Internamente, a hidroeletricidade ocupa claramente uma posição de destaque na matriz de geração de energia nacional, com previsão de incremento de geração nos próximos anos (Tabela 1).

Tabela 1 - Matriz da capacidade instalada para geração de energia no SIN – Sistema Interligado Nacional para 2017 – 2022. Adaptado de ONS (2019). Elaboração do autor.

Sistemas de Geração de Energia	2018		2023		
	MW	%	MW	%	
Energia Hidrelétrica	109.212	67,6	114.664	64,8	
Energia Eólica	14.305	8,9	17.475	9,9	
Energia Solar	1.780	1,1	3.867	2,2	
Energia Térmica	Gás + GNL	12.821	7,9	16.188	9,2
	Óleo + Diesel	4.614	2,9	4.840	2,7
	Carvão	2.672	1,7	3.017	1,7
	Biomassa	13.353	8,3	13.864	7,8
Energia Nuclear	1.990	1,2	1.990	1,1	
Outras	779	0,5	1000	0,6	
<b>TOTAL</b>	<b>161.526</b>	<b>100</b>	<b>176.905</b>	<b>100</b>	

<sup>1</sup> Fontes oficiais diferentes apresentam uma variação nos valores do dado. O Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro - SIPOT - apresenta, para o mesmo ano (dezembro de 2018), o valor de 107.420,86 MW para a capacidade hidrelétrica instalada e em operação no Brasil (ELETROBRAS, 2018).

A Figura 1 ilustra a distribuição dos 1335 aproveitamentos hidrelétricos<sup>2</sup> em operação no Brasil, conforme os dados disponibilizados pelo SIGEL<sup>3</sup>.

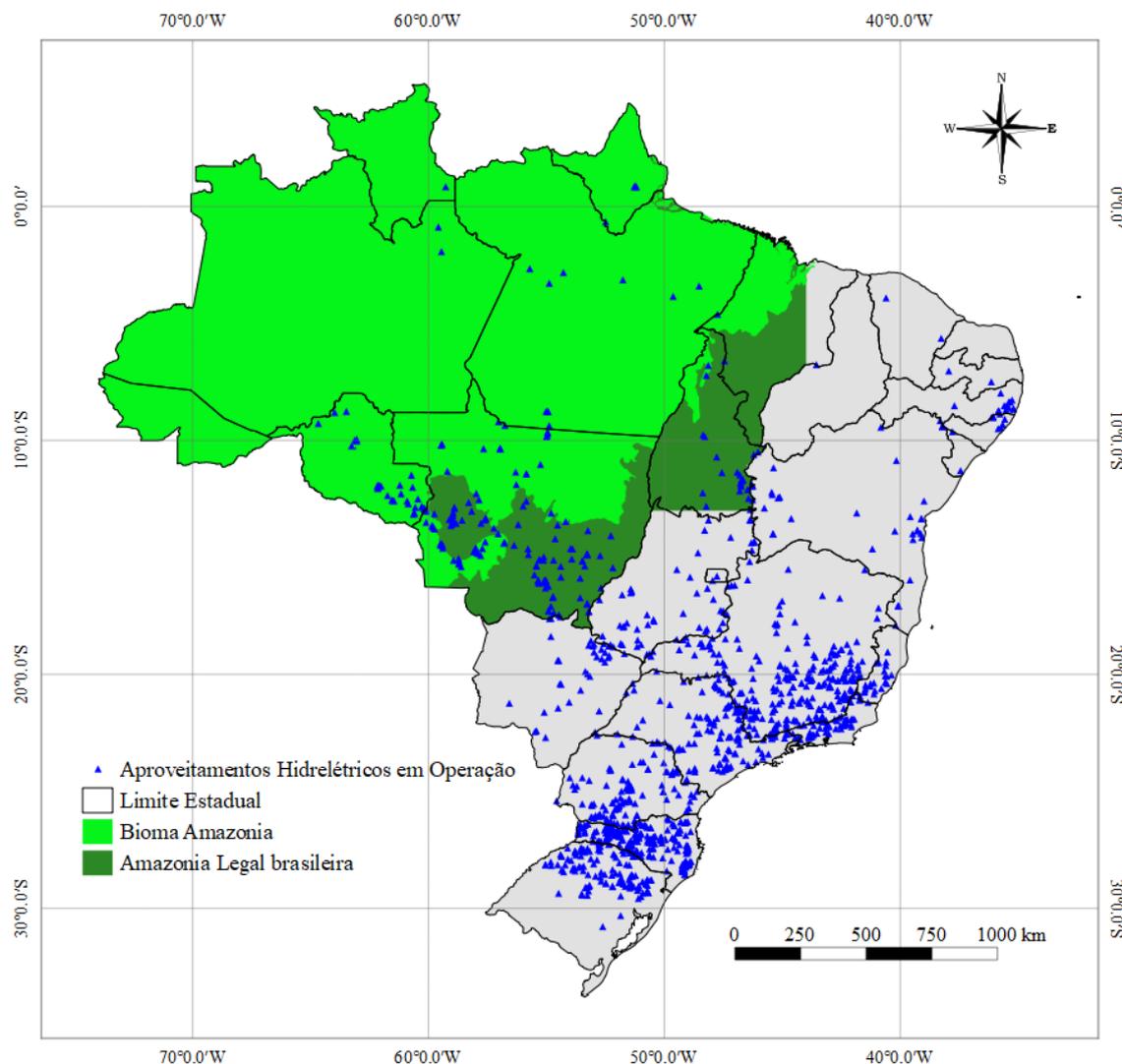


Figura 1 - Localização dos Aproveitamentos Hidrelétricos em operação no Brasil, de acordo com SIGEL (2018). Elaboração do autor.

<sup>2</sup> São considerados aproveitamentos hidrelétricos as seguintes tipologias: Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até 1 MW de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW) (MME, 2007). Entretanto, a Resolução ANEEL 673/2015, que estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica, redefiniu a tipologia de Pequenas Centrais Hidrelétricas como aquelas com potência instalada menor que 30MW e com área de reservatório de acumulação de água menor que 13km<sup>2</sup>, alterando o critério de área que era anteriormente definido como menor que 3km<sup>3</sup> (Resolução ANEEL 652/2003). A partir desta nova resolução, foi alterado um dos parâmetros de caracterização para novas usinas. A resolução 673/2015, entretanto, não retroagiu e reclassificou as usinas construídas e em operação até 2015.

<sup>3</sup> SIGEL – Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico. Dados disponíveis em <http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>. Dados atualizados em maio de 2018. Acesso em 11/09/2018.

Mesmo com uma capacidade total instalada no país de 109.212 MW, há um potencial hidrelétrico<sup>4</sup> total passível de ser viabilizado da ordem de 246 GW, ou seja, dentro de um horizonte de expansão ainda considerável (ELETROBRAS, 2018). Na Tabela 2 é possível verificar a síntese desses valores, por estágio e por bacia hidrográfica.

Tabela 2 - Potencial Hidrelétrico por bacias. Fonte: (ELETROBRAS, 2018). Valores em MW. Elaboração do autor.

<b>Bacia</b>	<b>Planejamento<sup>5</sup></b>	<b>Construção</b>	<b>Operação</b>	<b>Total Geral</b>
Rio Amazonas	70.904,61	783,88	23.246,43	94.934,92
Rio Tocantins	13.683,15	0	13.252,68	26.935,83
Atlântico Norte e Nordeste	2.093,40	0	812,00	2.905,40
Rio São Francisco	11.820,01	0	10.786,75	22.605,76
Atlântico Leste	8.504,30	27,60	5.455,35	13.987,25
Rio Paraná	18.754,01	399,83	43.635,56	62.789,40
Rio Uruguai	5.165,28	148,40	6.414,18	11.728,86
Atlântico Sudeste	6.526,97	5,37	3.817,91	10.353,25
<b>Totais</b>	<b>137.451,73</b>	<b>1.365,08</b>	<b>107.420,86</b>	<b>246.240,67</b>

Importante no contexto do presente trabalho, a bacia amazônica responde por 21,64% da geração de energia hidrelétrica do País, atualmente. Entretanto, conforme dados da Eletrobras (ELETROBRAS, 2018), possuiria potencial de ampliar sua participação para cerca de 38,5%. Aproximadamente 51,6% de todo o potencial nacional está localizado na bacia do Rio Amazonas, com destaque absoluto para as bacias do Tapajós, Xingu, Madeira e Trombetas, que concentram quase 90% do potencial amazônico (MME, 2007, p. 35)

O Plano Nacional de Energia 2030, publicado em 2007, informava que apenas 38% de todo o potencial hidrelétrico da bacia do Amazonas era considerado livre de restrições ambientais significativas<sup>6</sup>. A bacia do Rio Madeira, neste contexto, destaca-se com

<sup>4</sup> Conforme EPE (2017), “*entende-se por potencial hidrelétrico o potencial possível de ser técnica e economicamente aproveitado nas condições atuais de tecnologia, e é medido em termos de energia firme, que é a geração máxima contínua na hipótese de repetição futura do período hidrológico crítico. Compreende as usinas em operação ou construção e os aproveitamentos disponíveis estudados nos níveis de inventário, viabilidade e projeto básico*”.

<sup>5</sup> Percentual relacionado ao potencial classificado como “Planejamento” no Quadro 4 inclui o potencial estimado, o inventariado, o com estudo de viabilidade e o com projeto básico.

<sup>6</sup> O estudo considera como restrições ambientais 13 elementos: cidades, área populosa, floresta nacional, parque nacional, reserva indígena, área de quilombo, área de proteção ambiental, reserva biológica, reserva de desenvolvimento sustentável, rio virgem, tamanho da área alagada, área com elevado custo de terra, interferência com infraestrutura de significativa expressão econômica (MME, 2007).

89,4% do seu potencial considerado livre de restrições ambientais pelo mesmo plano (MME, 2007). Na Tabela 3 é apresentada a síntese de tais potenciais, considerando a incidência ou não das restrições mencionadas.

Tabela 3 - Restrições ambientais ao potencial hidrelétrico a aproveitar por sub-bacia (MW).  
Fonte: MME (2007). Elaboração do autor.

Sub-Bacia	Potencial total	Sem restrições ambientais		Com restrições ambientais	
Tapajós	24.716	6875	27,82%	17841	72,18%
Xingu	22.795	5681	24,92%	17114	75,07%
Madeira	14.700	13144	89,41%	1556	10,58%
Trombetas	6.236	1491	23,91%	4745	76,09%
Negro	4.184	0	0%	4184	100%
Jari	1.691	318	18,80%	1373	81,19%
Branco	1.079	419	38,83%	660	61,16%
Paru	938	820	87,42%	118	12,58%
Oiapoque	250	0	0%	250	100%
Purus	426	213	50%	213	50%
Maecuru	322	161	50%	161	50%
Nhamundá	110	0	0%	110	100%
Uatumã	75	75	100%	0	0%

Analisando apenas a tipologia de aproveitamentos hidrelétricos denominada de usinas hidrelétricas, e restringindo o recorte ao território da Amazônia Legal Brasileira, em 2018 eram contabilizados 90 em fase de planejamento<sup>7</sup>, 3 em fase instalação<sup>8</sup> e 30 em operação, conforme dados do SIGEL<sup>9</sup> (Figura 2).

O cenário brasileiro acompanha uma tendência de expansão global, principalmente em países em desenvolvimento, com incrementos mais acentuados na América Latina, África e Ásia, orientados principalmente por estratégias de

---

Uma leitura mais próxima dessa situação, todavia, revela que, muito embora não haja de fato sobreposições, a proximidade de áreas legalmente protegidas ou direcionadas a usos específicos e as alterações das dinâmicas socioeconômicas podem disparar processos locais e agravar conflitos pelo uso da terra nas regiões direta e indiretamente afetadas pelos empreendimentos.

<sup>7</sup> Inclui os empreendimentos com eixo inventariado, com “EVTE” (Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica, em elaboração, aceito e aprovado), com “PB” (Projeto Básico em elaboração, aceito ou aprovado), com “DRI” (Registro de Intenção à Outorga de Autorização) ou com “DRS” (Despacho de Registro da Adequabilidade do Sumário Executivo).

<sup>8</sup> Inclui empreendimento classificados no SIGEL como “Construção com Outorga” e “Construção não iniciada”.

<sup>9</sup> Dados atualizados em maio de 2018. Acesso em 11/09/2018. O ano de 2018 foi tomado como referencial para a atualização de informações oficiais em razão do alinhamento temporal com o último Plano Nacional de Expansão de Energia aprovado. A versão de 2019 do plano não foi considerada por estar em etapa de consulta pública até o final de 2019, quando a pesquisa foi efetivamente concluída.

desenvolvimento/crescimento<sup>10</sup> nacional, e apoiado na justificativa da fonte de energia renovável, supostamente contribuindo para a redução da emissão de gases do efeito estufa<sup>11</sup> e, conseqüentemente, alinhados com acordos climáticos internacionais (ZARFL et al., 2015).

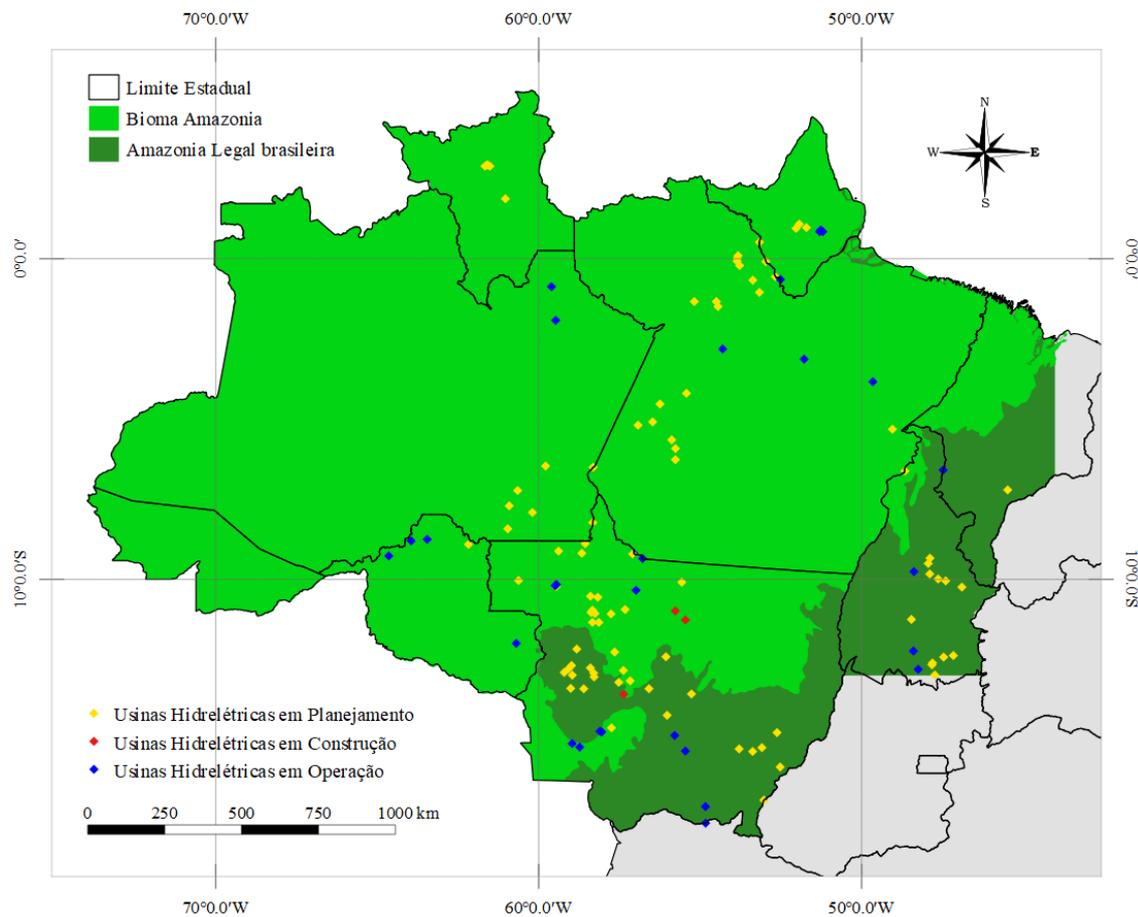


Figura 2 - Usinas hidrelétricas na Amazônia, em suas diversas etapas, conforme SIGEL (2018).  
Elaboração do autor.

Em específico para a Amazônia, e já adentrando ao tema das possíveis relações entre hidrelétricas e dinâmicas do sistema terrestre, Nobre *et al.* (2016) afirmam que as maiores causas de mudanças no uso e cobertura da terra na Amazônia, historicamente, são conseqüências do aumento das demandas internacionais por commodities agrícolas ou pelo crescimento da demanda doméstica de energia, uma vez que a região é

<sup>10</sup> Os termos são frequentemente utilizados como sinônimos, embora guardem diferenças conceituais fundamentais. O debate é extenso e extrapola os limites do presente estudo. Mais informações podem ser encontradas em Furtado (2005), Veiga (2008), Sachs (1995, 2015b) e Amaral, Serra e Estevão (2017)

<sup>11</sup> Acerca do debate sobre a redução das emissões, Fearnside (1995) alerta sobre problemas e distorções na contabilidade da emissão a partir de hidrelétricas em regiões tropicais. Barros *et al.* (2011), sobre a emissão de carbono a partir de reservatórios com fins de geração hidroelétrica, analisaram 85 casos globalmente distribuídos, e afirmam que as taxas de emissão são correlacionadas à idade e à latitude geográfica dos reservatórios, e que a região amazônica se destaca com as maiores taxas de emissão.

historicamente identificada como uma fonte de suporte ao crescimento da capacidade de hidroeletricidade. Ou seja, há uma interrelação complexa ainda pouco compreendida a respeito da interação entre estes elementos.

Neste contexto, o debate em torno da construção de barragens para a geração de energia elétrica revela, em última instância, as enormes dificuldades de articulação entre escalas envolvidas no processo de planejamento e construção deste tipo de empreendimento. Enquanto as discussões sobre demanda energética e desenvolvimento ocorrem centradas nas escalas nacional e regional, as discussões acerca dos impactos sociais e ambientais, cujos benefícios e prejuízos são distribuídos irregularmente entre os atores envolvidos, concentram-se na escala local (VAINER; ARAÚJO, 1992; BORTOLETO, 2001; ROQUETTI, 2013; GOMES, 2014).

Entretanto, vem ganhando cada vez mais destaque argumentos que tentam justificar também a construção de hidrelétricas por um suposto potencial de desencadear ou induzir o desenvolvimento local nos territórios afetados pelos empreendimentos (WCD, 2000; ASSUNÇÃO; SZERMAN; COSTA, 2017), replicados em documentos oficiais como BNDES (2015), apoiado em questões como a dinamização econômica, atração de pessoas – trabalhadores durante a instalação e turistas ou usuários de outros fins do reservatório durante a operação - ampliando a diversificação das atividades econômicas locais, bem como o próprio incremento da capacidade de investimento dos municípios atingidos, via aporte de recursos financeiros oriundos da operação, como o ICMS sobre a energia gerada e a Compensação Financeira pelo Uso de Recursos Hídricos para Fins de Geração de Energia Elétrica – a CFURH (GOMES, 2014; PULICE, 2016; PULICE et al., 2019).

Tais alterações introduzidas nas regiões, contudo, ocorrem com intensidades e localizações diferentes durante as diversas etapas do empreendimento, com possibilidades de interações e retroalimentações, cujos efeitos não podem ser completamente previstos a priori, ainda mais considerando que a implantação de empreendimentos desta tipologia, via de regra, e em especial no contexto amazônico, ocorre em regiões distantes dos grandes centros econômicos e demográficos, em geral dotadas de baixa capacidade institucional e de mercados pouco estruturados para lidar com os choques decorrentes do evento.

Neste sentido, Vainer e Araújo (1992) afirmam que a implantação de usinas hidrelétricas movimenta, de maneira intensa, recursos financeiros, recursos naturais,

força de trabalho dos territórios afetados e, desta forma, podem ser compreendidos como mecanismos “geradores de novas regiões”, pois estabelecem fatores locais atrativos e repulsivos que reconfiguram as relações territoriais previamente existentes.

Usinas hidrelétricas, desta forma, teriam o potencial de alterar as dinâmicas espaciais em regiões sob sua influência, com a amplificação de processos existentes, desestruturação de outros e criação de novos arranjos que alterem as trajetórias e embasem outros padrões de uso e cobertura da terra. Neste sentido, Rufin *et al.* (2019) afirmam que efeitos colaterais<sup>12</sup> nas dimensões social e ambiental, que emergem do processo de instalação de hidrelétricas, podem alterar padrões espaciais ou a intensidade de usos da terra.

Embora autores como Ty, Sunada e Ichikawa (2011), Hecht e Lacombe (2014) e Rufin *et al.* (2019) alertem para a precariedade dos conhecimentos que relacionem padrões e trajetórias de uso e ocupação da terra engendradas por empreendimentos hidrelétricos, estudos como os de Barretos *et al* (2011), Alencar *et al* (2014) e Chen *et al* (2015), Cochrane *et al.* (2017) e Silva Júnior; Dos Santos; Dos Santos (2018) destacam-se pelo uso da análise espacial, análise de risco e uso de modelos para compreender relações entre o desmatamento e a presença de projetos hidrelétricos, a partir de casos específicos.

Ainda, o próprio Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), em sua quarta fase (MMA, 2016a), analisou as relações entre desmatamento, rodovias federais e usinas hidrelétricas, em um *buffer* de 50km a partir dos empreendimentos, com resultados bastante heterogêneos. A Figura 3 apresenta um recorte deste estudo, focando nos principais elementos de infraestrutura para as regiões próximas de Belo Monte, Jirau e Santo Antônio.

---

<sup>12</sup> *Side-effects.*

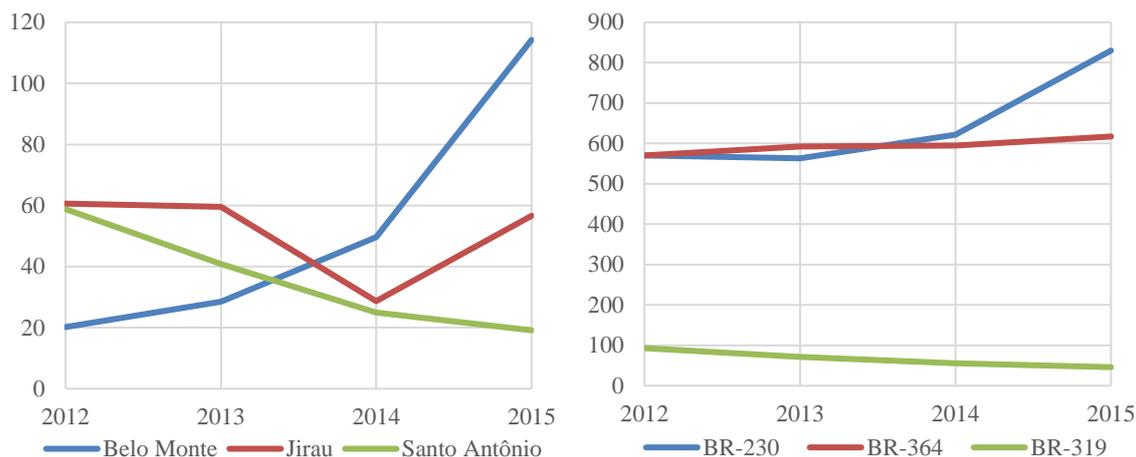


Figura 3 - Tendência do desmatamento ao redor de hidrelétricas e rodovias federais. Fonte: Adaptado de MMA (2016a). Eixo vertical representa o valor da área desmatada, em km<sup>2</sup>. Eixo horizontal a série temporal adotada. Elaboração do autor.

Rufin *et al.* (2019), em um esforço de sistematização, após avaliar 54 estudos de caso<sup>13</sup>, definiram que os efeitos<sup>14</sup> de barragens no sistema terrestre<sup>15</sup> podem ser divididos em diretos e indiretos.

Os primeiros são aqueles diretamente relacionados às intervenções, como as perdas imediatas de áreas de várzeas, bancos de areia, campos e florestas nativas pelas construções da barragem, edificações de suporte e estruturas de reassentamento, bem como à própria reservação de água (BAUNI *et al.*, 2015; ZHANG; XU; LI, 2015; RUFIN *et al.*, 2019). Esta classe de efeitos é usualmente considerada nos instrumentos de avaliação de impacto deste tipo de empreendimento.

Os indiretos são muito mais complexos e, em razão de sua diversidade, podem ocorrer em regiões próximas ou distantes e são frequentemente imprevisíveis. Por sua natureza, são de difícil compreensão, muito relacionados com a dificuldade em isolar seus efeitos de outras forças<sup>16</sup> e dinâmicas presente nas regiões (RUFIN *et al.*, 2019). Ainda, os autores afirmam que tais efeitos têm um papel significativo no contexto das mudanças

<sup>13</sup> Destes, 22 relativos a barragens voltadas à geração de energia, 10 a barragens para irrigação, 1 barragem para abastecimento de água e 21 a barragens multiuso. Dos 22 relacionados à hidrelétricas, 5 são localizados no Brasil (3 estudos a partir da hidrelétrica de Balbina, 1 a partir de Tucuruí, todas no estado do Pará, e 1 a partir das hidrelétricas de Itutinga e Camargos, em Minas Gerais).

<sup>14</sup> Os autores utilizam o termo efeito como uma *proxy* de impacto, embora haja interpretações que consideram que os termos podem ter propriedades específicas. Adota-se, neste trabalho, o conceito de European Commission (2001) que tratam efeitos e impactos como sinônimos.

<sup>15</sup> *Land systems*.

<sup>16</sup> A discussão sobre forças nos processos de mudança do uso e cobertura da terra será retomada no tópico 2.1.2 desta tese.

induzidas por hidrelétricas, entretanto, ainda existem limitações metodológicas para enfrentar este tipo de avaliação.

Athayde *et al.* (2019b), a partir de uma sistematização da literatura mais recente<sup>17</sup> acerca de pesquisas as quais envolvem hidrelétricas na Amazônia brasileira, identificaram avanços e lacunas significativas. Para os temas “*Biophysical and social-ecological processes*” e “*terrestrial ecosystem feedback*”, a análise definiu como lacunas, entre outras questões, a compreensão a respeito dos mecanismos pelos quais barragens impactam indiretamente o uso e a cobertura da terra.

Quatro questões surgem diretamente da reflexão a partir deste tipo de relação, e estão na origem da concepção da presente pesquisa.

A primeira é que as dinâmicas associadas ao desmatamento, cuja análise vem sendo realizada a partir de alguns estudos recentes (BARRETO *et al.*, 2011; ALENCAR *et al.*, 2014; CHEN *et al.*, 2015), representam um caso específico de alteração do uso e cobertura da terra e que, neste sentido, identificam apenas uma parte do fenômeno. Ou seja, parte-se da premissa que é importante complementar tais avaliações, incorporando à dinâmica espacial outras classes de uso que concorrem pelo recurso territorial. Outros tópicos decorrem diretamente desta primeira análise, tais como: a supressão de áreas florestadas dá lugar a quais outros tipos de uso? Tal questão é importante para compreender como este tipo de empreendimento influencia a dinâmica em suas áreas de influência.

A segunda questão, que decorre da primeira, diz respeito à extensão dos impactos no uso e cobertura da terra – em especial dos indiretos - ou a área sob influência do empreendimento, do ponto de vista da dinâmica espacial. Como estabelecer os limites de tal região? Tais extensões guardam relação com a delimitação das áreas de influência direta e indireta nos estudos de impacto ambiental dos empreendimentos?

A terceira questão está relacionada ao próprio ciclo de vida do empreendimento, ou seja, como tais impactos se dão durante as etapas de planejamento (ou pré-instalação), instalação e início de operação, considerando as especificidades de cada fase e nos processos por ela disparados e suportados. A pergunta que deriva é: há alguma etapa no

---

<sup>17</sup> O estudo revisou 339 artigos publicados entre 2014 e 2019 (ATHAYDE *et al.*, 2019b).

ciclo de vida de uma usina hidrelétrica mais importante do ponto de vista das mudanças na dinâmica espacial?

Por fim, a quarta questão está associada ao enquadramento do empreendimento como *driver* direto ou indireto, ou seja, para além das alterações diretas decorrentes do próprio empreendimento, sua presença pode alterar os fatores que determinam os padrões de uso e cobertura da terra nas regiões sob sua influência? Qual a medida dessa influência?

Desta forma, a presente pesquisa assume o desafio de enfrentar tais questões, originais e importantes como complemento à avaliação de impactos de hidrelétricas no contexto amazônico, a partir da proposição de um modelo analítico para a avaliação multiescalar de impactos territoriais *ex post*, baseado em análise espacial, bem como na construção de cenários retrospectivos<sup>18</sup>, como detalhado no capítulo 5 desta tese.

### 1.1. Problema de pesquisa

A presente pesquisa é orientada pela seguinte pergunta de pesquisa: como grandes empreendimentos hidrelétricos se relacionam com as dinâmicas de uso e cobertura da terra no contexto amazônico?

### 1.2. Hipóteses de pesquisa

A pesquisa busca verificar a hipótese de que usinas hidrelétricas alteram as dinâmicas de uso e cobertura da terra - local e regionalmente - criando novos padrões e reorientando suas trajetórias.

### 1.3. Objetivos da pesquisa

O objetivo principal do presente estudo é analisar as relações entre usinas hidrelétricas e dinâmicas de uso e cobertura da terra, no contexto amazônico, em uma abordagem multiescalar e multitemporal.

Os objetivos específicos são:

- Compreender as relações entre as etapas do ciclo de vida dos empreendimentos hidrelétrico e as trajetórias de classes de uso e cobertura da terra;

---

<sup>18</sup> Cenários do tipo *retrospective policy evaluation* ou *ex-post evaluation* (IPBES, 2016).

- Compreender a extensão espacial dos impactos associados à ocorrência de usinas hidrelétricas de grande porte, no contexto amazônico;
- Discutir aspectos da medida da influência das hidrelétricas sobre a dinâmica de uso e cobertura da terra dentro da ótica da cumulatividade dos impactos.

#### 1.4. Estratégia de pesquisa e organização da tese

A presente tese está dividida em seis partes, que consideram já esta introdução, identificada como a primeira parte. A Parte 2, desta forma, é inteiramente dedicada à apresentação do referencial teórico adotado pela pesquisa. A Parte 3 está centrada na apresentação do contexto histórico do tema da hidroeletricidade no âmbito da Amazônia, bem como na ampliação do olhar sobre os sítios e os empreendimentos objeto de análise.

As Partes 4 e 5 referem-se aos passos metodológicos da análise das dinâmicas de uso e cobertura da terra a partir de grandes hidrelétricas na Amazônia. Estas duas partes possuem, cada uma delas, uma estrutura própria, com a apresentação dos materiais e métodos, os resultados e as discussões de forma individualizada. Ainda, as partes possuem um encadeamento lógico, ou seja, a etapa de cenários (Parte 5) toma como premissas os resultados das análises espaciais realizadas previamente (Parte 4), e seus resultados estão vinculados às opções indicadas pela primeira etapa analítica. A Figura 4 traz a relação entre as Partes 4 e 5.

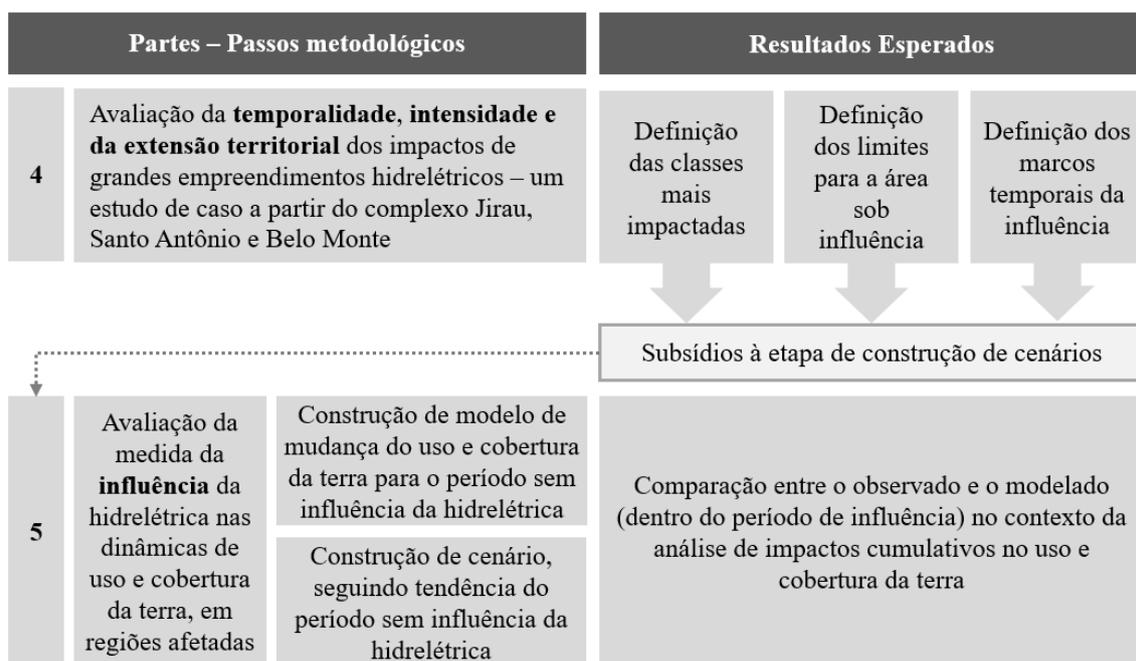


Figura 4 - Integração entre os tópicos metodológicos. Elaboração do autor.

Por fim, a Parte 6 apresenta as considerações finais, sintetizando os principais achados da pesquisa, à luz de uma avaliação crítica acerca das opções metodológicas adotadas, além de abordar recomendações para políticas públicas e pesquisas futuras decorrentes das análises realizadas e seus resultados.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Sistema terrestre (*land system*) como plataforma de integração das relações ambiente-sociedade

Desde o momento inicial da construção da presente tese, foi realizada uma discussão teórica sobre compreensão da relação entre sistema terrestre e as relações ambiente-sociedade. Como resultado deste processo, em 2017, foi desenvolvido um artigo, sob a liderança do autor desta tese, que trata desta reflexão teórica (BRANCO; ROQUETTI; MORETTO, 2017)<sup>19</sup>. A partir de suas ideias centrais, seguidas por avanços e complementações decorrentes do natural processo de maturação e aprofundamento do doutorado, desenvolveu-se os argumentos que ora são apresentados aqui e nos dois subtópicos que seguem (2.1.1 e 2.1.2).

Isto posto, e dando início ao conteúdo, é possível afirmar que o chamado sistema terrestre – ou *Land System* – que representa a componente terrestre do Sistema Terra – ou *Earth System* (VERBURG et al., 2013a), constitui um sistema eminentemente acoplado entre ambientes e sociedades. O sistema terrestre, desta forma, abarca todos os processos e atividades relacionados aos usos humanos da terra, o que inclui os arranjos e dinâmicas socioeconômicas, tecnológicas e organizacionais (OJIMA; GALVIN; TURNER, 1994; ZHAO; LIU; DONG, 2010; BAUNI et al., 2015; VERBURG et al., 2015).

Mudanças nos sistemas terrestres possuem consequências transescalares, com impactos sobre os ecossistemas, a biodiversidade, os ciclos biogeoquímicos, o sistema climático, conseqüentemente implicam na alteração da provisão de serviços ecossistêmicos que, em última análise, tem consequências no bem-estar e na viabilidade das próprias atividades humanas (TURNER; LAMBIN; REENBERG, 2007; FOLEY et al., 2011; BIELING; PLIENINGER; SCHAICH, 2013).

Neste sentido, a transição para um sistema terrestre que concilie o atendimento às crescentes demandas humanas, evitando o comprometimento dos sistemas naturais e sociais, pode ser considerado um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade nas

---

<sup>19</sup> BRANCO, E. A.; ROQUETTI, D. R.; MORETTO, E. M. O sistema terrestre (*land system*) como plataforma de integração e interpretação das complexas relações ambiente-sociedade. *Sustentabilidade em Debate*, v. 8, n. n. 3.

últimas décadas (RINDFUSS et al., 2004; ROUNSEVELL et al., 2012; VERBURG et al., 2013a).

Há uma estreita relação entre os conceitos de sistema terrestre e de sistema socioecológico – SSE (ou sistemas acoplados humanos-ambiente<sup>20</sup>), sendo o primeiro considerado como a resultante material dos processos interativos e complexos dos últimos<sup>21</sup> (RINDFUSS et al., 2004; ROUNSEVELL et al., 2012; VERBURG et al., 2013a).

Folke *et al.* (2010) conceitua sistemas socioecológicos como sistemas integrados por ecossistemas e sociedades humanas em recíproca realimentação e interdependência. Em última análise, um determinado sistema socioecológico seria a concepção mais completa do arranjo estrutural e funcional entre os elementos artificialmente classificados como sociedade e natureza, presentes em uma determinada escala de análise adotada.

Esta relação entre os sistemas socioecológicos e os sistemas terrestres é compreensível, uma vez que os processos relacionados às dinâmicas de sistemas terrestres são determinados pelos resultados das complexas relações entre os diversos subsistemas que os compõe, seja do ponto de vista de suas dimensões naturais como das humanas, já que o uso humano da terra depende de suas condições biofísicas, e que tais condições são constantemente moldadas ou mesmo controladas em alguma medida pelas atividades humanas (TURNER II; LAMBIN; REENBERG, 2007). Boillat *et al.* (2017) avançam até a proposição de um “sistema terrestre socioecológico”<sup>22</sup> como um conceito unificador. O Quadro 1 apresenta uma breve sistematização das principais definições aplicadas a sistemas terrestres.

---

<sup>20</sup> *Coupled human-natural systems.*

<sup>21</sup> Tal enquadramento – do sistema terrestre como a resultante material – traz elementos para a discussão sobre efeitos cumulativos, apresentados no tópico 2.3.

<sup>22</sup> *Social-ecological land systems (SELS).*

Quadro 1 - Principais definições e referências para "Land System". Elaboração do autor.

Definições	Fonte
<i>“Land system science axiomatically addresses <b>social– environmental systems</b> by integrating the dynamics of land uses (social) and land covers (environment), invariably including the use of remote sensing data and often, spatially explicit models of land change.”</i>	(TURNER et al., 2016, p. 18)
<i>“Land systems are the terrestrial component of earth systems and encapsulate the activities and processes related to human use of land as well as the <b>socioecological</b> outcomes of land use.”</i>	(MÜLLER et al., 2014, p. 75)
<i>“Land system change, that is, the spatial and temporal changes in the interplay of <b>social and ecological systems</b> in shaping land use and land cover.”</i>	(VERBURG et al., 2013b, p. 494)
<i>“...land systems are acknowledged as resulting from the dynamic interactions within the <b>socio-ecological system</b>.”</i>	(VERBURG et al., 2013a, p. 434)
<i>“... interdisciplinary field [that] seeks to understand the dynamics of land cover and land use as a <b>coupled human-environment system</b> to address theory, concepts, models, and applications relevant to environmental and societal problems, including the intersection of the two.”</i>	(TURNER II; LAMBIN; REENBERG, 2007, p. 20666)

O estudo das transformações dessa interface é comumente subdividido entre dois componentes inter-relacionados: o uso e a cobertura da terra (FOLEY et al., 2005; TURNER; ROBBINS, 2008; ZHAO; LIU; DONG, 2010). Processos relacionados tanto ao uso quanto à cobertura da terra estão na interface entre as complexas e intrincadas dinâmicas ambiente-sociedade (BRIASSOULIS, 2000; ESCADA, 2003; GUTMAN et al., 2004).

O uso da terra, termo que se origina nas ciências sociais, se refere à forma como a sociedade utiliza a terra e seus recursos na forma de cultivos agrícolas, pastagem, recreação etc. (TURNER et al., 1995; BRIASSOULIS, 2000; ESCADA, 2003; AGUIAR, 2006). Já a cobertura da terra, terminologia que deriva das ciências naturais, descreve os estados biofísicos da superfície da terra e sua sub-superfície imediata, de forma agregada, definida em termos de áreas florestadas, água, gelo, rochas, solo exposto, área construída etc. (TURNER II; LAMBIN; REENBERG, 2007). A Figura 5, adaptada de Turner *et al.* (2007), reforça esta relação entre as dimensões humana e biofísica, que está na base da ciência do sistema terrestre.



Figura 5 - Esquema conceitual e processos de suporte para o Sistema terrestre.  
 Fonte: adaptado de Turner *et al.* (2007). Elaboração do autor.

As mudanças na cobertura da terra são materializadas sob as formas de conversão e/ou modificação, sendo a primeira a substituição de uma classe para outra, enquanto a segunda se refere à mudança na condição de uma categoria de cobertura, como a degradação de uma floresta e a alteração em sua composição florística. Já as alterações de usos da terra estão associadas à troca do tipo de uso ou a intensificação ou atenuação do uso corrente (ESCADA, 2003). Houghton (1994), complementarmente, afirma que mudanças no uso da terra são, cumulativamente, agentes de transformação acelerada na cobertura da terra. Uma classe de cobertura, neste sentido, pode abrigar múltiplos usos e, da mesma forma, um único sistema de uso pode incluir e combinar mais de uma classe de cobertura (TURNER II; MEYER, 1994).

O termo “trajetória”, neste contexto, refere-se às contínuas e sucessivas transições de padrões de uso e cobertura da terra, verificadas ao longo de um intervalo de tempo (MERTENS; LAMBIN, 2000). Azeredo *et al.* (2016) e Pinheiro (2015) afirmam que as trajetórias devem ser consideradas a partir de suas dimensões temporal e descritiva, sendo esta última relacionada à sequência de estados (ou padrões de uso e cobertura) admitidos.

Dentre as principais iniciativas de organização da comunidade científica dedicada a estudos nas fronteiras dos sistemas social, físico e ecológico, destaca-se o *Global Land Programme* – GLP criado em 2006 a partir do *International Geosphere Biosphere Programme* - IGBP e do *Internacional Human Dimensions Programme on Global Environmental Changes* - IHDP e certificado pelo *International Council for Science* (ICSU) e pelo *Internacional Social Science Council* (VERBURG *et al.*, 2015). O GLP, neste sentido, reflete o resultado de construções, debates, embates, disputas e tensões que emergem neste campo em construção.

Assim, por operar exatamente na complexa interface entre os campos sociais e naturais, a ciência do sistema terrestre emerge como uma plataforma de integração das diferentes dimensões relacionadas às mudanças ambientais e demandam um alto nível de colaboração interdisciplinar (VERBURG et al., 2013a). Neste sentido, o termo “plataforma” assume o sentido de palavra-chave representativa de uma estrutura de integração, como se pretende demonstrar a partir das ideias de Latour (1994).

O estudo do sistema terrestre, eminentemente integrativo, está intrinsecamente sujeito aos desafios da superação da abordagem disciplinar no trato de questões complexas. Para tanto, a compreensão do viés e da conformação interdisciplinar do campo científico constituído pela ciência do sistema terrestre pode oferecer elementos importantes ao seu desenvolvimento teórico e metodológico.

As condições sobre as quais estão dadas as bases da ciência do sistema terrestre remetem e situam o seu objeto de estudo à categoria dos “*quase-objetos*”, ou híbridos, definidos por Latour (1994), uma vez que as mudanças nos sistemas terrestres são, ao mesmo tempo, causa e consequência dos processos socioecológicos (VERBURG et al., 2015), ou seja, não ocupam estaticamente nem apenas a posição de meros objetos, nem apenas a de sujeitos. Estão em ambas as posições, dinamicamente. Entretanto, também não podem ser entendidos como uma simples mistura de coisa natural e símbolo social e, desta forma, não são também uma construção intermediária (LATOUR, 1994).

Latour parte da sua crítica à ilusão moderna de que seria possível isolar o domínio da natureza (das coisas inatas), do domínio da política (da ação humana). Para o autor, “*na perspectiva moderna, a natureza e a sociedade permitem a explicação porque elas, em si, não precisam ser explicadas*” (LATOUR, 1994, p. 79), ou seja, elas são os pontos de apoio da realidade. Ainda, de acordo com o autor (ibid., p. 46):

O dualismo natureza/sociedade é indispensável aos modernos para que possam, justamente, aumentar a escala dos mistos entre objetos e sujeitos. Os pré-modernos, por no fundo serem todos monistas na constituição de suas naturezas-culturas [...] se proibem, pelo contrário, de praticar aquilo que suas representações aparentemente permitiriam. [...] Ao saturar com conceitos os mistos de divino, humano e natural, limitam a expansão prática destes mistos. É a impossibilidade de mudar a ordem social sem modificar a ordem natural – e inversamente – que obriga os pré-modernos, desde sempre, a ter uma grande prudência. Todo monstro torna-se visível e pensável e expõe explicitamente graves problemas para a ordem social, o cosmos ou as leis divinas.

A produção desse dualismo entre natureza e cultura é o que Latour (1994) denominou “*purificação*”. Pela purificação, prática moderna de compreender a dinâmica das sociedades humanas como distinta da dinâmica do mundo não-humano, a partir de duas culturas epistemológicas distintas (ALVES, 2012), o pensamento moderno deixou de pensar questões mistas. Ainda conforme Latour (ibid., p.76):

As explicações modernas consistiam, portanto, em clivar os mistos para deles extrair o que era proveniente do sujeito (ou do social) e o que era proveniente do objeto. Em seguida, os intermediários eram multiplicados para que sua unidade fosse recomposta através da mistura das formas puras. Estes processos de análise e de síntese, portanto, tinham sempre três aspectos: uma purificação prévia, uma separação fracionada e uma nova mistura progressiva [...]. Dessa forma, o meio era mantido e abolido ao mesmo tempo.

Esse “*meio*” a que se refere o excerto acima são os mistos entre sujeito e objeto, entre natureza e cultura, aos quais Latour (ibid.) denomina “*híbridos*”: objetos que guardam características tanto humanas como não-humanas, os quais não são alvo das ciências modernas. Para Latour (ibid.), o grande paradoxo da construção de conhecimento na modernidade é o fato da purificação moderna permitir que os híbridos se proliferem, mas que não encontrem suporte para que sejam pensados pela ciência.

Esta crescente separação - que para Latour é a base de uma “*constituição moderna*” - embora permitisse a disseminação de mistos, não oferecia suporte para sua compreensão, uma vez que esse “*terceiro estado*” se tornara “*numeroso demais para se sentir fielmente representado pela ordem dos objetos ou pela dos sujeitos*” (Latour, 1994, p.53).

Considerando a constatação de que a realidade é fundamentalmente híbrida sempre que o humano esteja presente e haja alguma forma de interação com a materialidade (RAYNAUT, 2011), condição praticamente universal em um mundo cada vez mais antropizado e conectado<sup>23</sup>, Latour estabelece o ponto central de seu argumento: a impossibilidade de compreensão destes “*quase-objetos / quase-sujeitos*” – categoria entendida como ausente de identidade/dignidade ontológica – tomando por base

---

<sup>23</sup> Ellis *et al.* (2010), neste sentido, propõe o conceito de antromas, ou biomas antropogênicos, a partir da verificação das intrincadas relações entre a evolução dos biomas e as atividades humanas.

exclusivamente os pontos de apoio dispostos pela dualidade natureza – sociedade/sujeito.

Ao contrário, Latour propõe o exame tendo por ponto de partida justamente essa realidade essencialmente híbrida, para então partir em direção aos extremos, os polos dicotômicos natureza-sociedade, estes entendidos como meros resultados parciais e purificados do fenômeno, ou seja, como apenas possibilidades de interpretação. Tal inversão situa a natureza e a sociedade (e, obviamente, suas derivações e gradações disciplinares) como satélites e não como matéria-prima das explicações dos fenômenos ou, conforme o autor, “*não são mais termos explicativos, mas aquilo que requer uma explicação conjunta*” (LATOURE, 1994, p. 80). Natureza é o resultado, e não a causa, da resolução de controvérsias científicas (FLEURY; ALMEIDA; PREMEBIDA, 2014), assim como a sociedade também o é.

Um desdobramento deste postulado, importante para a compreensão epistemológica deste “*império do centro*”, é a classificação dos híbridos como mediadores, ou agentes dotados da capacidade de traduzir aquilo que eles transportam, conforme segue:

Metodologicamente, trata-se de seguir as coisas através das redes em que elas se transportam, descrevê-las em seus enredos — é preciso estudá-las não a partir dos polos da natureza ou da sociedade, com suas respectivas visadas críticas sobre o polo oposto, e sim simetricamente, entre um e outro (LATOURE, 1994, p. 01).

Latour (2006), neste sentido, orienta que o foco seja dado na descrição dos fenômenos, a partir do “estado dos fatos que estão à mão” (ibid, p. 341), ou seja “estar atento aos estados concretos das coisas, encontrar a narrativa adequada e única para uma situação dada” (Ibid. p. 341). O enquadramento teórico purificado, neste contexto, é um elemento secundário e compreendido até como dispensável, visto que não pode alterar os fatos, apenas oferecer parâmetros para sua discussão. Segundo o autor, se a “descrição precisa de uma explicação, ela não é uma boa descrição” (ibid., p. 344).

Assim, o autor desenvolve o que ele chama de ontologia de geometria variável dos híbridos, lançando mão do desdobramento do eixo referido por ele como dimensão moderna (que tende a dissociar as representações entre os mundos natural e social/cultural) em uma segunda dimensão – “*não-moderna*” – onde seria possível representar o grau de estabilização, ou seja, os diversos estágios de compreensão do fenômeno, em um gradiente cuja variação “*oscila continuamente do acontecimento até*

a *essência*” (LATOURE, 1994, p. 85), passando por diferentes formas de concepção/interpretação no tempo. Citando expressamente o autor, “o grau de estabilização – a latitude – é tão importante quanto a posição sobre a linha que vai do natural ao social – a longitude”.

A essência de um híbrido, desta forma, estaria ligada à trajetória que liga todos os diferentes pontos de seu desenvolvimento em sua história, e assim, cada actante – termo que extrapola o conceito de ator, englobando, além dos humanos, os “*não-humanos*” dotado de agência, isto é, que produzem efeitos no mundo e sobre ele (MORAES, sd; CAMILLIS; BUSSULAR; ANTONELLO, 2016) - possuiria uma assinatura única no espaço<sup>24</sup> desdobrado por esta trajetória (Figura 6). Entender plenamente o híbrido, neste sentido, significa entender seu processo de construção enquanto representação, perpassando pela diversidade de olhares, experimentações, análises e teorizações.

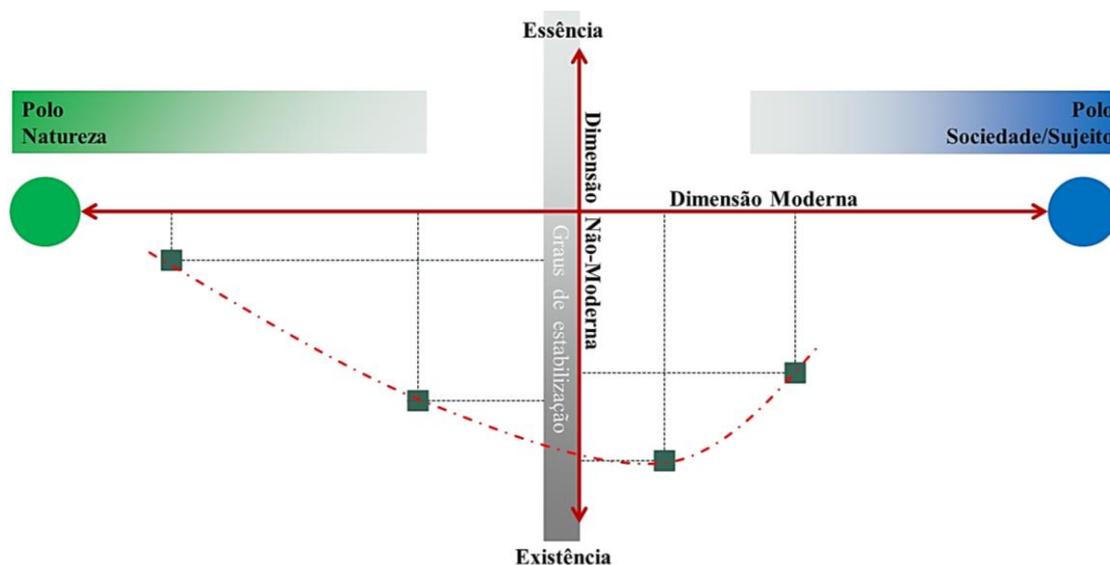


Figura 6 - Esquema de representação do definido por Latour como "Ontologias de geometria variável". Fonte: Adaptado de Latour (1994). Elaboração do autor.

Nesse contexto, o conceito de sistema retorna útil na compreensão desta realidade híbrida e multifacetada, uma vez que parte da premissa de que o comportamento de um sistema como um todo não pode ser explicado unicamente pela soma dos comportamentos de partes ou elementos individuais (KAY, 2008; BRANCO, 2014). Neste mesmo sentido, partes postas em conjunto não necessariamente compõem um sistema, mas sim a combinação destas partes que interagem e produzem alguma nova qualidade por meio dessas interações (VOINOV, 2008). Tal definição pode ser

<sup>24</sup> E também no tempo, uma vez que os diversos campos de compreensão do fenômeno híbrido também mudam e evoluem no tempo.

estendida aos híbridos, cuja compreensão de sua essência estaria exatamente na compreensão do conjunto e superposição das assinaturas, implicando conhecer e reconhecer seu sistema de interpretações e representações, que oscilam, evoluem e coevoluem dinamicamente.

Tais reflexões induzidas por Latour endereçam caminhos alternativos para a compreensão do aspecto interdisciplinar inerente à ciência do sistema terrestre. Um primeiro ponto que pode ser considerado é o posicionamento dos “*quase-objetos / quase-sujeitos*” como centro da análise, rompendo com o domínio de um ou outro polo. Neste contexto, Rindfuss *et al.* (2004) afirmam que as pesquisas sobre sistemas terrestres demandam equipes multidisciplinares que envolvem disciplinas das ciências naturais, sociais e espaciais. Turner, Lambin e Reenberg (2007) descem em detalhamento e elencam disciplinas híbridas como sensoriamento remoto, ecologia política, economia ecológica, governança institucional, ecologia da paisagem, biogeografia, entre outras, como fundamentais no desenvolvimento de pesquisas em sistema terrestre.

Ainda, as redes traçadas pelas trajetórias representadas pela junção das coordenadas (resultados do cruzamento entre a dimensão moderna e não-moderna de Latour), possibilitam uma interpretação multidimensional e temporal dos fenômenos socioecológicos e seus resultados espaciais, alinhada com o desafio fundamental da interdisciplinaridade que, de acordo com Raynault (2011, p. 84), “*consiste em tentar restituir, ainda que de maneira parcial, o caráter de totalidade, de complexidade e de hibridização do mundo real.*”

Cada uma das possíveis e necessárias frentes de análise situa-se em um ponto do eixo moderno de Latour (longitude), enfrentando o fenômeno em um grau de estabilidade próprio, específico (latitude). O ponto de aglutinação, neste caso, é o espaço, que suporta, materializa e sobrepõe todas estas possibilidades de representação. Neste sentido, o olhar baseado na ontologia de geometria variável de Latour ratifica a concepção interdisciplinar da ciência do sistema terrestre, retornando e contextualizando o sentido de plataforma integrativa definida por Verburg *et al.* (2013a). Tal reflexão, complementarmente, oferece elementos para uma reinterpretação de conceitos e definições importantes no contexto do sistema terrestre.

Neste sentido, compreender as dinâmicas de uso e cobertura da terra, que operam na interface ambiente-sociedade, implica também reconhecer as bases epistemológicas que

suportam suas práticas, bem como refletir sobre os aspectos relacionados à sua complexidade inerente que, embora reconhecida, ainda esbarra em dificuldades metodológicas significativas (ALVES, 2012; FEIL; SCHREIBER; TUNDISI, 2015).

É possível, desta forma, identificar três características importantes que conferem e ratificam o status de plataforma de integração estratégica na relação ambiente-sociedade ao sistema terrestre:

- a) o potencial para representação da pluralidade e multidimensionalidade de diversos sistemas de conhecimento, em diferentes estágios de estabilização e desenvolvimento, por meio da materialidade espacial dos padrões e processos de uso e cobertura da terra;
- b) ser dotado do papel de mediador de processos socioecológicos, atuando simultaneamente como sua causa e consequência; e
- c) em decorrência dos itens anteriores, ser enquadrado um sistema eminentemente complexo e, desta forma, estar sujeito a seu conjunto de premissas, propriedades, características e comportamentos comuns.

Tais questões indicam o desenvolvimento do campo em contínua direção às fronteiras do conhecimento. Abordagens integradoras, como a sistêmica, que estão na base da ciência do sistema terrestre, diferenciam-se de abordagens reducionistas não por serem melhores ou mais completas - dado que também possuem limites - mas por permitirem análises sobre problemas que se situam entre as disciplinas tradicionalmente dissociadas na purificação moderna, especialmente quando incorporam compromisso com a complexidade empírica e com as diversas teorias de diferentes campos.

### **2.1.1. Complexidade e desdobramentos metodológicos**

As reflexões de natureza epistemológica traçadas no tópico 2.1, bem como todas as intrincadas relações entre empreendimentos hidrelétricos e dinâmicas do uso e cobertura objeto da presente pesquisa necessitam descer à prática da investigação e, desta forma, encarar os desafios metodológicos impostos por um objeto complexo e dependente de um olhar interdisciplinar (RAYNAUT, 2011).

Neste sentido, Rounsevell *et al.* (2012) alertam que, embora estas relações entre os sistemas humanos e ambientais sejam, em princípio, cada vez mais reconhecidas, as

interdependências específicas materializadas no espaço e no tempo entre processos decisórios em diferentes escalas, estruturas institucionais, contextos socioeconômicos e padrões de uso e cobertura da terra ainda são mal compreendidos. O reconhecimento de limitações e lacunas de compreensão é comumente associado à complexidade inerente a este tipo de análise. Complementarmente, Raynault (2011) lembra que totalidade e complexidade são palavras que são frequentemente evocadas quando se fala de interdisciplinaridade, reforçando a associação.

Assumir que o objeto – ou quase-objeto – de investigação está inserido dentro de uma lógica essencialmente complexa, significa reenquadrá-lo, não só do ponto de vista das dificuldades e limitações inerentes ao processo, mas também em relação às alternativas metodológicas adequadas e disponíveis à sua análise. Neste contexto, o campo de estudo de sistemas complexos, embora relativamente novo, emerge com conceitos e ferramentas que podem auxiliar no enfrentamento de tais desafios.

Mas o que define a natureza complexa destes sistemas? Quais as suas características e propriedades? Uma síntese das principais obras sobre o tema evidencia que definir sistemas complexos não parece ser uma tarefa trivial. Muitos autores preferem iniciar suas considerações sobre o termo a partir exatamente de propriedades comuns. Mitchell (2009) delimita três principais características comuns a sistemas complexos: a) comportamento coletivo complexo, constituído por diversos agentes, auto organizáveis; b) uso e produção de informações em relação aos ambientes internos e externos; c) adaptação, ou uma mudança de comportamento dos agentes através de aprendizagem ou processos evolucionários. Visando garantir mais precisão ao constructo, Mitchell (2009) refina o termo para sistemas complexos adaptativos, excluindo sistemas onde o fator adaptação não desempenha uma função importante, como o caso de rios turbulentos ou furacões (BRANCO, 2012).

Miller e Page (2007) e Page (2009) estabelecem quatro características fundamentais em sistemas complexos: a) a diversidade de entidades (que, neste contexto, traz o mesmo sentido de actantes de Latour (1994), uma vez que engloba humanos e não-humanos); b) a conexão entre as entidades, c) a interdependência entre as entidades ou a força entre as conexões e, d) a existência de adaptação, evolução e aprendizado. Essas características podem ocorrer em diferentes intensidades, em suas diferentes aplicações. Sistemas classificados como complexos usualmente apresentam situações intermediárias em relação a essas características, e são os mais comuns (BEINHOCKER, 2006).

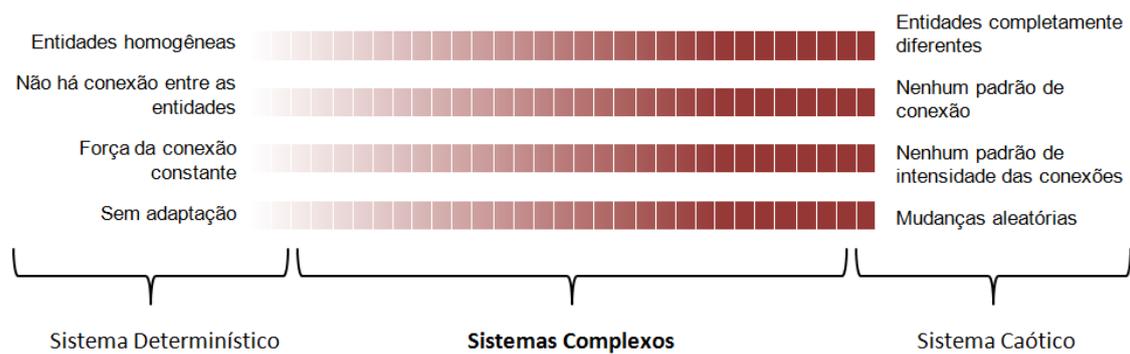


Figura 7 - Classificação de sistemas em relação aos níveis de gradação propostos por Miller e Page (2007) e Page (2009). Fonte: Branco (2012)

Do ponto de vista epistemológico, um sistema complexo pode ser descrito como um sistema cujos fenômenos não podem ser representados através de uma única teoria simplificada, pelo contrário, é composto por múltiplos princípios interagindo em diferentes escalas, o que torna impossível uma descrição universal (SCHMELTZER, 2014). Entretanto, sistemas complexos tipicamente apresentam comportamentos e fenômenos específicos, cuja compreensão extrapola o entendimento de suas partes de maneira isolada. Folke (2006) e Feil, Schreiber e Tundisi (2015), neste sentido, associam sistemas complexos com não-linearidade, dependência do caminho e múltiplos estados de equilíbrio.

Tais comportamentos encontram paralelo nos processos de mudanças nos padrões e nas trajetórias de uso e ocupação da terra (RINDFUSS et al., 2008; ROUNSEVELL et al., 2012), como a possibilidade de transições de fase (YEO; HUANG, 2013), a existência de intensos mecanismos de retroalimentação (*feedbacks*) (VERBURG, 2006; DEARING et al., 2010; CHEN et al., 2016) e dependência de trajetória (*path-dependence*) (COSTA, 2004). O'Sullivan *et al.* (2006), ainda neste mesmo sentido, trata das relações entre pessoas e ambientes, variabilidade espacial, processos em múltiplas e interconectadas escalas, e análise combinada espaço-temporal, como temas que aproximam os sistemas complexos de pesquisas relacionadas à processos espaciais.

Crawford *et al.* (2005), entretanto, refletem sobre o entendimento da tal natureza complexa destes sistemas, e nas imprecisões que podem emergir de suas possibilidades de compreensão. Para os referidos autores, a integração entre sistemas complexos e processos de transformação no uso e cobertura da terra pode ser compreendida de três prismas diferentes.

O primeiro relacionado à integração de múltiplos domínios temáticos, associando-o à interdisciplinaridade, e retomando a noção de que nenhum dos subsistemas (natural ou humano) pode ser completamente compreendido se considerados isoladamente.

A segunda parte do paradoxo da complexidade surgindo da simplicidade, ou como agregado que emerge de não-linearidades, do enorme número de interações, envolvendo a ocorrência de relações de *feedbacks* em mais de um nível dentro do sistema, estando implícitas questões como a existência de hierarquia entre as escalas, equilíbrios múltiplos e/ou pontuados, e emergência de inovações.

O terceiro aprofunda e refina o segundo com a compreensão de que existem *feedbacks* dos processos *top-down* para os processos *bottom-up*, e não só no último sentido, ou seja, também devem ser consideradas as influências e relações da macroescala e mesmo de fatores exógenos, ampliando também seu viés interdisciplinar, já que implica na necessidade de abordagens mistas e inter-relacionadas.

Nesse mesmo contexto, outro ponto importante é o reconhecimento do sistema de uso da terra como um sistema aberto (DALLA-NORA, 2014). Tal afirmação traz em seu bojo a noção de que *drivers* econômicos, políticos, institucionais e demográficos, via de regra, extrapolam o próprio recorte territorial do objeto (GEIST; LAMBIN, 2002; CHASE; PIELKE; AVISSAR, 2006; VERBURG et al., 2010; LIU et al., 2013; FRIIS et al., 2016), ou seja, a análise do fenômeno deve considerar também a relação do local com outros recortes escalares, em um processo de constantes *feedbacks*, inclusive entre escalas (CHEN et al., 2016), em linha com a terceira possibilidade de compreensão elencada por Crawford et al. (2005).

Em quaisquer das circunstâncias, a teoria de sistemas complexos indica enormes dificuldades em definir soluções determinísticas para enfrentar situações como as ora descritas (HARTMANN, 1996; MILLER; PAGE, 2007; PAGE, 2009). A modelagem, neste sentido, apresenta-se como um instrumento com potencial para a realização de análises e reflexões sobre as principais características mencionadas. Neste sentido, Trivelato (2003, p. 6) tece algumas considerações importantes, conforme segue:

Um modelo é a representação do conhecimento e a principal ferramenta para o estudo do comportamento de sistemas complexos. Modelar é o primeiro passo para a análise de um sistema de qualquer natureza e sob qualquer aspecto. Quando o modelo é uma representação válida de um sistema, informações

significativas podem ser retiradas sobre sua dinâmica ou seu desempenho.

Ainda, Mitchell (2009) afirma que, no contexto da investigação de sistemas complexos, a exploração de modelos relativamente simples possibilita obter *insights* em relação a um problema específico, sem a necessidade de previsões detalhadas sobre um determinado sistema. Modelos são desenvolvidos e utilizados para resolver problemas, responder questões sobre um sistema ou uma classe de sistemas, para entender como coisas funcionam, explicar padrões que podem ser observados, e prever um comportamento em resposta a alguma mudança (HARTMANN, 1996; RAILSBACK; GRIMM, 2010).

Freitas Filho (2008) afirma que a simulação por meio de modelos dinâmicos permite compreender melhor quais as variáveis são as mais importantes em relação à performance e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema. Crawford *et al.* (2005), seguindo esta linha, tratam os modelos de simulação como a metodologia de fato da pesquisa em complexidade.

Há uma enorme variedade de modelos para sistemas terrestres descritos na literatura (BRIASSOULIS, 2000), variando em escalas, vieses de análise e objetivos. Modelos são parte do portfólio de técnicas e abordagens relacionadas à ciência do sistema terrestre e são considerados úteis uma vez que testes de hipóteses sobre processos em experimentos reais são inviáveis (VERBURG *et al.*, 2006).

Por fim, (VERBURG *et al.*, 2006) entendem os modelos como ferramentas importantes na comunicação entre áreas distintas, com o potencial de facilitar a integração interdisciplinar, uma vez que podem expressar fenômenos ou ideias que podem ser compreendidas da mesma forma por diferentes áreas de pesquisa.

Neste sentido, e considerando que a natureza do problema deve orientar o desenho das estratégias metodológicas, o uso de modelos emerge, dadas as suas potencialidades e limitações, como uma alternativa coerente e adequada para o enfrentamento das complexas relações inerentes à sistemas terrestres.

### 2.1.2. O conceito de *drivers* no contexto das dinâmicas de uso e cobertura da terra

Processos associados às dinâmicas de sistemas terrestres, notadamente os relacionados a mudanças no uso e cobertura da terra, são determinadas por uma rede de fatores socioeconômicos e biofísicos, operando em diferentes escalas, em sistemas de dependências e fluxos, mediados por fatores políticos e institucionais, que interagem no tempo e no espaço, sob contextos históricos e geográficos específicos, criando diferentes trajetórias (LAMBIN et al., 2001; LAMBIN; GEIST, 2001; BURGI; HERSPERGER; SCHNEEBERGER, 2005; AGUIAR, 2006; MUNTEANU et al., 2014).

O estudo desta rede de fatores, também chamadas de forçantes, fatores motrizes, ou determinantes<sup>25</sup> das alterações no uso e cobertura da terra tem sua gênese na geografia, mais especificamente no campo de pesquisa associado às chamadas paisagens culturais (BURGI; HERSPERGER; SCHNEEBERGER, 2005; BIELING; PLIENINGER; SCHAICH, 2013), ou seja, intimamente relacionada com a integração das relações ambiente e sociedade previamente descritas.

A compreensão das mudanças e dinâmicas de uso e cobertura da terra, neste sentido, passa necessariamente pela compreensão dos processos que as suportam e orientam (HERSPERGER; BÜRGI, 2009), e são essenciais também para o desenho de intervenções que possam influenciar seus impactos nos ecossistemas (TEIXEIRA; TEIXEIRA; MARQUES, 2014). No contexto global, Leimbach *et al* (2011) afirmam que nenhum aspecto das mudanças do uso e cobertura da terra é tão complicado como a compreensão dos *drivers*.

Brandt, Primdahj e Reenberg (1999) e Burgi, Hersperger e Schneeberger (2005) especificam cinco tipos de *drivers* de mudança no uso e cobertura da terra: i) socioeconômicos; ii) políticos; iii) tecnológicos (em geral, expressos como efeitos de desenvolvimento de infraestruturas); iv) naturais (constituído de fatores locais como características do solo, declividade, etc, e distúrbios de ordem ambiental, como alterações climáticas, por exemplo) e, v) culturais.

---

<sup>25</sup> Estes fatores são chamados em inglês de “*drivers*” (WOOD; HANDLEY, 2010), “*driving forces*” (HERSPERGER; BÜRGI, 2009), “*keystone processes*” (MARCUCCI D.J., 2000) ou “*causal or causative factors*” (GEIST et al., 2006).

Entretanto, como já ressaltado, tais *drivers* possuem relações entre si e, neste sentido, formam um sistema complexo com relações de dependência, interações e *feedbacks*, com impactos em diferentes escalas temporais e espaciais (BURGI; HERSPERGER; SCHNEEBERGER, 2005). Neste sentido, Kleemann *et al.* (2017) afirmam que, atualmente, os *drivers* são frequentemente compreendidos como um *mix* de fatores antropogênicos (que incluem as dimensões social, política, econômica, demográfica, tecnológica e cultural) e fatores biofísicos, com impactos diretos e indiretos sobre a dinâmica de uso e cobertura da terra.

Hersperger e Burgi (2009) afirmam que os *drivers* se originam e atuam em diferentes níveis. Neste sentido, Burgi, Hersperger e Schneeberger (2005) lembram que há sempre fatores que suportam as causas diretas de mudanças e, conseqüentemente, seria possível distinguir *drivers* primários, secundários e terciários.

Geist e Lambin (2001), complementarmente, oferecem um *framework* sobre os *drivers* de desmatamento em regiões tropicais (Figura 8), dividindo os fatores em duas categorias: imediatas<sup>26</sup> e subjacentes<sup>27</sup>, sendo os primeiros em geral associados espacialmente a processos que causam impacto direto e atuam nos níveis locais, enquanto os últimos são determinados por forças mais complexas e difusas, em geral pautados em processos regionais ou até globais, que frequentemente alimentam alterações em um ou mais fatores imediatos. Entretanto, a distinção depende da escala espacial e temporal da análise (GEIST *et al.*, 2006). Tal sistema de classificação tem sido amplamente utilizado para a descrição de *drivers* de uso e cobertura da terra (QASIM; HUBACEK; TERMANSEN, 2013; MIYAMOTO *et al.*, 2014; VAN VLIET *et al.*, 2015; FRIIS *et al.*, 2016; PLIENINGER *et al.*, 2016; TEGEGNE *et al.*, 2016).

---

<sup>26</sup> *Proximate causes.*

<sup>27</sup> *Underlying causes.*

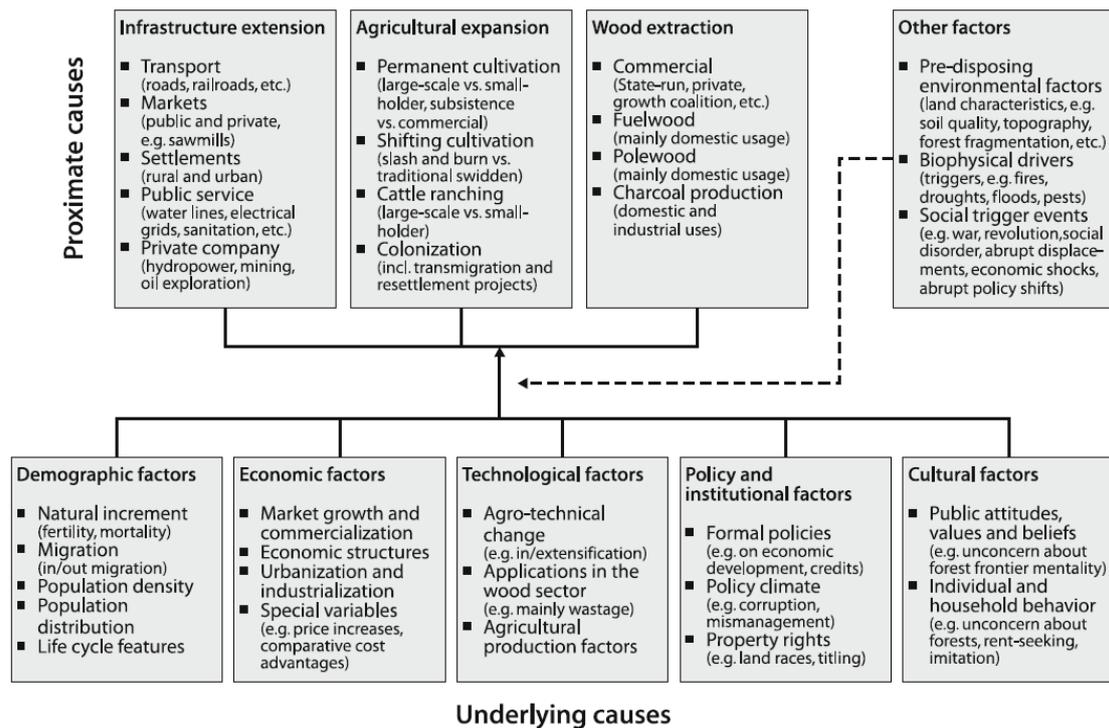


Figura 8 – Causas imediatas e subjacentes. Fonte: Geist e Lambin (2001).

Partindo da classificação de fatores imediatos e subjacentes (com foco no segundo grupo), e considerando interações causais com capacidade de influenciar à distância, ou para além dos limites do sistema analisado, surgem os conceitos de *teleconnection* e *telecoupling*.

O conceito de *teleconnection*, originário da meteorologia e dos estudos climáticos, é usualmente definido como “qualquer transmissão de um efeito coerente para além da localização na qual a forçante atuou” (CHASE; PIELKE; AVISSAR, 2006). Neste sentido, o termo é utilizado para descrever a dissociação espacial entre *drivers* e os resultados das alterações do uso e cobertura da terra. São exemplos deste tipo de relação os fluxos de comércio internacional, tal como demanda global por carne ou soja e suas implicações e consequências no uso e cobertura da terra, bem como as relações entre regiões urbanas e rurais (FRIIS et al., 2016). O conceito de *telecoupling*, como uma evolução do primeiro, avança na incorporação de fluxos multidirecionais e relações de *feedback* que caracterizam as interações entre as componentes do sistema terrestre. O ponto central nesta abordagem é a consideração de relações – distantes no espaço - entre sistemas acoplados humanos-ambiente (LIU et al., 2013; FRIIS et al., 2016).

No contexto da presente pesquisa, é importante aqui iniciar um exercício de reflexão, que será ampliado nos tópicos que seguem. Partindo do *framework* proposto por Geist e

Lambin (2001), empreendimentos hidrelétricos são classificados como causas próximas, dentro da categoria de extensão de infraestrutura, na mesma categoria que empreendimentos minerários, por exemplo. Tal classificação orienta-se apenas pelos impactos diretos nas áreas de intervenção dos empreendimentos, como as perdas imediatas de áreas de várzeas, bancos de areia, campos e florestas nativas pelas construções da barragem e edificações de suporte, estradas, bem como à reservação de água (KAUNDA; KIMAMBO; NIELSEN, 2012; BAUNI et al., 2015; ZHANG; XU; LI, 2015). As causas subjacentes estariam ligadas à ampliação da demanda por energia, que por sua vez teriam causas econômicas, sociais, demográficas e institucionais, ou seja, orientadas por questões situadas nas escalas nacional e regional.

No entanto, em suas etapas de planejamento e instalação, os processos engendrados pelas usinas são claramente de origem externa à localidade dos empreendimentos, com o aporte de recursos financeiros, grandes fluxos migratórios e intervenções paralelas ou de suporte (WANG et al., 2008), relacionando-se e alterando a dinâmica de fatores endógenos (GOMES, 2014). O aspecto político associado ao empreendimento também emerge como fundamental (VAINER; ARAÚJO, 1992).

Sugere-se, desta forma, dentro do escopo de grandes empreendimentos hidrelétricos, um desdobramento do *framework* de Geist e Lambin (2001), em uma camada adicional endereçada às localidades sob influência do empreendimento. Neste sentido, o empreendimento hidrelétrico manteria sua condição de causa próxima para efeitos dos impactos diretos, mas também teria potência para desencadear, nas regiões sob sua influência, alterações nas dinâmicas relacionadas aos fatores demográficos, econômicos, sociais, tecnológicos, político-institucionais e mesmo culturais, em diferentes intensidades durante seu ciclo de vida. Estas alterações estariam na base de outros impactos diretos e, majoritariamente, dos impactos indiretos do empreendimento.

Meyfroidt *et al.* (2018), tratando de efeitos indiretos<sup>28</sup>, remetem ao *trade-off* entre forças centrípetas que atuam na promoção da concentração espacial e forças centrífugas que disparam processos dispersivos. Neste sentido, há um jogo de forças entre aspectos como disponibilidade de empregos, custos de transporte, facilidades sociais e, em outro polo, questões como densidade, preço da terra, externalidades ambientais negativas, etc (ibid.). As Figuras 9 e 10 ilustram esta proposta de desdobramento.

---

<sup>28</sup> *Land-use spillovers.*

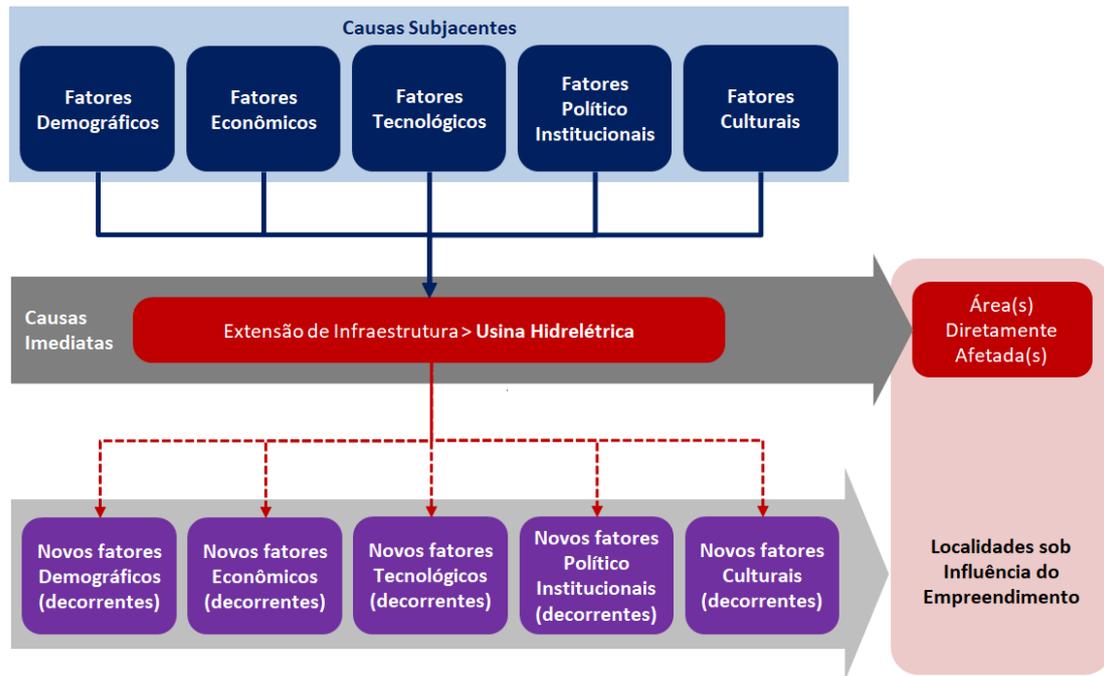


Figura 9 - Hierarquização de *drivers* proposta. Elaboração do autor.

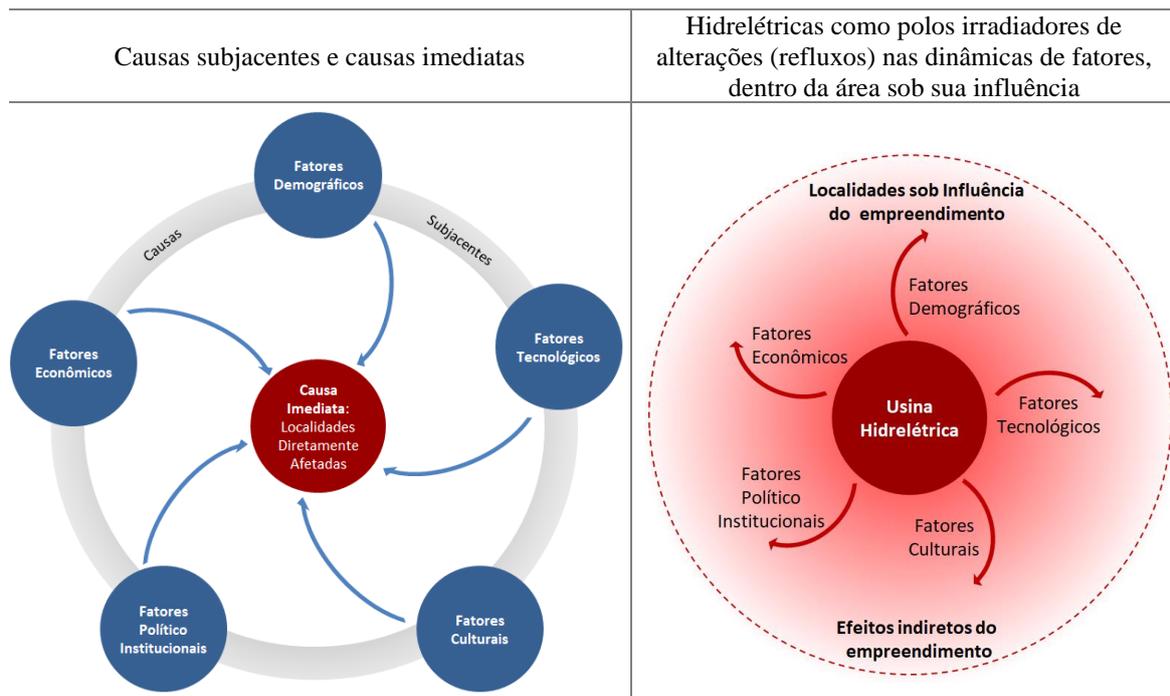


Figura 10 – Os dois momentos (e escalas) da relação entre *drivers* proposta. Elaboração do autor.

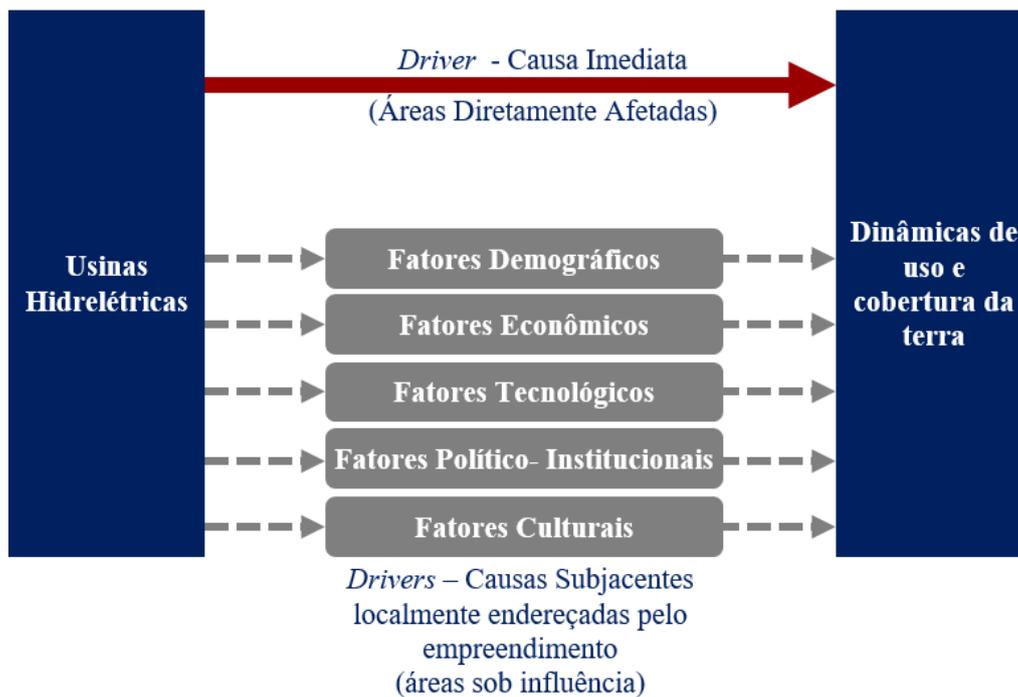


Figura 11 - Relação entre empreendimentos hidrelétricos e as dinâmicas de uso e cobertura da terra. Elaboração do autor.

Tal proposta, em especial no contexto amazônico, pretende oferecer um suporte às análises das dinâmicas de uso e cobertura da terra, ampliando o olhar para as relações indiretas entre os empreendimentos hidrelétricos, em suas diversas etapas de viabilização, e as alterações nas estruturas que regem o uso e ocupação da terra.

## 2.2. Economias de aglomeração e grandes empreendimentos hidrelétricos

Partindo da proposta de ampliação do *framework* de Geist e Lambin (2001) apresentada anteriormente, este tópico pretende discutir o que poderia estar na base dos efeitos irradiados por hidrelétricas, dentro de áreas sob sua influência, considerando principalmente as bases das chamadas teorias do desenvolvimento regional com ênfase em fatores de aglomeração, e em alguns estudos empíricos.

Dentre os diversos aspectos ambientais<sup>29</sup> relacionados ao complexo processo de viabilização de hidrelétricas, de certo o *boom* demográfico e econômico, que ocorrem principalmente na etapa de instalação, podem ser considerados, a priori, os maiores

<sup>29</sup> A NBR ISO 14.001:2004 define aspecto ambiental como elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Ainda, Sanchez (2006) afirma que o termo pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação humana causa um impacto ambiental.

gatilhos de impactos indiretos sobre o território. Entretanto, conforme alerta Alencar *et al.* (2014), este tipo de impacto indireto é de difícil mensuração em comparação com as alterações diretas.

Neste sentido, o próprio Estudo de Impacto Ambiental (EIA) de Jirau e Santo Antônio, por exemplo, indica estimativas significativas na mobilização da mão-de-obra direta, conforme Figura 12.

O mesmo EIA, em seu tópico de descrição de impactos, elenca ações/atividades geradoras de impactos associadas à mobilização da mão de obra na fase de construção dos empreendimentos (Quadro 2). O Quadro ilustra como um único aspecto ambiental está na base de uma série de impactos, de diferentes magnitudes e dimensões. Estes, por sua vez, podem se relacionar com as dinâmicas de uso e cobertura da terra, gerando efeitos indiretos que são, em sua grande parte, desconsiderados nos processos de seleção de impactos.

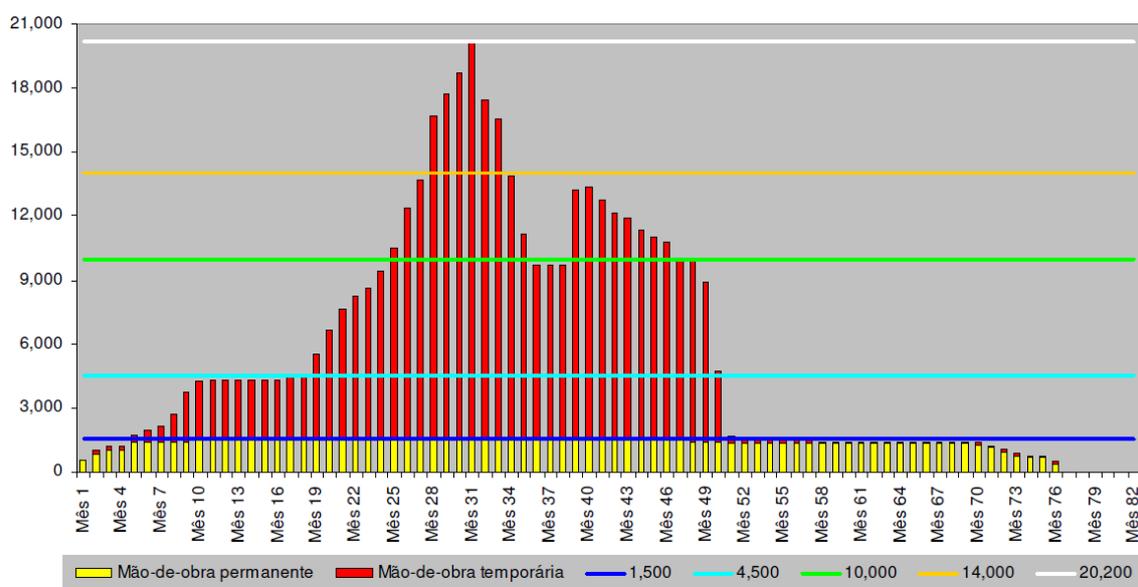


Figura 12 - Histograma da previsão de mão de obra direta para os aproveitamentos hidrelétricos de Jirau e Santo Antônio. O Estudo considera que a dinâmica será a mesma para ambos os empreendimentos. O gráfico, entretanto, apresenta a dinâmica para uma única usina. O eixo vertical indica o número de pessoas. O eixo horizontal é formado pelos meses após o efetivo início das obras. Fonte: Leme Engenharia (2005, p. 41 (Tomo C)).

Quadro 2 - Impactos decorrentes da mobilização da mão-de-obra nos AHEs Jirau e Santo Antônio (a listagem não contempla a totalidade dos impactos associados ao aspecto). A última coluna, com a associação da dimensão/fator, é uma sugestão de enquadramento, buscando a relação com a proposta de ampliação do *framework* apresentado no tópico anterior. Adaptado de Leme Engenharia (2005, p. 49–167, Tomo C).

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Ação/Atividade específica</b>	<b>Impacto</b>	<b>Classificação da Magnitude</b>	<b>Dimensão (Fator)</b>
Mobilização da Mão de Obra	Contratação de mão-de-obra pelas empresas responsáveis pela implantação do empreendimento. Demanda de produtos e serviços por parte das empresas e dos trabalhadores contratados.	2.1 Geração de novos postos de trabalho e aumento da renda	Benéfico	Econômicos
	Aumento do emprego e da demanda de mercadorias e serviços após a chegada dos trabalhadores contratados para implantação do empreendimento.	2.2 Elevação dos preços de mercadorias e serviços	Adverso - Baixo	Econômicos
	Crescimento populacional em decorrência da mobilização de mão-de-obra e de atração de população migrante pela implantação dos empreendimentos, com consequente aumento da demanda por moradias.	2.3 Aumento da demanda por moradia	Adversos - Médio	Econômicos
	Mobilização de mão-de-obra para a implantação dos empreendimentos e atração de migrantes em busca de oportunidade de trabalho. Crescimento rápido da cidade de Porto Velho e do núcleo urbano do distrito de Jaci-Paraná.	2.6 Conflitos de convivência entre população local e migrantes	Adverso - Muito Alto	Cultural
	Aumento do fluxo migratório para a região, com consequente pressão sobre áreas de reserva e abertura de novas frentes de ocupação de terras ainda preservadas.	2.7 Pressão sobre Terras Indígenas	Adverso - Médio	Político Institucional
	Disputa por pesqueiros e aumento da demanda por pescado.	2.13 Conflito social sobre a atividade pesqueira local	Adverso - Médio	Econômico / Político Institucional / Cultural
	Mobilização da mão-de-obra, com crescimento rápido e desordenado da população da cidade de Porto Velho e sede do distrito de Jaci-Paraná.	2.14 Alterações na qualidade de vida da população	Sem classificação	Econômico / Cultural

Ainda, em função da geração de empregos diretos e da consequente expansão da população local, o EIA realiza um exercício para estimar a população indireta atraída pelos empreendimentos no município de Porto Velho, conforme dados da Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa da alteração total na dinâmica demográfica de Porto Velho em função da implantação dos AHE Jirau e Santo Antônio, supondo-se o início das obras em 2006. Adaptado de Leme Engenharia (2005, p. 61–62, Tomo C).

Ano	População			
	Jirau		Santo Antônio	
	Atração direta	Atração indireta	Atração direta	Atração indireta
2005	0	0	0	0
2006	1.600	9.641	6.083	15.892
2007	4.106	19.650	9.425	29.081
2008	6.080	26.949	12.231	37.753
2009	6.815	29.699	13.267	41.076
2010	4.352	18.097	8.127	23.517
2011	4.302	17.546	7.553	22.374
2012	4.167	16.044	5.972	19.242
2013	4.193	16.144	6.009	19.362
2014	4.219	16.245	6.046	19.481
2015	4.245	16.345	6.084	19.603

Neste contexto, autores como Barreto *et al.* (2011) e Alencar *et al.* (2014), em estudos específicos sobre efeitos indiretos de hidrelétricas sobre o desmatamento na Amazônia, ratificam a importância destas dinâmicas disparadas pelo empreendimento. O trabalho de Alencar *et al.* (2014) identifica uma relação entre vulnerabilidade ao desmatamento e as distâncias a partir da hidrelétrica, para o caso do chamado complexo hidrelétrico do Tapajós. O estudo indica que ao menos 55% de áreas vulneráveis estão localizadas a menos de 100km das hidrelétricas planejadas e 86% em menos de 200km, com um pico entre 50km e 80km de distância. Tais evidências, segundo os autores, indicam que projetos hidrelétricos podem atuar como gatilhos para processos de desmatamento em regiões vulneráveis. Ou seja, mesmo sendo difícil isolar o efeito da usina como causa das dinâmicas de uso e cobertura da terra, é possível inferir que há alguma relação, ao menos no contexto amazônico.

A magnitude do choque provocado por empreendimentos deste porte nas localidades sob sua influência, e em especial, sua relação com a questão demográfica e econômica, permite interpretações a partir do campo da economia regional, e em específico das teorias do desenvolvimento regional com ênfase em fatores de aglomeração.

Monasterio e Cavalcante (2011), em um esforço de sistematização da produção teórica em economia regional, identificaram dois blocos teóricos: o conjunto de teorias clássicas de localização, cujos marcos de início e fim são os trabalhos de Von Thünen (1826) e Isard (1956), respectivamente; e o conjunto das teorias do desenvolvimento regional com ênfase na aglomeração, de inspiração marshalliana e keynesiana, que floresceram a partir da década de 1950. A Figura 13 localiza temporalmente esses dois blocos.

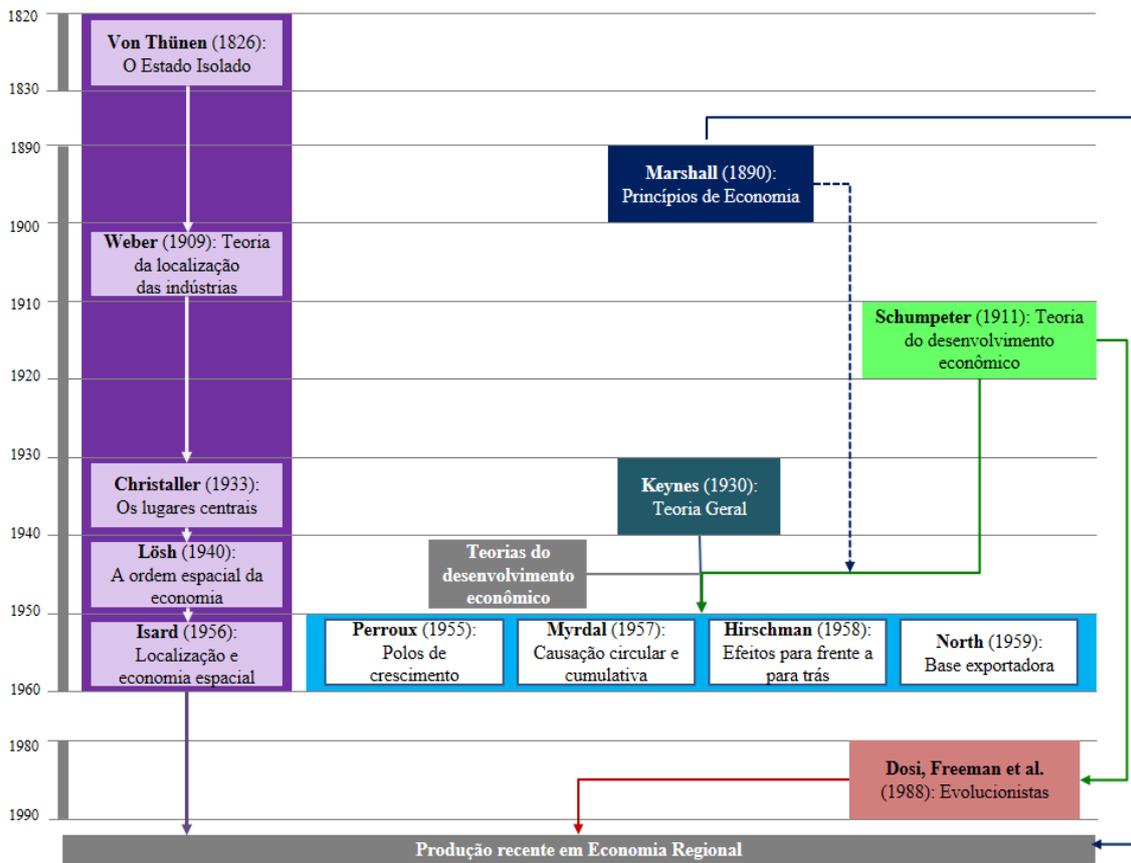


Figura 13 - Principais teorias em economia regional. A coluna destacada em roxo, os autores relacionados às Teorias Clássicas da Localização. No retângulo azul, as Teorias do Desenvolvimento Regional com ênfase em fatores de aglomeração. Fonte: Adaptado de Cavalcante (2008).

Os estudos do primeiro bloco centram suas análises, de uma forma, geral, na busca, por parte da firma, da chamada “localização ótima”, considerando o papel dos custos de transporte. Os trabalhos do segundo bloco, que interessam à presente pesquisa, enfatizam tipos de mecanismos dinâmicos de autorreforço resultante de externalidades associadas à aglomeração. Mesmo que as questões ligadas à aglomeração de produtores fossem conhecidas desde o final do século XIX, principalmente considerando os trabalhos de Marshall (1890), é a partir de Perroux, Myrdal, Hirschman e North que o fenômeno passou a ser empregado de forma sistemática na interpretação dos

movimentos de crescimento e desenvolvimento regional (MONASTERIO; CAVALCANTE, 2011).

Longe da pretensão de discorrer sobre as obras das citadas referências que suportam as teorias do desenvolvimento regional com ênfase em fatores de aglomeração, é importante explorar, mesmo que sucintamente, seus principais elementos - com foco nos três primeiros autores - e suas possíveis contribuições para a interpretação dos efeitos de empreendimentos hidrelétricos.

Perroux (1977), no intuito de compreender o processo de crescimento econômico, lança mão de três elementos: i) a indústria-chave, ou motriz, que é definida como aquela cujo aumento de produção gera, no conjunto econômico sob sua influência, um aumento muito maior do que o da sua própria produção, ou seja, o aumento da produção numa indústria-motriz induz um aumento maior no sistema produtivo como um todo; ii) o regime não concorrencial do complexo, por uma combinação de forças oligopolísticas, gerando benefícios para as chamadas ‘empresas movidas’ e; iii) a concentração territorial do complexo (SIMÕES; LIMA, 2009; MADUREIRA, 2015), dando materialidade ao conceito de polo de crescimento.

Ou seja, um polo de crescimento surgiria a partir de uma empresa motriz que, por possuir condições de separar seus fatores de produção, provoca uma concentração de capitais, ampliando sua influência. Ainda, este tipo de aglomeração<sup>30</sup> induzida por uma empresa motriz gera um efeito de consumo progressivo nos habitantes da localidade, assim como um aumento nas demandas coletivas como habitação, transportes, serviços públicos, etc. (MADUREIRA, 2015). Ainda neste sentido, Monasterio e Cavalcante (2011) afirmam que um polo industrial complexo seria capaz de modificar seu meio geográfico imediato, considerando os efeitos de intensificação das atividades econômicas relacionados ao surgimento e encadeamento de novas necessidades coletivas.

Monasterio e Cavalcante (2011) indicam que, para Perroux, haveria quatro diferentes formas de indução de polos pelas quais as indústrias motrizes poderiam promover tais alterações na estrutura econômica das localidades afetadas: i) técnica, referindo-se aos efeitos de encadeamento entre a empresa motriz e outras empresas; ii) econômica, com

---

<sup>30</sup> Fujita, Krugman e Venables (2002) definem aglomeração como um agrupamento de atividades econômicas, criada e sustentada por algum tipo de lógica circular.

a geração de emprego e renda; iii) psicológica, por meio de investimentos decorrentes do clima de otimismo gerado pela indústria motriz; e iv) geográfica, referindo-se aos impactos nos sistemas urbanos, que poderiam levar a minimização de custos de transporte e à criação de economias externas e de aglomeração.

Uma série de críticas, entretanto, são feitas à teoria dos polos de crescimento, principalmente em razão do insucesso de tentativas de aplicação de suas prescrições para políticas públicas, associadas às chamadas “catedrais no deserto”, metáfora para representar grandes intervenções que não foram capazes de revitalizar as regiões onde foram instaladas (MONASTERIO; CAVALCANTE, 2011)<sup>31</sup>. Uma possível explicação para tais fracassos e o declínio da teoria dos polos de crescimento é sua concepção em um ambiente onde a lógica de produção tinha uma base essencialmente fordista (ibid, p. 68).

Já Myrdal (1965) toma como ponto de partida a questão das desigualdades geradas pelas inter-relações que ocorrem dentro de um sistema social, para mostrar que o crescimento da economia em uma região leva a um círculo virtuoso, estimulado pela movimentação de capitais, migração de capital humano, mudanças nas dinâmicas demográficas endógenas, entre outros. O mesmo ocorre no cenário inverso, em economias não beneficiadas por processos de crescimento, em um círculo vicioso, com fechamento de empresas gerando ampliação do desemprego, diminuição da renda na região, e novos desempregos (MADUREIRA, 2015).

Um ponto crucial em Myrdal é sua discordância com a teoria do equilíbrio geral, afirmando que “o sistema não se move, espontaneamente, entre forças, na direção de um estado de equilíbrio, mas, constantemente, se afasta dessa posição” (MYRDAL, 1965). Tal questão é central, uma vez que o processo de causalção circular tenderia a tornar o processo acumulativo, rápido e instável (MADUREIRA, 2015), em um processo pontuado por relações de *feedbacks* positivos<sup>32</sup>. Esse efeito cumulativo e retroalimentado foi enfatizado por Krugman (1991), que afirma que “a produção manufatureira tenderá a se concentrar onde existir um grande mercado, mas o mercado será grande onde a produção manufatureira for concentrada”.

---

<sup>31</sup> Esta discussão, no contexto amazônico, é ampliada no tópico 3.1 desta tese.

<sup>32</sup> Em relações de *feedback* positivo, as mudanças são amplificadas, geralmente direcionando o sistema a instabilidade (MILLER; PAGE, 2007).

O crescimento de uma aglomeração, para Myrdal, pode também gerar efeitos regressivos, ou de retroação<sup>33</sup> nas regiões e comunidades circunvizinhas, atuando para ampliar as disparidades regionais via migração e fluxos de capitais. Tais comportamentos, por sua vez, geram efeitos propulsores<sup>34</sup>, que são os ganhos obtidos nas regiões estagnadas, por meio do fornecimento de bens de consumo ou matérias-primas para as regiões em crescimento, assim como benefícios oriundos dos transbordamentos<sup>35</sup> tecnológicos (MADUREIRA, 2015).

Hirschman (1961), por sua vez, reforça o papel dos desequilíbrios, considerando-os como uma necessidade ou quase um requisito do processo de desenvolvimento regional. Da mesma forma que Myrdal, Hirschman também relaciona efeitos positivos<sup>36</sup> e negativos<sup>37</sup> do crescimento de uma região sobre suas vizinhas (MONASTERIO; CAVALCANTE, 2011), mas na síntese dos efeitos, para Hirschman, prevalecem os positivos. Drummond (2005), neste sentido, afirma que decisões empresariais e políticas públicas ancoradas em atividades capazes de gerar conexões estariam na base dos processos de aceleração do desenvolvimento.

Neste contexto, Hirschman (1961) parte para a discussão da questão dos desequilíbrios a partir dos conceitos de efeitos para trás<sup>38</sup> e frente<sup>39</sup>, sendo os primeiros representando “as externalidades decorrentes da implantação de indústrias que, ao aumentarem a demanda por insumos no setor a montante, viabilizariam suas escalas mínimas de produção na região determinada”, e os últimos como resultantes “da oferta de insumos, que tornaria viáveis os setores que se posicionassem a jusante” (MONASTERIO; CAVALCANTE, 2011, p. 71).

Madureira (2015) e Drummond (2005) afirmam que o surgimento de uma indústria pode orientar a viabilização de outras empresas satélites que teriam vantagens locais em função da sua proximidade com a indústria-chave. Economias externas e fatores de complementaridade ampliam a probabilidade do surgimento de empresas satélites a partir da empresa-chave (ou mestres).

---

<sup>33</sup> *Backwash effects*, ou os “resultados perversos que o desenvolvimento de uma região gera sobre as demais” (MONASTERIO; CAVALCANTE, 2011, p. 69).

<sup>34</sup> *Spread effects*, ou centrífugos.

<sup>35</sup> *Spillovers*.

<sup>36</sup> *Trickle-down*.

<sup>37</sup> *Polarization*.

<sup>38</sup> *Backward linkage*, ou Efeitos em Cadeia Retrospectiva (MADUREIRA, 2015).

<sup>39</sup> *Forward linkages* ou Efeitos em Cadeia Prospectiva (MADUREIRA, 2015).

Há, obviamente, uma aproximação entre Hirschman e Perroux, entretanto, para o primeiro não é adequado supor que os encadeamentos, por si só, solucionarão todos os obstáculos do desenvolvimento regional.

Tanto Hirschman, quanto Myrdal, Perroux e Bunker, ao abordarem o fenômeno e os efeitos das aglomerações, oferecem uma base para a reflexão sobre empreendimentos hidrelétricos, uma vez que há evidências que suportam a tese de que os mesmos tem o potencial de reestruturar arranjos produtivos locais (ROQUETTI et al., 2015). Ainda neste sentido, Trotter (2016) realizou um estudo<sup>40</sup> a partir de 154 reservatórios hidrelétricos em 137 municípios no Brasil, utilizando a população como *proxy* para avaliar a atividade econômica, e concluiu que há evidências para afirmar que barragens hidrelétricas induzem aglomeração econômica autossustentável, principalmente nos municípios com empreendimentos mais antigos.

Neste sentido, parte-se da premissa de que seria possível caracterizar a usina hidrelétrica como uma empresa-motriz, principalmente em sua fase de instalação que, desta forma, haveria capacidade de geração de efeitos sobre a estrutura de produção e sobre a demanda, subsidiando, ainda que de forma efêmera, a dinamização das atividades regionais. Neste sentido, os efeitos descritos por Tolosa (1972) – Quadro 3 - parecem se adequar bem ao caso da etapa de instalação de empreendimentos hidrelétricos, talvez com exceção aos efeitos técnicos para frente, já que a energia apenas será gerada na etapa de operação, e que não raro, sua geração não implica necessariamente aplicações e benefícios diretos às localidades.

Quadro 3 - Efeitos da empresa motriz. Fonte: Adaptado de Tolosa (1972)

<b>Efeitos da Empresa Motriz</b>	Efeitos sobre a estrutura de produção	Efeitos de aglomeração	Economias de escala	
		Efeitos técnicos ( <i>linkages</i> )	Economias de localização	
			Efeitos técnicos para trás ( <i>backward</i> )	Indústrias complementares
			Efeitos técnicos para frente ( <i>forward</i> )	Indústrias Satélites
	Efeitos de <i>jonction</i> ou de transportes			
	Efeitos sobre a demanda	Mudança de propensões	Keynesianas	A poupar
			Ao lazer	A consumir
			Às inovações (ou imitações)	
		Efeitos demográficos - migrações		
		Mudanças institucionais		

<sup>40</sup> *Working paper.*

Em específico sobre a ausência de efeitos para frente, é importante somar o pensamento de Bunker (1984), de modo a relativizar qualquer possível associação direta entre a empresa-motriz com processos de desenvolvimento disparados pelos empreendimentos. Para o autor, e remontando às ideias de Hirschman, há uma diferenciação entre ‘modos de extração’ e ‘modos de produção’. Os primeiros associados a produtos com uma fração muito baixa de capital, tecnologia e trabalho, ou seja, o cerne de seu valor está associado às suas características naturais, e não os processos tecnológicos neles incorporados (o modos de produção), com prejuízos materializados em termos de degradação ambiental e baixa inserção nos processos de desenvolvimento econômico, visto que se localizam no início das cadeias produtivas (DRUMMOND, 2005).

Para Bunker, os processos de desenvolvimento estariam baseados em momentos produtivos mais ‘à frente’ da cadeia, em geral em centros industriais espacialmente desconectados nos sítios de extração (ibid.).

Portanto, mesmo que seja possível caracterizar o empreendimento hidrelétrico como uma empresa-motriz, a qual promove transformação e é dependente de seu processo tecnológico, parece bastante evidente que o perfil segue o padrão extrativista. Tal padrão é mediado por uma grande infraestrutura de base técnica e não possui compromissos com o desenvolvimento das localidades, mantidas como periféricas no processo. Tal afirmação encontra respaldo na avaliação do histórico do desenvolvimento do setor elétrico na Amazônia, conforme discutido no tópico 3.1.

Este ponto, embora complementar ao enquadramento proposto para as avaliações das dinâmicas de uso e cobertura da terra em regiões próximas a empreendimentos, merece destaque nos processos analíticos que seguem.

Por fim, e retornando à linha central da argumentação, a hipótese que emerge é que tal enquadramento - da hidrelétrica como uma empresa-motriz - apenas seria sustentado durante um período de tempo específico, centrado na etapa de instalação do empreendimento, com possibilidade de início em algum momento da fase de planejamento, movida pela simples expectativa de início das obras, e conclusão em meses que sucedem a desmobilização massiva da mão-de-obra empregada nas obras e o início da operação (Figura 14).

A manutenção dos efeitos gerados pela aglomeração depende, nestes casos, de arranjos institucionais eficientes e políticas governamentais que ofereçam suportes aos intensos

fluxos de capital e mão de obra durante o período de *boom*, garantindo o crescimento em longo prazo, preocupações estas em geral negligenciadas neste tipo de empreendimento (MORAN, 2016).



Figura 14 - Fases do empreendimento hidrelétrico. As linhas pontilhadas indicam as faixas de incerteza associadas ao início e término da caracterização da hidrelétrica como uma empresa motriz

A efemeridade destas alterações, entretanto, podem produzir impactos espaciais complexos, em diferentes escalas, e cuja análise ainda carece de desenvolvimentos. Durante o período de instalação, o empreendimento pode gerar efeitos econômicos positivos, engendrados pela aglomeração, os quais podem resultar em alterações importantes na cobertura e nos usos da terra, inclusive com resultados negativos em termos de degradação ambiental (IGLIORI, 2009). Após a desmobilização da mão-de-obra empregada na construção e o início da operação, as localidades passam por um novo choque econômico, com efeitos espaciais também pouco explorados. É na análise destes marcos que se situa o objeto do presente trabalho.

### 2.3. Efeitos Cumulativos, trajetórias e padrões espaciais

Dada toda a construção argumentativa até aqui desenvolvida, resta retomar e fechar as pontas com a questão do sistema terrestre como a resultante material dos processos interativos e complexos dos sistemas socioecológicos ou na interface ambiente e sociedade. Ou seja, o registro do espaço em um determinado momento como o resultado concreto da somatória de processos naturais, sociais e majoritariamente híbridos.

Desde já é importante salientar que não é objeto deste tópico debater de maneira mais geral as características, aspectos e procedimentos relativos aos processos de avaliação de impactos<sup>41</sup> cumulativos. Mesmo assim, empresta-se boa parte de seu arranjo

---

<sup>41</sup> Parte-se das definições adotadas pela *European Commission* (2001) que tratam efeitos e impactos como sinônimos e entendidos como qualquer alteração nos ambientes físico, natural ou cultural causada por um projeto. Tal definição está em linha com o previsto na CONAMA 01/86, que estabelece impacto como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente,

conceitual para a incorporação nas propostas analíticas que são desenvolvidas, tomando por base o sistema terrestre (*land system*) como o referencial.

Therivel e Ross (2007), neste sentido, afirmam que, do ponto de vista dos recursos ambientais e das populações afetadas, apenas os efeitos totais – ou cumulativos - de fato importam. Ainda, Harris e Urreiztieta (2011) afirmam que a identificação de efeitos cumulativos é importante porque considera o quadro completo e não apenas efeitos individuais, fornecendo ferramentas para avaliar se os níveis de intervenção excedem a capacidade de assimilação do ambiente.

Neste sentido, Hegmann *et al.* (1999) definem efeito cumulativos como as mudanças no ambiente causadas uma ação combinada com outras ações no passado, presente ou futuro. CEQ<sup>42</sup> (1997), por sua vez, adota a definição de alterações no ambiente que resultam de um impacto incremental de uma atividade quando consideradas ações futuras, passadas e presentes, razoavelmente previsíveis, independente de quem empreenda essa atividade.

Johnson (2016) refere-se a efeitos cumulativos como os resultados sinérgicos, interativos e imprevisíveis de múltiplas práticas de uso da terra ou de desenvolvimento de projetos que, combinados no tempo e no espaço, resultam em consequências significativas para pessoas e ambientes.

Athayde *et al.* (2019a) detalham o conceito, definindo-o como as mudanças no ambiente causadas por uma ação, combinada com outras ações passadas, presentes e futuras, resultando de diferentes processos de acumulação, podendo ser adicionados, ou seja, definidos pela soma de efeitos individuais, ou sinérgicos, quando a combinação dos efeitos é maior que a soma de suas partes individuais.

Canter and Ross (2010) lembram que as origens da avaliação de impactos cumulativos remontam ao início dos anos 1970, exatamente no contexto da análise da relação de projetos propostos com suas localidades e os usos da terra.

Um ponto central nos processos de Avaliação de Impactos Cumulativos (AIC, ou CEA<sup>43</sup>) é o foco nos ‘Componentes Ambientais de Interesse’, ou VEC<sup>44</sup>, ou seja, a

---

afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

<sup>42</sup> U.S. Council on Environmental Quality.

<sup>43</sup> CEA – Cumulative effects assessment.

partir de um componente/recurso/receptor afetado, busca-se identificar os efeitos de ações, projetos, programas, planos e políticas (THERIVEL; ROSS, 2007). Neste sentido, a AIC difere substancialmente dos processos de avaliação de impacto ambiental (AIA, ou EIA<sup>45</sup>), ou mesmo de avaliação ambiental estratégica (AAE, ou SEA<sup>46</sup>), que pretendem analisar projetos e políticas/planos/programas, respectivamente, de maneira transversal, ou seja, considerando vários VECs de maneira conjunta. A Figura 15 ilustra estas diferenças conceituais.

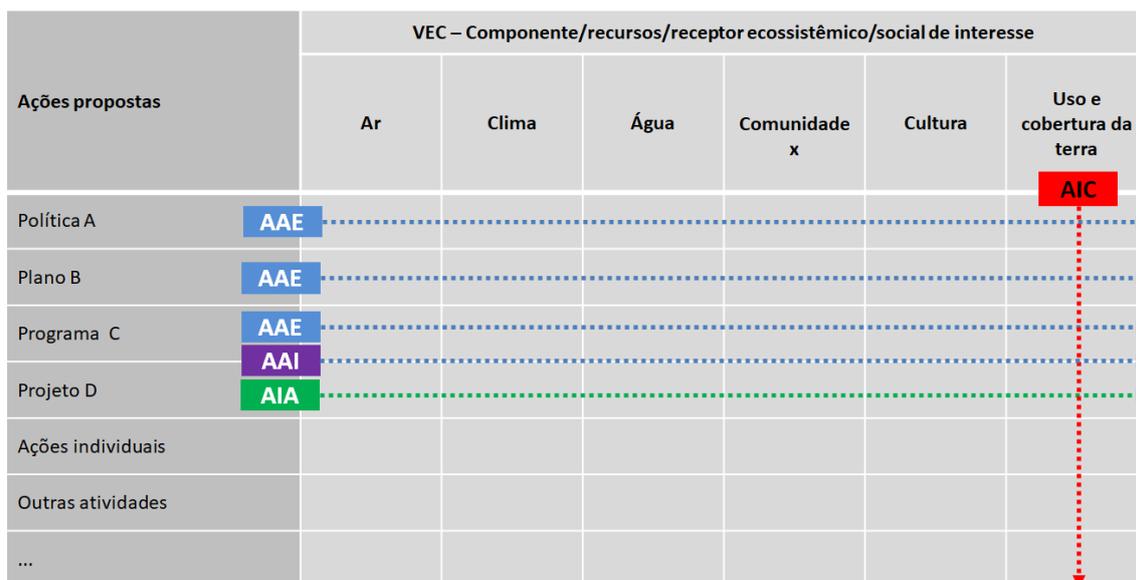


Figura 15 - Enquadramentos dos processos de AAE, AIA e AIC.  
Fonte: adaptado de Therivel e Ross (2007). Elaboração do autor.

Sozinho (2019) lembra também do papel da avaliação de impactos cumulativos no contexto do planejamento hidrelétrico de bacias hidrográficas, a partir das Avaliações Ambientais Integradas (AAI, ou IEA<sup>47</sup>). A “integração” das análises, neste caso, está associada:

(...) à interação dos efeitos dos diferentes empreendimentos no desenvolvimento econômico e social na bacia e à interação entre os diferentes processos, representado pelas variáveis que caracterizam os impactos ambientais, no tempo e no espaço. (SOZINHO, 2019, p. 68)

Neste sentido. Gallardo *et al.* (2017) afirmam que, para o caso de bacias hidrográficas, impactos cumulativos podem incorporar diversos impactos – pouco ou muito

<sup>44</sup> VEC - Valued Ecosystem Components.  
<sup>45</sup> EIA – Environmental Impact Assessment.  
<sup>46</sup> SEA – Strategic Environmental Assessment.  
<sup>47</sup> IEA – Integrated Environmental Assessment.

significativos – de múltiplos aproveitamos hidrelétricos, cuja somatória pode refletir um impacto significativo<sup>48</sup>.

Therivel e Ross (2007) avançam para um ponto fundamental: a importância da definição adequada da escala<sup>49</sup> para a avaliação dos efeitos cumulativos. Na interpretação deles, é possível inferir uma relação inversamente proporcional entre a extensão das áreas de análise e efeitos locais significativos, dado que outras fontes de efeito podem estar sendo capturadas. Entretanto, essa relação pode ser diretamente proporcional para determinados VECs, como biodiversidade e mudanças climáticas. De toda forma, os autores afirmam que é uma etapa fundamental nas análises a definição de critérios objetivos para a identificação dos limites do sistema.

Cooper e Canter (1997) identificam, entretanto, que existe uma série de inconsistências e inadequações no endereçamento das avaliações de impactos cumulativos dentro dos processos de avaliação de impacto ambiental, atreladas a uma dificuldade de entendimento do enquadramento do que se entende por efeitos cumulativos, além da falta de bases metodológicas mínimas que embasem suas práticas. Neste mesmo sentido, Sozinho (2019) afirma que tanto a previsão quanto a gestão de impactos cumulativos ainda são considerados um problema nas avaliações de impacto.

Ainda sob o ponto de vista metodológico, Canter e Ross (2010) identificam uma série de ferramentas comumente utilizadas em processos de Avaliação de Impactos Cumulativos, dentre elas - e de interesse da presente pesquisa – destacam-se os sistemas de informação geográfica (SIG) (ATKINSON; CANTER, 2011), modelos quantitativos (CEQ, 1997; HEGMANN et al., 1999; SUTHERLAND et al., 2016) e cenários (GREIG; DUINKER, 2007; SUTHERLAND et al., 2016; KUBART, 2019). Sobre este último, Kubart (2019) destaca que, considerando a complexidade e as incertezas intrínsecas a processos de Avaliação de Impactos Cumulativos, a análise a partir de cenários pode ser um componente fundamental, embora seu histórico de incorporação às avaliações ainda seja recente. A autora afirma, entretanto, que suas aplicações estão mais relacionadas a estudos de longo prazo para a verificação de uma gama de condições futuras, ou para explorar alternativas. Não foram encontrados exemplos de

---

<sup>48</sup> Uma discussão mais aprofundada sobre significância dentro do escopo da Avaliação de Impactos Ambientais pode ser encontradas em Lawrence (2007a, 2007b).

<sup>49</sup> Por escala os autores considerando tanto a dimensão da extensão das áreas sob avaliação e, neste caso, incorporam também questões relativas à resolução, quanto a dimensão temporal (THERIVEL; ROSS, 2007).

aplicação de cenários retrospectivos ou para avaliação *ex-post* para suporte à Avaliação de Impactos Cumulativos.

Sobre estas características inerentes à Avaliação de Impactos Cumulativos - complexidade e incerteza – Ball *et al.* (2013) e Jones *et al.* (2017) reforçam a importância do monitoramento do VEC, uma vez que sinais de mudança nas condições podem trazer elementos importantes para a avaliação e o gerenciamento adaptativo dos impactos.

Retornando à questão principal deste tópico, é possível afirmar que mudanças no uso e cobertura da terra, dadas suas já citadas características, podem ser compreendidas como tipicamente um processo cumulativo (GOSSELINK *et al.*, 1990), visto que sua configuração final reflete os resultados finais dos conflitos e processos em curso até aquele determinado momento. Neste sentido, considerando o VEC como o próprio sistema terrestre, é possível dizer que ele próprio, para cada momento, traria a representação acumulada dos processos passados e presente, em diversas escalas e magnitudes, promovidos por atores e instituições diversas. A cada passo de tempo, novos processos são incorporados e assim, uma nova configuração cumulativa é definida.

Abrindo um parêntese neste ponto, faz-se relevante retornar a uma reflexão mais filosófica e, desta forma, traçar uma ponte entre o argumento ora construído e os passos dados no tópico 2.1. Na medida do proposto por Latour (1994), que nega a distinção entre natureza e cultura (ou sociedade), Beck, Bonss e Lau (2003), afirmam que na pós-modernidade, o homem é a medida de tudo. Nesta afirmação está contida a ideia de que não existe ambiente – no contexto da pós-modernidade<sup>50</sup> – “que não seja um produto da intervenção cultural” (SHINN, 2008, p. 60). Cabe, desta forma, uma interpretação, mediada por Shinn (2008) de que, uma floresta, ou ampliando, um padrão de cobertura da terra, é o resultado de incontáveis processos de ordem social e econômica, como desmatamentos, queimadas, reflorestamentos, cultivos, introdução de espécies exóticas, uso de produtos químicos etc. Sua configuração em um determinado momento representa a síntese destas relações.

---

<sup>50</sup> Shinn (2008) destaca que, embora para Beck tal tema seja tratado no âmbito do que ele chama de segunda modernidade, suas características se assemelham à pós-modernidade.

Fechando o parêntese, retornando ao argumento principal, e partindo da representação do conceito de impacto ambiental definido por Sánchez (2006) (Figura 16), adotando o eixo vertical como a variação relacionada à dinâmica de uso e cobertura da terra (tipicamente uma classe de uso ou cobertura), propõe-se que a diferença entre as curvas seria exatamente a dimensão da contribuição do empreendimento ou ação sobre o acumulado. Em outras palavras: a área formada pelo espaço entre as trajetórias (sem e com projeto), a partir da qual Sánchez define o conceito de impacto, para a avaliação das dinâmicas de uso e cobertura da terra, traria a medida da influência do projeto em relação ao total acumulado sobre o espaço.

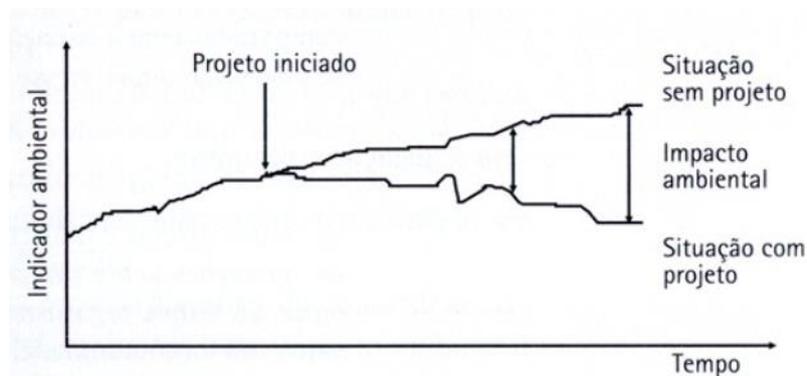


Figura 16 – Representação do conceito de impacto ambiental. Fonte: Sánchez (2006).

Ou seja, e seguindo os caminhos propostos no tópico 3.1 desta tese, emerge que o sistema terrestre é, ao mesmo tempo, e paradoxalmente, objeto da investigação e o resultado final do processo cumulativo. Tal característica, entretanto, não o torna, de maneira nenhuma, menos complexo. Pelo contrário. Por ser dotado desta característica, a compreensão das trajetórias, dos caminhos de conversão e principalmente das alterações na rede de fatores determinantes apresentam-se como etapas fundamentais.

Sobre este último tópico é importante salientar que talvez aqui resida um dos maiores desafios da AIC à luz dos sistemas terrestres: como uma nova ação, projeto, programa, plano, política sobre o espaço se relaciona com os *drivers* em operação? Seria possível desenvolver ferramentas para mensurar essas alterações? A investigação ora desenvolvida não encontrou opções metodológicas disponíveis na literatura para lidar com a questão. Embora o processo de construção de modelos de mudanças de uso e cobertura da terra tenha o potencial para endereçar uma parte destas demandas, os esforços ora desenvolvidos a partir do tema das hidrelétricas esbarraram em um aspecto limitador: a necessidade dos *drivers* apresentarem uma expressão espacial detalhada o

suficiente para contribuir na orientação das alterações<sup>51</sup>. Este ponto, novamente, traz uma relação muito próxima com a definição da escala do estudo.

De toda forma, mesmo considerando apenas as vertentes das trajetórias e processos de conversão, é possível afirmar que há um potencial para o desenvolvimento desta abordagem de interface.

### **3. CONTEXTO E INFORMAÇÕES SOBRE OS CASOS DE ESTUDO**

#### **3.1. Paradigmas de desenvolvimento e os caminhos da configuração da Amazônia como “jazida energética” do Brasil**

Situar o(s) lugar(es) da Amazônia nos caminhos e estratégias de desenvolvimento nacional implica um esforço de contextualização árduo e já devidamente consolidado (BECKER, 1999, 2009, 2010, 2012; MELLO, 2002; LEITÃO, 2009; ARAÚJO; LÉNA, 2010; SILVA, 2014), que extrapola os limites da presente pesquisa. Entretanto, o diálogo entre os enquadramentos definidos pela ação estatal sobre o território<sup>52</sup> e suas relações escalares, ao menos nos períodos mais recentes, mostram-se importantes para a compreensão da lógica que suporta o posicionamento da Amazônia no planejamento energético de médio e longo prazos do país.

Neste sentido, e adentrando ao espectro específico da questão energética, é possível afirmar que, embora os primeiros estudos acerca do potencial hidrelétrico da bacia Amazônica remontem a 1938<sup>53</sup>, a primeira mobilização efetiva em torno da questão energética na região amazônica tem como marco inicial a instituição do PVEA - Plano de Valorização Econômica da Amazônia e, principalmente, da SPVEA -

---

<sup>51</sup> Tais pontos são aprofundados nos tópicos 5 desta tese.

<sup>52</sup> Ação esta que precisa ser considerada para além de seus objetivos declarados, mas também em seus “frequentemente contrastados resultados efetivos” (LEITÃO, 2009).

<sup>53</sup> Estudos realizados pela Divisão de Águas do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, órgão criado em 1933 justamente com a finalidade de desenvolver os trabalhos de avaliação e estudo dos recursos hidroelétricos do país (iniciados em 1920 pelo antigo Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil), avaliaram 244 quedas d’água em todo o país e identificaram que 22,52% do potencial nacional (ou aproximadamente 3.233.171 KW) estavam disponíveis na bacia Amazônica (LEMOS, 2007).

Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia em 1953<sup>54</sup>, atendendo a dispositivos voltados ao potencial de crescimento da Amazônia já previstos nas Constituições de 1934 e 1946 (MAHAR, 1978; LEITÃO, 2009). Dentre as principais funções da SPVEA destacava-se o “estabelecimento de uma política de energia em bases econômicas, como suporte para o abastecimento dos centros de consumo e da indústria e para o aproveitamento racional dos recursos naturais” (BRASIL, 1953, art. 7, alínea g).

Considerada pouco efetiva do ponto de vista da coordenação e formulação de uma política energética regional, agindo de forma mais emergencial e com resultados distantes das metas inicialmente estabelecidas<sup>55</sup>, a agência<sup>56</sup> conseguiu apenas, de acordo com Lemos (2007, p. 231), “esboçar algumas diretrizes para a sustentação das políticas de desenvolvimento, que contemplavam um modelo de planejamento e gestão do setor de energia elétrica na região”.

Vainer e Araújo (1992), Lemos (2007) e Leitão (2009) concordam que a partir do início da década de 1970 estabelece-se um novo e importante marco, com a reavaliação das estratégias de desenvolvimento pelo Estado brasileiro, rompendo com a lógica da incorporação do planejamento regional como parte do desenvolvimento nacional, reorientando-o para a integração nacional – de maneira centralizada – e pautada em decisões setoriais, onde “a totalidade (nacional) impõe-se sobre as particularidades (regionais), a partir do qual o território vai ser analiticamente decomposto, e funcionalmente recomposto e mobilizado” (VAINER; ARAÚJO, 1992, p. 24). Tal reorientação possui reflexos diretos e importantes na construção do ideário da Amazônia como fronteira energética (BECKER, 1990) e nos rumos do planejamento setorial na região.

---

<sup>54</sup> Toledo *et al.*, (2017) estabelecem esta mesma data – 1953 - como o marco do início da fase de desenvolvimento na Amazônia definida como “desenvolvimentismo”, conforme aspectos apresentados no Quadro 1.

<sup>55</sup> Marques (2013) explica que embora considerada inovadora enquanto instituição voltada para o planejamento regional, a SPVEA não pôde equacionar a contradição entre se situar como uma política nacional, representada na determinação da aplicação de seus recursos e nos interesses de segurança nacional, e uma instituição política regional, caracterizada em seus planos de beneficiamento de matérias-primas regionais, que se propunha a industrializar a Amazônia a partir da substituição regional de importações.

<sup>56</sup> Em 27 de outubro de 1966, a SPVEA foi extinta e substituída pela SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Lei nº 5.176/66).

Desta forma, Vainer e Araújo (1992, p. 26) afirmam que, a partir deste momento, as regiões passam a ser compreendidas como “potenciais microlocalizados” a serem exploradas no contexto de um programa estratégico de âmbito nacional. Este novo formato identifica o território como um “somatório de recursos mais ou menos acessíveis”, com a ação estatal orientada para a viabilização da sua apropriação setorial (Ibid., p. 28-29).

Neste contexto, os autores identificam nos chamados *Grandes Projetos de Investimento* (GPI) o formato típico da materialização desta lógica que acompanha o novo padrão de planejamento. Tal formato é caracterizado por “projetos que mobilizam em grande intensidade elementos como capital, força de trabalho, recursos naturais, energia e território” (VAINER; ARAÚJO, 1992, p. 29). O GPI, como núcleo do polo de desenvolvimento induzido, não é mais parte de um plano de desenvolvimento regional, ao contrário, ele é o elemento gerador de novas regiões. Nas palavras dos autores, “não é a região que acolhe o polo, mas o polo que define a região” (ibid, p.30).

Tal processo ganha materialidade por meio de programas e projetos de indução de polos regionais de desenvolvimento e colonização. São exemplos o Programa de Integração Nacional (PIN), de 1970<sup>57</sup>; o Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulos à Agroindústria do Norte e do Nordeste (Proterra), de 1971<sup>58</sup>, e o Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (POLAMAZÔNIA), criado em 1974<sup>59</sup>, programas que “se tornaram a base de execução dos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND)<sup>60</sup>” (LEMOS, 2007).

Ablas (2003), contudo, destaca que, a despeito da referência ao conceito de polarização, decorrente de Perroux, o modelo que caracterizava a viabilização dos GPI tinha pouca aderência com a teoria original, visto que os polos criados no país produziram, dentre outras consequências, deseconomias de escala e uma série de graves problemas sociais e ambientais. Kohlhepp (2002, p. 40), na mesma linha, afirma:

---

<sup>57</sup> Instituído pelo Decreto-Lei nº 1.106, de 16 de junho de 1970.

<sup>58</sup> Instituído pelo Decreto-Lei nº 1.179, de 6 de julho de 1971.

<sup>59</sup> Instituído pelo Decreto nº 74.607, de 25 de setembro de 1974.

<sup>60</sup> Mais especificamente nos PND I e II (PND I: 1972-1974, instituído por meio da Lei nº 5.727, de 4 de novembro de 1971. PND II: 1975-1978, instituído por meio da Lei nº 6.151, de 4 de dezembro de 1974).

No Programa Polamazônia, o conceito de polos de crescimento foi mal interpretado e o resultado não foi a “concentração descentralizada” de desenvolvimento, mas sim o aumento das disparidades do desenvolvimento inter e intraregional. A periferia tornou-se mais dependente do centro, em nível nacional e internacional. Em vez de polos de crescimento com impulsos de desenvolvimento irradiantes, surgiam enclaves, mantidos artificialmente.

Tanto o planejamento quanto a gestão destas novas regiões definidas pelos grandes projetos são transferidos – em muitos casos informalmente e de maneira não explícita – à esfera dos órgãos responsáveis pela promoção do investimento. Ainda neste sentido, os autores afirmam que tal dinâmica conduziu também a enclaves do ponto de vista político, com a submissão da região a estruturas exógenas de decisão, esvaziando completamente a esfera e a capacidade de decisão das estruturas regionais e locais.

Conforme Vainer e Araújo (1992, p. 38):

Ao ser atravessada pela intervenção externa, a estrutura política local/regional (e aí está incluída a administração) é desarticulada pelo poder mais alto que se alevanta. Ao invés de descentralização, o que ocorre é a captura de determinado espaço por lógicas e estruturas de poder e de decisão que lhes são estranhas, conformando, em alguns casos, verdadeiros territórios sob a jurisdição do empreendimento.

Neste sentido, os autores afirmam que tais enclaves são instrumentos ativos do (re)ordenamento territorial, visto que atuam no sentido de alterar e mesmo “romper as tramas e cadeias que conformam antigas regionalizações, substituindo-as por outras, constituídas agora a partir dos projetos” (Ibid., p. 35).

Paralelamente, e tratando especificamente da viabilidade de grandes projetos hidrelétricos na Amazônia, que segundo Vainer e Araújo (1992, p. 51) constituem um caso típico de GPI, é importante destacar as contribuições do ENERAM - Comitê Coordenador dos Estudos Energéticos da Amazônia<sup>61</sup>, sob coordenação da Eletrobrás<sup>62</sup>, em revelar o “potencial hidrelétrico e das condições de realização dos empreendimentos” na Amazônia (LEMOS, 2007). Estudos realizados pelo comitê<sup>63</sup>, cujas conclusões foram apresentadas já em 1972, evidenciaram o impressionante

---

<sup>61</sup> Criado pelo Decreto nº 63.952, de 31/12/1968.

<sup>62</sup> Constituída como empresa pública em 25 de abril de 1961, por meio da Lei 3.890-A.

<sup>63</sup> Os estudos contemplaram os polos de desenvolvimento de Belém, Macapá, Santarém, Monte Alegre, Manaus, Tefé, Boa Vista, Porto Velho e Rio Branco (LEMOS, 2007).

potencial hidrelétrico da região e pavimentaram a “ponte entre a política energética e os planos governamentais de desenvolvimento”, tornando a energia elétrica “elemento-chave da estratégia nacional de desenvolvimento” (Ibid., p. 297). No mesmo ano – 1972 – foi criada a Eletronorte<sup>64</sup>, como empresa regional subsidiária da Eletrobrás, que deu continuidade à realização dos estudos hidroenergéticos, bem como o planejamento e execução dos grandes empreendimentos hidrelétricos (Ibid., p. 256).

Soma-se a este modelo a crise do petróleo de 1974, intensificada com o segundo choque de 1979, que forçou a ressignificação da política energética, cujas diretrizes, estabelecidas objetivamente no II PND, dentre outros, já consideravam explicitamente o “emprego intensivo da energia de origem da hidroelétrica (...) aproveitando a vantagem do baixo custo e do nosso imenso potencial de energia hidráulica” (BRASIL, 1974, p. 84). Tal diretriz lançou bases para o redirecionamento do papel da Amazônia, principalmente por meio de grandes projetos minero-metalúrgicos e hidrelétricos<sup>65</sup>, com vistas a contribuir para a redução da dependência dos combustíveis fósseis, apoiar a viabilização de indústrias eletrointensivas, bem como alimentar o sistema elétrico do Nordeste e do Centro-Sul (LEMOS, 2007).

Ainda, é importante destacar neste momento o surgimento do modelo de planejamento setorial sistêmico, sob a coordenação da Eletrobrás a partir da década de 1970, que passou a incorporar horizontes temporais de curto, médio e longo prazos. Dentre as diversas peças de planejamento<sup>66</sup>, destaca-se o Plano de Expansão de Longo Prazo do Setor Elétrico - Plano 90, que estabeleceu um programa de investimentos na expansão da geração de energia elétrica até 1979. O cerne do Plano 90 já considerava, além do aumento da capacidade instalada e expansão da oferta de energia elétrica, uma mudança na escala técnica e produtiva, com grande peso para mega empreendimentos com capacidade acima de 1.000 MW, tornando-se o novo padrão produtivo e a base da

---

<sup>64</sup> Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A, criada por meio da Lei nº 5.824, de 14 de novembro de 1972.

<sup>65</sup> A associação entre empreendimentos minero-metalúrgicos e hidrelétricos, embora emblemática deste novo modelo – e bem representada na relação entre a construção da usina hidrelétrica de Tucuruí e a exploração de alumina e alumínio em Barcarena, no Pará, já havia sido experimentada desde a construção da usina hidrelétrica de Coaracy Nunes – primeira hidrelétrica de grande porte da Amazônia, cujas obras foram iniciadas em 1960, interrompidas diversas vezes e apenas concluídas em 1975 - associada à exploração de manganês na Serra do Navio, no Amapá (LEMOS, 2007; LEITÃO, 2009).

<sup>66</sup> Lemos (2007, p. 250) afirma que, entre as décadas de 1970 e 1999, foram elaborados seis planos setoriais de longo prazo, sendo o Plano 90 o pioneiro (elaborado entre 1973-74), seguidos pelo Plano 95 (elaborado entre 1978-79), Plano 2000 (elaborado entre 1981-82), Plano 20 (elaborado entre 1986-87), Plano 2015 (elaborado em 1991-93), Plano 2020 (elaborado no âmbito do Programa Avança Brasil, entre 1996-1999). No início da década de 2000 surge o Plano 2030 (elaborado em 2005-2006).

expansão do setor, com implicações não somente em relação “ao aumento quantitativo da produção, mas também à redefinição de seus pressupostos espaciais”, (Ibid., p. 251).

Nas palavras do autor (LEMOS, 2007, p. 251 e 252):

Aumentaram os espaços não apenas para a instalação de canteiros de obras, construção das barragens e respectivos reservatórios, mas também sistemas de transmissão, subestações e vilas residenciais, tudo sob o domínio exclusivo do setor. Esta mudança também implicou a mobilização de recursos tecnológicos como máquinas, equipamentos e soluções técnicas específicas para cada caso. Os contratos com empreiteiras e construtoras se tornaram os maiores da história, envolvendo cifras astronômicas, e as obras passaram a ter um longo prazo de maturação.

(...)

A estratégia de construção de mega-empreendimentos hidrelétricos deu ao setor elétrico amplo acesso aos espaços regionais. Com grande autonomia financeira e respaldo político, o setor desenvolveu uma enorme capacidade de intervenção no território e nas dinâmicas socioambientais em todo o país.

O contexto da produção de eletrointensivos na esteira da produção hidroelétrica retoma a promessa da promoção de “um tipo de desenvolvimento regional” (Ibid, p. 269), visto que a viabilização destes complexos industriais estaria associada à geração de empregos durante a etapa de instalação dos mega-projetos, seguidos pela geração de receita, aumento do PIB regional e participação na pauta nacional de exportações em sua fase operacional (ibid), lançando as bases de um discurso internalizado pelo setor até os dias atuais. Lemos (2007), sobre o enquadramento deste “tipo de desenvolvimento” discorre:

É interessante observar que o fracasso das políticas federais de desenvolvimento regional, implementadas para promover o crescimento econômico e, conseqüentemente, aumentar a participação regional no consumo energético, se tornou justificativa para a atração de atividades eletrointensivas. O desenvolvimento regional, através do incremento da indústria e comércio local (pela substituição de importações) e integração à economia nacional via indústria complementar, deixou de ser uma possibilidade e deu lugar a uma reconfiguração da região, projetando-a como fornecedora de energia para um processo produtivo articulado a partir de uma associação entre o capital nacional e o capital internacional.

Tal concepção, aliada ao fortalecimento do ideário da região como “província energética” do país (PINTO, 2005) ganha materialidade já a partir de 1975, com o início das obras de Tucuruí e a contratação dos projetos para as hidrelétricas de Couto

Magalhães, Balbina e Samuel<sup>67</sup>. A Eletronorte, a partir deste momento, passa a concentrar gradativamente mais e mais poder sobre a base técnica e material dos sistemas elétricos mais significativos da região amazônica (LEMOS, 2007)

Adentrando nos anos 1980, e considerando a dualidade apresentada por um lado pelo sucesso no provimento de energia para os complexos minero-metalúrgicos, principalmente em Tucuruí, e por outro, pelos colossais problemas socioambientais causados pelos empreendimentos na região, com destaque ao absoluto desastre decorrente de Balbina, sem prejuízos de outros empreendimentos (FEARNSIDE, 1989, 2001, 2004, 2016), é possível notar a incorporação, paulatina, de um discurso ambiental oficial, por meio de conceitos como viabilidade socioambiental, usos múltiplos e inserção regional nas peças de planejamento setorial (LEMOS, 1999, 2007).

Este período – meados dos anos 80 e 90 – é bastante significativo no contexto do enquadramento do setor elétrico no Brasil. Permeado pelo fim do ciclo militar e início do processo de redemocratização e da reforma do Estado, inicia-se uma redefinição de rumos da política econômica, com a adoção da cartilha liberal. O Programa Nacional de Desestatização (Lei n. 8.031/90), um dos pilares do novo consenso macroeconômico, foi responsável pelo endereçamento de processos de privatização de estatais consideradas até então estratégicas para o modelo desenvolvimentista (MOTTA, 2006; LEITÃO, 2009). Este período também é caracterizado, conforme Moretto *et al.* (2012), por um baixo nível de exploração do potencial hidrelétrico no Brasil como um todo.

Em junho de 1992, por meio do Decreto nº 572, incorpora-se os primeiros serviços públicos de energia ao Programa Nacional de Desestatização, com a inclusão de empresas do grupo Eletrobrás (MOTTA, 2006). Ainda, a Lei de Concessões Públicas, (Lei 8.987/1995), seguida pela criação da ANEEL (Lei 9.427/96) definem o início de um novo modelo institucional, marcado pela abertura ao capital privado dentro do setor, muito embora largamente fomentado por recursos públicos, por meio do BNDES<sup>68</sup> (Ibid.).

Dentro neste contexto, soma-se ainda a proposta de reforma do setor elétrico brasileiro (RESEB), que ampliou a insegurança para os investimentos. Goldenberg e Prado

---

<sup>67</sup> Discussões a respeito dos impactos destes empreendimentos podem ser amplamente encontrados em Fearnside (1989, 1999, 2001, 2004, 2005).

<sup>68</sup> Motta (2006) uso o termo “financiamento da privatização” referindo-se à nova função do Estado dentro do novo modelo institucional.

(2003), neste sentido, comentam que o modelo proposto não possibilitou um “ambiente regulatório adequado e nem em um mercado livre confiável de energia”. O fracasso do modelo, aliado à crescente crise financeira do Estado brasileiro<sup>69</sup>, culminou no colapso do setor elétrico, simbolizado concretamente com o apagão de 2001<sup>70</sup>.

Dentro desde mesmo espectro temporal, verifica-se, em paralelo, a gênese e implementação de uma série de avanços significativos no campo socioambiental, com forte destaque em políticas para a região da Amazônia. Neste contexto podem ser elencadas questões como a valorização e inclusão de populações tradicionais, a criação do SNUC<sup>71</sup>, implementação do instrumento do zoneamento ecológico-econômico, ampliação dos assentamentos rurais, aliada a concessão de créditos para a agricultura familiar, entre outras (TOLEDO et al., 2017). A este conjunto de componentes, cujo horizonte temporal abarca o período de 1990 a 2009, que Araújo e Léna (2010) e Toledo *et al.* (2017) denominam como fase do “socioambientalismo”, em contraposição ao “desenvolvimentismo” que o precedia. Importante destacar, nesse sentido, que, conforme os autores, estas “fases” do desenvolvimento “não devem ser vistas como simplesmente sucessivas, mas sim como parcialmente sobrepostas, interagindo e sendo ‘recicladas’ de forma distinta em contextos e regiões diferentes da Amazônia” (ARAÚJO; LÉNA, 2010, p. 16). Essa ressalva de fato é bastante importante, visto que, sob o ponto de vista macroeconômico e setorial, definitivamente não é possível falar em transição para um novo paradigma de desenvolvimento.

O colapso do setor energético e, em especial, os sucessivos blecautes ocorridos no país se transformam em elementos de debate político e justificativa para sustentar novas mudanças estruturais, tanto em relação ao papel do Estado como indutor dos processos de desenvolvimento, quanto, mais especificamente, e conseqüentemente, na revisão de sua função no planejamento energético nacional, principalmente por meio do fortalecimento do poder concedente e formulador do Ministério das Minas e Energia – MME (MOTTA, 2006).

---

<sup>69</sup> Sobre esta crise em especial, na transição entre o primeiro e o segundo mandatos do presidente Fernando Henrique Cardoso, Motta (2006, p. 109) indica que ela pode ser explicada pela estagnação econômica, somada à crise cambial – em 1999 - e pelo fim da estabilidade monetária,

<sup>70</sup> Embora o argumento oficial do governo atribuisse as causas do apagão a questões ambientais, em especial à falta de chuvas e à ocorrência de descargas atmosféricas atingindo estações de geração e distribuição, Bresser-Pereira (2001) afirma que “não há dúvidas de que a política de privatizar a produção de energia elétrica no país é a responsável mais geral pelo problema”.

<sup>71</sup> SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação, instituído pela lei 9.985/2000.

Este novo momento<sup>72</sup>, caracterizado por Borges (2018, p. 23) pela alcunha do *novo desenvolvimentismo*, tem no PAC, o Programa de Aceleração do Crescimento – plano estratégico central para o “resgate do planejamento e de retomada dos investimentos em setores estruturantes do país” (PLANEJAMENTO, 2019) – seu principal instrumento orientador. Especificamente para o tema de interesse desta tese, o PAC, somadas suas duas edições, previu até 2015, a construção de pelo menos 20 hidrelétricas na região Amazônica (BORGES, 2018, p. 139). Dentre as hidrelétricas de fato implementadas dentro do contexto do PAC na Amazônia estão Jirau (RO), Santo Antônio (RO), Belo Monte (PA), Teles Pires (MT e PA), São Manoel (MT e PA), Sinop (MT), Colíder (MT), todas marcadas pela controvérsia entre os paradigmas de desenvolvimento econômico adotados e o avanço de políticas ambientais para a região.

Toledo *et al.* (2017), neste sentido, explicam que, principalmente a partir de 2010, e seguindo até 2018, a rápida expansão do agronegócio, apoiada na incorporação do discurso da sustentabilidade por grandes corporações do setor do agronegócio e da mineração, visando legitimar seus objetivos de apropriação e comoditização da natureza, bem como a implementação de programas governamentais de infraestrutura, em especial no planejamento e viabilização de uma rede de empreendimentos hidrelétricos, abrem esta nova fase na história econômica e ambiental da Amazônia<sup>73</sup>.

Este modelo, segundo os autores, atua no sentido de dar um revestimento “verde” ao modelo de desenvolvimento em curso<sup>74</sup>, seguindo o padrão de “sobre exploração de recursos naturais, concentração de terras, utilização de tecnologias não sustentáveis e exclusão de populações tradicionais” (Ibid, p. 82). A este período mais recente, os autores compreendem que, para a Amazônia, já seria possível caracterizar um *pós-ambientalismo*. O Quadro 4 descreve as características das etapas do desenvolvimento na Amazônia, conforme Araújo e Lena (2010) e Toledo *et al.* (2017).

---

<sup>72</sup> Marcado pela chegada ao poder de Luiz Inácio Lula da Silva, a partir de 2003. O PAC, entretanto, só substituiu o programa Brasil de Todos a partir de 2007.

<sup>73</sup> Sternberg (2012, p. 43), em um artigo originalmente escrito na segunda metade da década de 1980 (p. 12), já falava de um novo ciclo de desenvolvimento e de ameaças aos ecossistemas na Amazônia, relacionado à produção de energia e à hidroeletricidade.

<sup>74</sup> *Business-as-usual*.

Quadro 4 - Fases do desenvolvimento da Amazônia.  
 Fonte: Adaptado de Araújo e Léna (2010) e Toledo *et al.* (2017).

Fase do desenvolvimento	Aspectos				
	Economia	Formas de Participação	Papel do Estado	Recursos Naturais	Políticas Públicas associadas
<b>Desenvolvimentismo</b> (1953-1989)	Investimentos estatais em infraestrutura e subsídios para grandes empreendimentos do setor privado.	Populações regionais e tradicionais excluídas de políticas públicas	Estado Autoritário	Destruição massiva do capital natural e substituição de ecossistemas naturais por cultivos exógenos	SPVEA, Incentivos federais para a expansão da fronteira e desenvolvimento econômico;
<b>Socioambientalismo</b> (1990-2009) <sup>75</sup>	Diversificação de fontes de investimento e descentralização de projetos e políticas	Modelo participativo (e.g. associativismo)	Estado regulador (redes, articulação, participação do setor privado)	Valorização da biodiversidade e tentativas de criação de agroecossistemas sustentáveis	SNUC, PPCDA <sup>76</sup> , PRONAF <sup>77</sup>
<b>Pós-ambientalismo</b> (2010 – 2018 <sup>78</sup> )	Mercado fundiário, agronegócio, financiamento da iniciativa privada (BNDES etc.)	Modelo de gestão empresarial, licitações florestais, cláusulas ambientais	Aliança Estado-Mercado para a proteção ambiental	Estimação de valores monetários para serviços ambientais dos ecossistemas, preocupação com mudanças climáticas, REDD	PAC, REDD <sup>79</sup> , Concessões florestais pelo SFB <sup>80</sup> , Novo Código Florestal, PNMC <sup>81</sup>

<sup>75</sup> O quadro original trazia, dentro as políticas públicas associadas ao período denominado de “Socioambientalismo”, a menção ao INCRA. Tal ponto foi retirado do quadro em razão da falta de detalhamento, uma vez que a mera existência da instituição não pode ser considerada como uma política pública em si. Ainda, o INCRA foi efetivamente criado em 9 de julho de 1970, pelo decreto 1.110, ou seja, dentro do período anterior. Dada a ausência de mais informações que permitissem caracterizar alguma política pública em específico decorrente do INCRA como vinculada ao período, optou-se pela sua supressão.

<sup>76</sup> PPCDA - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal.

<sup>77</sup> PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.

<sup>78</sup> O quadro original apresentava o período denominado “Pós-Ambientalismo” como aquele ocorrido de “2010 até os dias presentes”, considerando que o referido artigo foi publicado em 2017. Entretanto, após a conclusão do governo Michel Temer e início da gestão de Jair Bolsonaro, a agenda ambiental brasileira, e em específico as políticas para a Amazônia passam por um importante momento de ruptura e retrocessos, inaugurando um novo período para a região, ainda com características não completamente delimitadas e consequências incertas.

<sup>79</sup> REDD - *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*, ou Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal.

<sup>80</sup> SFB – Serviço Florestal Brasileiro.

<sup>81</sup> PNMC – Política Nacional de Mudanças Climáticas.

De toda forma, independente da possibilidade ou não de enquadramento em uma categoria, pode-se afirmar com segurança que não foi superado o paradigma definido por Lemos (2007, p. 300) para a região amazônica, em relação à questão energética:

(...) a concepção da Amazônia como ‘jazida energética’, ‘área de monocultura da água’, ‘hidronegócio’, ‘província energética’ e região “vocacionada para a exportação de energia” – não apenas pelo Setor Elétrico, mas também por setores da burocracia estatal e da sociedade – aponta a construção social de seus recursos naturais exclusivamente como recursos energéticos. Também configura o lugar da região como subordinada na divisão regional de trabalho no sistema elétrico nacional.

Na esteira desse debate sobre as diversas matrizes de pensamento sobre o papel da Amazônia na escala nacional e intra-regional, surgem propostas como a Amazônia 4.0, ou terceira via (NOBRE; NOBRE, 2019), que pretendem a superação da tentativa de conciliação entre o desenvolvimento baseado na exploração intensiva de recursos<sup>82</sup> e a conservação<sup>83</sup>, por meio de um novo modelo econômico, baseado em conhecimento – tradicional e científico – principalmente a partir da exploração do valor econômico dos ativos biológicos e biomiméticos<sup>84</sup>. Tal vislumbre, entretanto, ainda não rompeu as barreiras da proposição científica.

Os cenários mais prováveis que se desenham em 2020, ano da redação final desta tese, não demonstram nenhuma aderência em relação a um caminho inovador. Muito pelo contrário, parecem caminhar para o resgate do paradigma da exploração mais predatória e despreocupada com questões como os direitos dos povos locais e o amplo espectro de serviços ecossistêmicos providos pela região, cujos benefícios (inclusive econômicos) podem ser percebidos em diversas escalas, passando do regional ao global.

---

<sup>82</sup> Chamado pelos autores de “Segunda Via” (NOBRE; NOBRE, 2019).

<sup>83</sup> Definido pelos autores como “Primeira Via” (NOBRE; NOBRE, 2019).

<sup>84</sup> Becker (2012, p. 784), entretanto, já alertava que o “discurso da ‘economia verde’ merece atenção porque enfatizando os cuidados e inovações quanto ao meio ambiente, pode, ao contrário, resultar apenas na ampliação do processo de mercantilização da natureza”. Como a iniciativa da teceria via ainda está em plena gestação, não é possível caracterizá-la plenamente em relação à abrangência e profundidade do processo de incorporação de ativos ambientais em cadeias produtivas e em seu papel no desenvolvimento econômico da Amazônia como um todo.

### 3.2. Marcos e trajetórias regionais de mudança no uso e cobertura da terra nas áreas de estudo

Os caminhos trilhados pelas políticas, planos e projetos de desenvolvimento para a Amazônia, obviamente, tiveram desdobramentos espaciais. Sem a intenção de entrar em detalhes acerca do histórico desta relação, este tópico tem por objetivo apresentar, ainda que de forma breve, alguns elementos importantes para a compreensão das trajetórias e da configuração atual dos sítios de interesse – as regiões de Porto Velho / RO<sup>85</sup> e Altamira / PA, ao menos nos períodos mais recentes.

Neste sentido, parece importante, antes de adentrar aos casos em específico, tratar sobre o papel das chamadas frentes pioneiras dentro deste contexto. Thalês e Pocard-Chapuis (2014), destacam a relação entre as frentes pioneiras<sup>86</sup>, expansão da fronteira<sup>87</sup> e processos de desmatamento, principalmente na perspectiva da conformação das variações espaciais notadas para a Amazônia. Théry e Mello (2005, p. 287), neste sentido, reforçam o papel e a força das frentes pioneiras, como um “sistema complexo, com aspectos positivos e outros nem tanto, que pode ser analisado em termos econômicos, demográficos, sociais e ambientais”.

Frentes pioneiras, desta forma, poderiam ser conceituadas como “espaços de transição, entre um território em expansão e outro em retração espacial”, onde ocorrem “processos dinâmicos e geralmente conflitantes (...) associados a um conjunto de fatores, sejam eles econômicos, políticos, ambientais” (THALÊS; POCCARD-CHAPUIS, 2014). Becker (1990, p. 11), neste sentido, já alertava para o conceito de fronteira como “um espaço

---

<sup>85</sup> A região de Porto Velho de interesse da presente análise abarca, além do município de Porto Velho, seus vizinhos imediatos, inclusive os municípios da margem norte do Madeira, dentro do Estado do Amazonas.

<sup>86</sup> Azambuja (2010) trata os termos ‘frentes pioneiras’ e ‘fronteiras’ como sinônimos. Embora muito próximos, o entendimento da presente tese é os termos são complementares. Neste sentido, as frentes pioneiras, seguindo a definição de Thalês e Chapuis (2014), enquanto espaços de transição, estão ligadas aos processos demográficos, socioeconômicos e político-institucionais de base. A fronteira, complementarmente, seria a expressão do limite externo do movimento das frentes, ou seja, estariam mais relacionadas à resultante do fenômeno, considerando a sua dimensão espacial.

<sup>87</sup> Nogueira (2013) apresenta o histórico do termo, remetendo à tese da fronteira. Schielein e Börner (2018) mencionam explicitamente o campo das teorias da fronteira, como enquadramentos conceituais para descrever as dinâmicas do sistema terrestre em florestas tropicais. Mais especificamente para a região Amazônica, Browder *et al.* (2008), neste mesmo sentido, revisitam o campo teórico e o decompõe a partir de três ramos principais: i) a perspectiva econômica neoclássica; ii) as interpretações estruturalistas e; iii) o enquadramento do ciclo de vida demográfico das famílias. Os autores concluem que nenhuma das três correntes, isoladamente, previu, de maneira acurada, os padrões de desenvolvimento das fronteiras – a partir de Rondônia - nos últimos 10 anos.

social e político, ainda não plenamente estruturado e, potencialmente gerador de novas realidades”.

Frentes pioneiras frequentemente são orientadas por ciclos econômicos específicos, agrícolas, extrativistas, ou de colonização. Ainda, a heterogeneidade verificada nos padrões de desmatamento para a Amazônia seguem processos complexos e diferentes, próprios da relação de cada frente com as especificadas de cada localidade (BECKER, 1990; THALÊS; POCCARD-CHAPUIS, 2014; LE TOURNEAU, 2016). Alves (2002) afirma que, embora o processo de desmatamento na Amazônia tenda à concentração espacial, sua orientação é marcada principalmente por rodovias e áreas pioneiras, ou zonas de desenvolvimento.

Mesmo descendo para a análise dos processos e dinâmicas de uso e cobertura da terra para os casos de interesse, é possível encontrar paralelismos na evolução histórica das fronteiras, tanto para a região de Porto Velho / RO, quanto para a de Altamira / PA, frutos de fortes iniciativas centralizadoras do Estado brasileiro. Para ambos os casos, há um marcado movimento de indução do Estado como um “agente territorial público” (SILVA, 2010, p. 16), atuando na produção e expansão do território. Este período, tipicamente definido pelo início da década de 1970, é emblemático dentro do contexto do desenvolvimento das políticas estatais de integração nacional.

Para o Estado de Rondônia, tal movimento, que segue até meados de 1995 (SILVA, 2010), é fortemente marcado pelo início da abertura da BR-364 – Rodovia Cuiabá - Porto Velho, no começo dos anos 1970 (ESCADA, 2003) e, na mesma década, o lançamento do Proterra e do POLAMAZÔNIA, em 1971 e 1974 respectivamente, seguidos dos projetos do POLONOROESTE – Programa de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Brasileiro, lançado em 1981 e, posteriormente, em 1992, do PLANAFLORO (BROWDER et al., 2008), além da própria construção da usina hidrelétrica de Samuel, iniciada em 1982 e com início de operação em julho de 1989 (LEMOS, 2007).

Todas estas iniciativas possuem importantes desdobramentos, tais como a geração de um fluxo migratório e uma taxa de crescimento populacional sem precedentes, partindo de cerca de 70 mil habitantes na década de 1960 para cerca de 500mil na década de 1980. Entre 1970 e 1980, a densidade demográfica no Estado se eleva de 0,4 para 8,4 habitantes/km<sup>2</sup> (BECKER, 1990).

Outro marco importante são as iniciativas de colonização oficial pelo INCRA, no contexto do PROTERRA, com o primeiro Projeto Integrado de Colonização – PIC, criado ainda em 1970, no atual município de Ouro Preto d’Oeste, seguidos de outros, criando um importante fluxo migratório. Uma adicional iniciativa relevante para a região é a criação dos Projetos de Assentamentos Dirigidos – PAD que, diferente dos PIC, tinham como foco principal a demarcação e a titulação de parcelas ocupadas (ESCADA, 2003).

Browder *et al.* (2008), visando dar uma medida dos reflexos espaciais deste período, afirmam que o desmatamento saiu de cerca de 0,3% para 23,5% do território no intervalo dentre 1970 e 1994. Cardille e Folye (2003), no mesmo sentido, afirmam que apenas no período entre 1980 a 1995, a área de pastagens plantadas em Rondônia cresceu perto de 500%. As cidades antigas de Porto Velho e Guajará-Mirim, seguidas das chamadas cidades pioneiras, que surgem ao longo da BR-364, orientam boa parte das mudanças (SILVA, 2010).

A partir de 1995, segundo Silva (2010), as dinâmicas mudam e passam a estar associadas ao surgimentos de novos usos do território, orientados desta vez pelo capital privado, em específico nos setores produtivos de transformação primária e “formação de agroindústrias com volume de produção”. Do ponto de vista das mudanças no uso e cobertura da terra, Silva (2010) elenca, para Rondônia, uma série de processos e resultados dos dois períodos, conforme Quadro 5.

Quadro 5 – Periodização das dinâmicas territoriais em Rondônia.  
Fonte: adaptado de Silva (2010).

Períodos	Processos territoriais	Resultados Territoriais
1970 – 1995	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Migração inter-regional</li> <li>• Rede urbana embrionária (formação)</li> <li>• Interiorização do povoamento</li> <li>• Economia da extração mineral</li> <li>• Colonização agrícola</li> <li>• Desmatamento e extração madeireira</li> <li>• Agropecuária elementar</li> <li>• Crescimento da população rural</li> <li>• Fronteira agrícola inter-regional</li> <li>• Circulação intra-regional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rede urbana em formação, com centralidade econômica e política em Porto Velho (capital da federação)</li> <li>• Expansão da fronteira agrícola interna</li> <li>• Dinâmica econômica centrada na escala local e regional</li> <li>• Gestão do território com foco nas políticas territoriais do Estado</li> <li>• Política de colonização agrícola como motor de interiorização do povoamento</li> </ul>

1995 - 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crescimento da rede urbana</li> <li>• Crescimento da população urbana</li> <li>• Formação de novos municípios</li> <li>• Fortalecimento da agropecuária</li> <li>• Arranjo espacial da agroindústria e agropecuária</li> <li>• Fronteira agrícola intra-regional</li> <li>• Fragmentação da modernização do espaço rural</li> <li>• Migração intra-estadual</li> <li>• Regionalização agrícola</li> <li>• Circulação inter-regional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adensamento da rede urbana com processo de urbanização</li> <li>• Expansão geográfica da fronteira interna com declínio da população rural</li> <li>• Modernização agrícola com fragmentação do espaço rural</li> <li>• Homogeneização do espaço agrícola com a formação de economia de escala</li> <li>• Deslocamento da frente de expansão em espaços da preservação ambiental</li> </ul>
-------------	---	--

Já considerando aspectos relacionados à influência política de Jirau e Santo Antônio na região, é importante citar o levantamento realizado por Silva Júnior (2018) que identificou um total de 973.545 hectares de Unidades de Conservação Estaduais revogadas em Rondônia em 2010, visando viabilizar o licenciamento das obras das hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio. Ainda, foi verificada a redução dos limites da APA Rio Madeira em 2014, para evitar interferências com as obras de Santo Antônio.

Para o caso da região de Altamira / PA, o início da década de 1970 também é emblemático, marcado pelo início da abertura da rodovia Transamazônica (BR-230), no mesmo contexto das políticas estatais de integração nacional, bem como a criação do Programa Integrado de Colonização - PIC Altamira, de relevância regional. Moran (1991) e Umbuzeiro (2012), neste sentido, reforça o papel da rodovia e da instalação dos assentamentos – ou agrovilas, como elementos modificadores das dinâmicas e modos de viver na região.

Calvi (2019, p. 26), entretanto, alerta para dois ciclos que caracterizaram o PIC Altamira. Diferente do ocorrido em Rondônia, o primeiro momento, marcado pela chamada “colonização induzida”, pela presença do Estado e políticas de incentivo de suporte, é muito mais curto, sendo concluído já em 1974. Após esta data, e seguindo até a década de 1990, há uma mudança de rumos, com o redirecionamento de recursos públicos para setores capitalistas, e retirada de incentivos para a instalação de colonos, restando apenas a função da regularização fundiária ao INCRA.

Mesmo considerando esta importante diferença, o município de Altamira, que possuía cerca de 1.800 habitantes em 1950, passa para 15.345 em 1970 e depois para 46.509 em 1980, colocando a cidade em uma posição de “centralidade em relação aos novos núcleos urbanos ao longo da rodovia, como Uruará, Medicilândia, Anapú e Pacajá, mas

também em relação às localidades situadas no baixo curso do rio Xingu, como Porto de Moz e Senador José Porfírio” ( MIRANDA NETO; HERRERA, 2016, p. 10).

Tais incrementos demográficos e mesmo o aporte de recursos financeiros na economia local, entretanto, não se desdobraram em bases para o desenvolvimento local. Neste sentido, Moran (2016) relembra a insustentabilidade do *boom* decorrente oportunidades que vieram na esteira da rodovia, cujos benefícios não puderam ser mantidos por mais de uma década, seguidas de três décadas de atividades agropastoris estáveis. Neste sentido, Umbuzeiro (2012) compreende que o ciclo iniciado em 1970, na realidade, segue até a primeira década dos anos 2000, agora já na esteira dos debates acerca da viabilização de Belo Monte.

De toda forma, as alterações nas estruturas institucionais, demográficas e socioeconômicas disparadas pela abertura da BR-230 e seguidas até o presente, se desdobraram em evidentes e inegáveis impactos sobre o uso e cobertura da terra<sup>88</sup>. Neste sentido, Borges e Ferreira (2011), ao analisar dados de 2000 a 2008, e Santos e Lingnau (2017), avaliando os períodos entre 1997-2000 e 2001-2015, ambos partir de um transecto da BR-230 dentro do Estado do Pará, ainda percebem claramente a influência da rodovia, bem como da inserção e o papel de áreas protegidas.

A Figura 17 apresenta a relação entre as principais rodovias (Belém-Brasília, Transamazônica e Cuiabá-Porto Velho) abertas entre as décadas de 1960 e 1970 e os maiores projetos de colonização, conforme Moran (1991).

---

<sup>88</sup> Em linha a tese da cumulatividade dos impactos no sistema terrestre, conforme descrito no tópico 2.3.

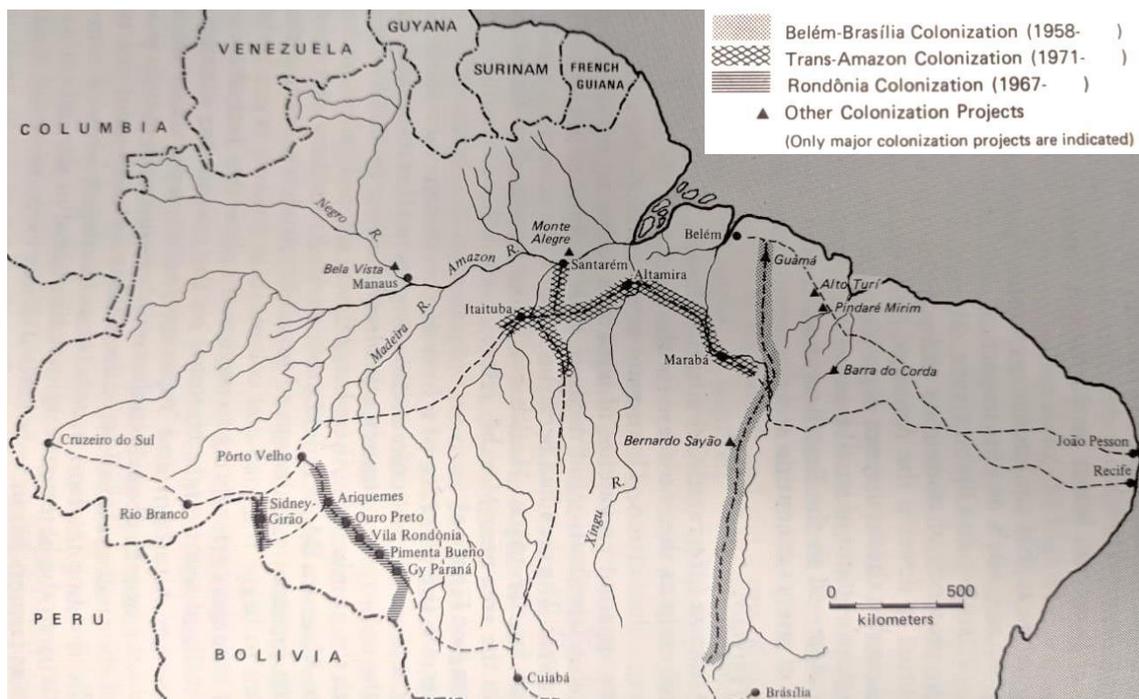


Figura 17 – Estradas e colonização na Amazônia. Fonte: Moran (1991)

Analisando o quadro mais amplo, e agora a partir do olhar do presente, parece importante avaliar o saldo destes processos. Neste sentido, os dados do projeto Prodes/INPE<sup>89</sup> indicam que, até junho de 2019, foi possível detectar o acumulado de perdas de floresta por corte raso em toda a região Amazônica de cerca de 802.570 km<sup>2</sup> (TUFFANI, 2019), ou seja, 19,22% da área ocupada por todo o bioma Amazônico<sup>90</sup>. Essa variação, obviamente, não é homogênea, e pode ser decomposta em escalas diversas. Para o acumulado – ou a extensão total do desmatamento – de 1988 até 2018, o Prodes apresenta os seguintes valores para os Estados atingidos pelo perímetro da Amazônia Legal conforme Tabela 5.

<sup>89</sup> O PRODES - Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite – desenvolvido e operado pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, utiliza imagens de satélites da classe Landsat, com resolução espacial de 20m a 30m, e possui capacidade de detectar exclusivamente desmatamentos do tipo corte raso superiores a 6,25ha, e são a fonte de informações oficiais do governo brasileiro sobre o monitoramento de áreas florestadas na Amazônia Legal Brasileira (SOUZA et al., 2019).

<sup>90</sup> A área total do bioma Amazônia é de 4.196.943 km<sup>2</sup>.

Tabela 5 – Extensão de desmatamentos para os Estados da Amazônia Legal.  
 Fonte: PRODES (INPE, 2018). Elaboração do autor

UF	Total desmatado até 2018	
	(% em relação à área total florestada)	(% em relação à área total do Estado)
Tocantins	75.20%	10.98%
Maranhão	72.05%	40.13%
Rondônia	43.63%	38.83%
Mato Grosso	40.79%	23.58%
Pará	23.61%	21.40%
Acre	13.63%	13.61%
Roraima	6.59%	4.75%
Amazonas	2.71%	2.54%
Amapá	2.70%	2.15%

Tais configurações, como previamente discutido, são resultados de uma equação bastante complexa, formadas por uma gama de *drivers*, atratores e repulsores, em diversas escalas e influências. Neste sentido, é importante contextualizar também alguns marcos relevantes nas políticas de combate ao desmatamento, de uma maneira transversal.

A Figura 18, assim, apresenta as taxas de variação do desmatamento para a Amazônia Legal, e para os Estados do Pará, de Rondônia e do Amazonas, além de quatro elementos importantes para a modulação das dinâmicas: i) o PPCDAm - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (MMA, 2016a), representando em suas três fases; ii) a chamada Moratória da Soja; iii) o Termo de Ajustamento de Conduta da pecuária, ou simplesmente TAC da Carne (RUDORFF et al., 2011; NEPSTAD et al., 2014) e; iv) o Cadastro Ambiental Rural – CAR (JUNG et al., 2017). É possível perceber como tais iniciativas percolam e ganham mais eficiência em algumas regiões em relação a outras.

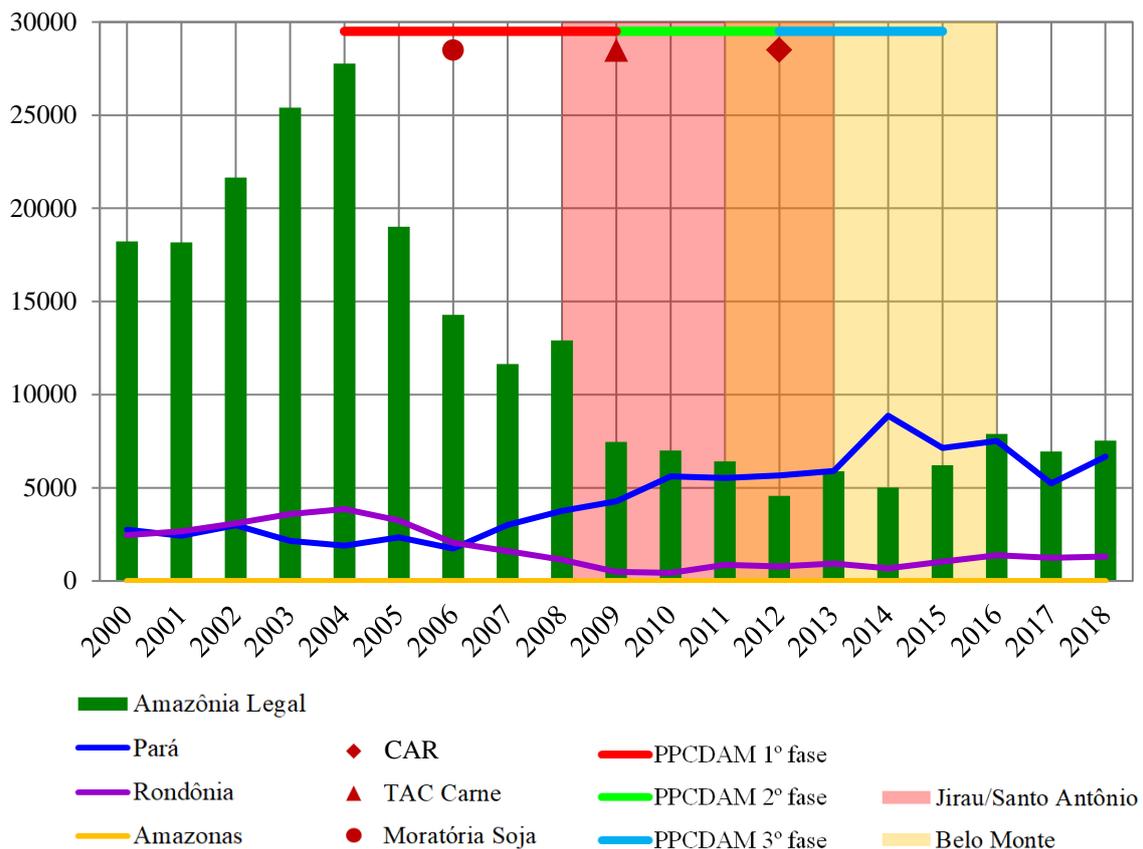


Figura 18 - Taxas de desmatamento para a Amazônia Legal e para os Estados de Rondônia e Pará. As áreas hachuradas indicam os períodos de instalação de Jirau, Santo Antônio e Belo Monte. Eixo vertical representa os valores das áreas desmatadas, em hectare. Eixo horizontal em anos da série, tomando como início 2000<sup>91</sup>. Fonte: INPE (2019). Elaboração do Autor.

Ainda neste contexto, autores como Rodrigues *et al.* (2009), Thalês e Pocard-Chapuis (2014), Schielein e Börner (2018) e Sathler, Adamo e Lima (2018) concordam que as regiões de fronteiras são regiões sempre transitórias e, desta forma, avançam na tentativa de classificá-las a partir de algumas tipologias, baseado em fatores determinantes, intensidade das dinâmicas e padrão espacial<sup>92</sup>. Há, desta forma, a compreensão que os movimentos, embora transitórios, persistem e seguem em intensidades diferentes, pautados por forças e pressões distintas. Tal entendimento encontra suporte nos dados mais recentes disponibilizados pelo Prodes, que identifica “zonas quentes” de avanço do desmatamento em 2019 (Figura 19). Destacam-se ainda

<sup>91</sup> A série histórica do PRODES tem início de 1988.

<sup>92</sup> Enquanto Rodrigues *et al.* (2009) parte da utilização de valores de gradação progressiva entre áreas com valores de desmatamento de menos de 5% até mais de 95% de sua área, com recorte por município, os demais trabalhos avançam em propor tipologias para fronteiras com características distintas. Thalês e Pocard-Chapuis (2014) adotam os conceitos de frentes pioneiras em expansão, em consolidação, em intensificação. Schielein e Börner (2018) falam em Pós-fronteira, fronteiras antigas e novas fronteiras. Sathler, Adamo e Lima (2018), por sua vez, utilizam os termos Fronteira nova, dinâmica, estagnada e consolidada.

os movimentos ao norte de Rondônia e, principalmente, uma intensificação significativa na região próxima aos municípios de Anapu, Senador José Porfírio e Pacajá, no Pará, nas proximidades das áreas de interesse desta pesquisa.

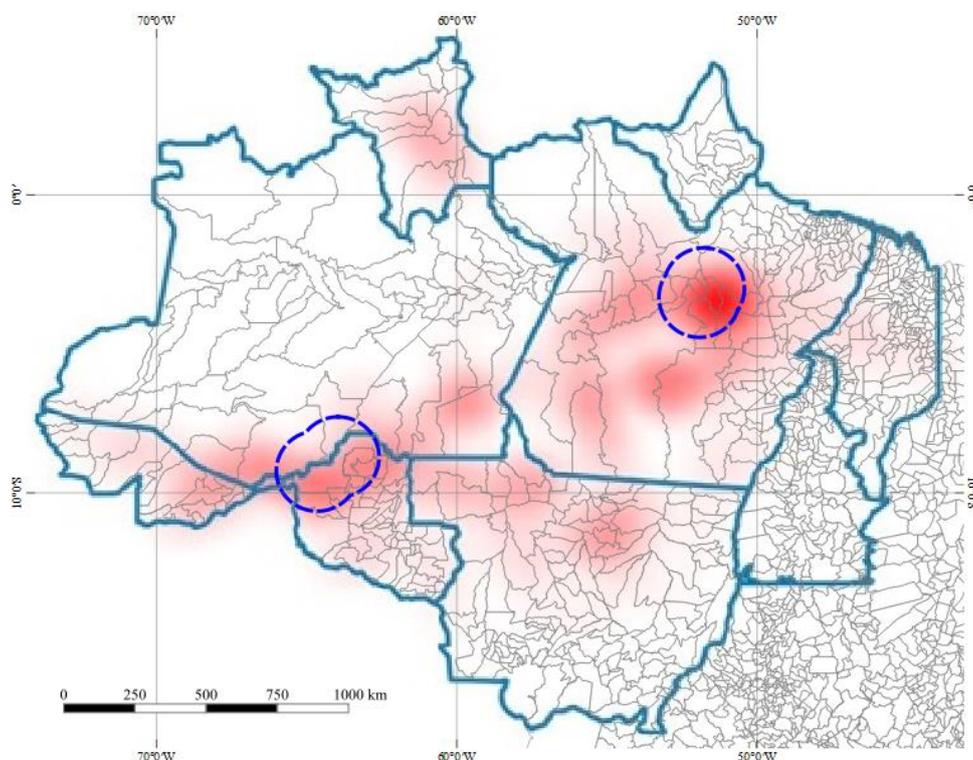


Figura 19 - Mapa de calor da ocorrência de desmatamentos a partir das cenas prioritárias utilizadas na estimativa do Prodes 2019. Sobreposição com as áreas de interesse. Fonte: INPE (2019). Elaboração do autor.

### 3.3. Usinas hidrelétricas

#### 3.3.1. Definição e justificativa para escolha das hidrelétricas

Considerando todo o universo de usinas hidrelétricas apresentados na Figura 2, foram definidos alguns critérios pra a seleção das hidrelétricas objeto das análises desenvolvidas nos próximos tópicos, de forma a garantir parâmetros de comparabilidade e, principalmente, que a análise tenha elementos para oferecer subsídios concretos para a discussão das relações entre tais classes de empreendimentos e as dinâmicas do uso e cobertura da terra em áreas próximas em seu entorno. Desta forma, foram elencados alguns critérios para a definição das hidrelétricas, conforme segue:

- Início da etapa de operação até 2016, de forma a realizar análises sobre as três etapas do ciclo de vida: planejamento, instalação e operação. Neste sentido, as hidrelétricas

atualmente em fase de planejamento e instalação, de acordo com dados do BIG/ANEEL<sup>93</sup>, foram descartadas da análise, restando um universo de 216 usinas hidrelétricas;

- O porte das hidrelétricas, considerando os dados da potência outorgada e da potência efetivamente fiscalizada pela ANEEL (ANEEL, sd.). Desta forma, foram elencadas as 10 maiores usinas em operação no Brasil.
- Usinas hidrelétricas dentro do bioma Amazônia. A opção do recorte pelo bioma e não pelos limites da chamada Amazônia Legal é justificada, primeiramente, pela similaridade das fitofisionomias e aspectos biofísicos. Ainda, outro ponto importante, decorrente do primeiro, foi a uniformidade de regras que concernem à dinâmica de uso e cobertura de terra, principalmente em relação ao Código Florestal (Lei nº 12.651/ 2012) e à incidência da Reserva Legal. Considerando a sobreposição com o primeiro e o segundo filtros, 5 hidrelétricas dentre as 10 maiores do país estão em operação dentro do bioma Amazônia;
- Preferências aos casos mais recentes e com alguma proximidade temporal entre os casos.

Na Tabela 6 é apresentada a síntese dos dados analisados. A hidrelétrica de Tucuruí foi desconsiderada em razão de sua distância temporal, bem como pela não disponibilidade de dados comparáveis sobre o uso e cobertura da terra anteriores à data de início de sua operação. A hidrelétrica de Teles Pires foi descartada em razão de seu porte, muito menor que as demais.

Por fim, considerou-se complementarmente as oportunidade de integração com grandes programas de pesquisa em desenvolvimento que consideram as referidas usinas hidrelétricas, tipicamente a partir dos projetos “Processos sociais e ambientais que acompanham a construção da hidroelétrica de Belo Monte, Altamira, PA”, sob coordenação de Emílio Moran e “*Amazon Dams Network: Advancing Integrative Research and Adaptive Management of Social-Ecological Systems transformed by hydroelectric dams*”, sob a coordenação de Bette Loiselle.

---

<sup>93</sup> Conforme consulta realizada em 28 de janeiro de 2019.

Tabela 6 - Usinas Hidrelétricas com maior potencial fiscalizada em operação no Brasil.  
 Fonte: BIG/ANEEL (acesso em 28/01/2019). Destacado em vermelho as hidrelétricas objeto das análises apresentadas nos próximos tópicos.

	Usina	Dentro do Bioma Amazônia?	Data de Início de Operação	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)
1º	Tucuruí (PA)	Sim	30/12/1984	8.535.000	8.535.000
2º	Belo Monte (PA)	Sim	20/04/2016	11.233.100	7.566.433,33
3º	Itaipu (Parte Brasileira) (PR)	Não	01/04/1989	7.000.000	7.000.000
4º	Jirau (RO)	Sim	06/09/2013	3.750.000	3.750.000
5º	Santo Antônio (RO)	Sim	30/03/2012	3.568.000	3.568.000
6º	Ilha Solteira (SP-MS)	Não	18/07/1973	3.444.000	3.444.000
7º	Xingó (AL)	Não	16/12/1994	3.162.000	3.162.000
8º	Paulo Afonso IV (AL-BA)	Não	01/12/1979	2.462.400	2.462.400
9º	Itumbiara (GO)	Não	24/04/1980	2.082.000	2.082.000
10º	Teles Pires (PA-MT)	Sim	07/11/2015	1.819.800	1.819.800

### 3.3.2. Breve histórico dos empreendimentos selecionados

Longe da pretensão de realizar uma ampla pesquisa e discussão sobre os diversos momentos e etapas do processo de incorporação dos empreendimentos na agenda pública ou mesmo sobre as etapas do processo e licenciamento ambiental, o objetivo deste breve resgate é disponibilizar elementos temporais que permitam realizar conexões entre os diversos momentos dos empreendimentos e as respostas espaciais diagnosticadas o capítulo 4 desta tese.

Iniciando pelos casos de Jirau e Santo Antônio, é possível encontrar menções a empreendimentos hidrelétricos de pequeno e grande porte na região do Rio Madeira, ou entre os Estados do Amazonas e Rondônia desde as ações vinculadas ao POLONOROESTE. Ainda, durante a década de 1980, estas intenções começaram a ganhar mais forma, e avançou-se no planejamento das hidrelétricas de Ji-Paraná (previsão de geração de 518MW), Tabajara (previsão de 350MW), 12 de Outubro (12 MW) e Samuel (216MW) (BARAÚNA, 2014). Esta última foi a única dentre estas de fato viabilizada.

Entretanto, é apenas dentro do período democrático que as intenções acerca dos empreendimentos na calha do rio Madeira começam a ganhar corpo efetivamente. Um

marco importante neste contexto é a IIRSA - Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional Sulamericana, constituída em setembro de 2000 a partir da 1º Reunião de Chefes de Estado da América do Sul, que visava a aceleração dos processos de integração política, econômica e social do continente e, de acordo com Baraúna (2014, p. 259), passa a ser “uma espécie de agenda para guiar a elaboração de políticas governamentais em cada país”. O chamado “Complexo do Rio Madeira” é incorporado no EID - Eixo de Integração e Desenvolvimento - Peru-Brasil-Bolívia do IIRSA<sup>94</sup>, conforme ilustrado na Figura 20.

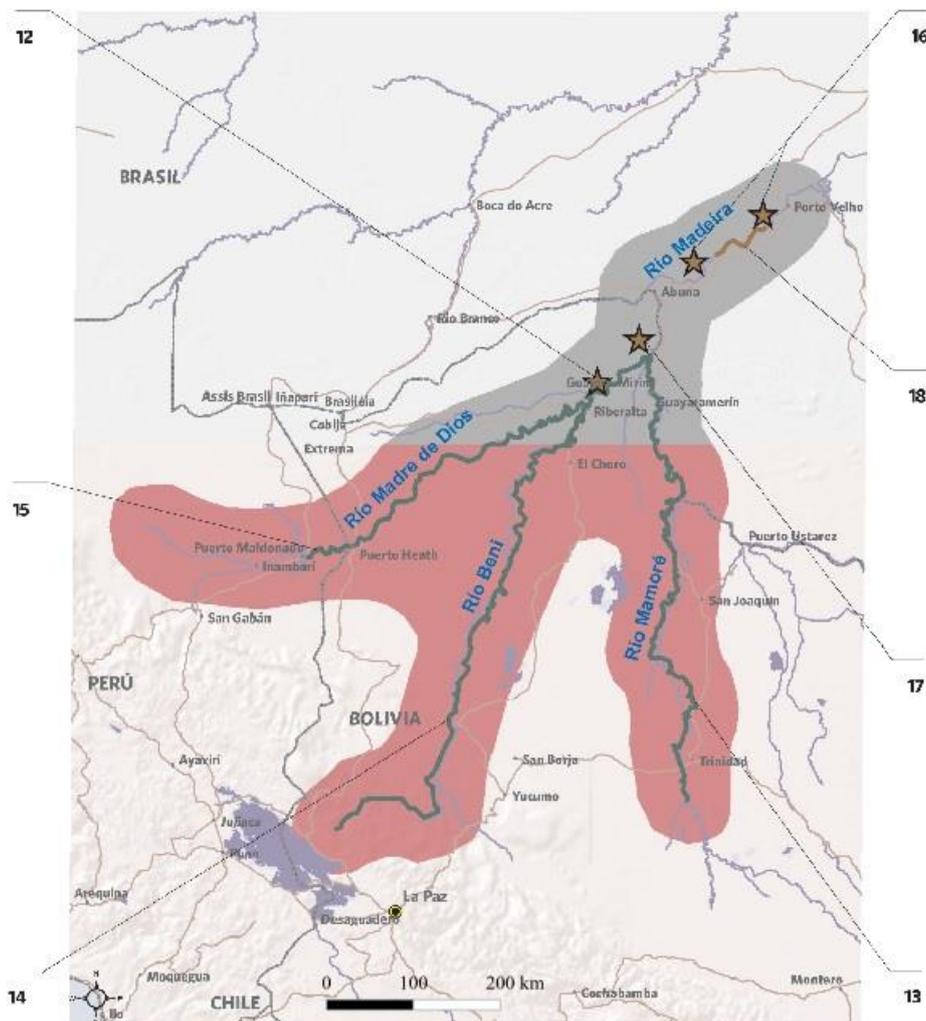


Figura 20 – Mapa com os projetos previstos para o EID Peru-Brasil-Bolívia do IIRSA. Os números nas laterais do mapa indicam os seguintes empreendimentos: 12 – Hidrelétrica Cachuela Esperanza (Rio Madre de Dios – Bolívia); 13 – Hidrovia Ichilo-Mamoré; 14 – Navegabilidade do Rio Beni; 15 – Hidrovia Madre de Dios e porto fluvial; 16 – Complexo hidrelétrico do Rio Madeira (Jirau e Santo Antônio); 17 – Hidrelétrica binacional Bolívia-Brasil; 18 – Linha de transmissão entre as hidrelétricas do rio Madeira e o sistema central. Fonte: COSIPLAN (2019).

<sup>94</sup> Killen(2007) realiza uma reflexão sobre como os projetos inseridos na IIRSA poderiam contribuir para a melhoria ou aprofundar aspectos negativos em relação à sustentabilidade socioambiental na Amazônia.

Na escala nacional, ainda no início da década de 2000, são iniciados os procedimentos o diagnóstico da viabilidade dos aproveitamentos hidrelétricos no rio Madeira. Em 2007, com o lançamento do PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, os empreendimentos, que já eram considerados estratégicos regionalmente e já haviam iniciado seus trâmites de licenciamento, são oficialmente incorporados à carteira do programa.

Baraúna (2014) e Borges (2018) concordam que é possível traçar uma associação entre a IIRSA e o PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, principalmente em relação à sobreposição de esforços para a viabilização de projetos compreendidos como estratégicos nacional e regionalmente. Em termos práticos, esse alinhamento conferiu mais vigor aos interesses do Estado na viabilização dos empreendimentos.

A linha temporal construída a partir de Switkes e Bonilha (2008) e INESC (2019) apresenta alguns marcos importantes para compreender a temporalidade dos empreendimentos, conforme Quadro 6.

Quadro 6 – Principais marcos temporais do processo de viabilização do Complexo Jirau - Santo Antônio. Fonte: Switkes e Bonilha (2008) e INESC (2019). Elaboração do autor.

2001	Janeiro	Solicitação de autorização junto à ANEEL para a realização de estudos de inventário do Rio Madeira pela Odebrecht e Furnas.
2002	Novembro	Apresentação dos estudos do inventário por Furnas e Odebrecht.
	Dezembro	Aprovação dos estudos, em menos de um mês.
2003	Janeiro	Concessão de autorização para os estudos de viabilidade pela ANEEL.
2004	Setembro	Definição e aprovação da versão final do Termo de Referência para o licenciamento dos empreendimentos, estabelecendo que Jirau e Santo Antônio deveriam ser tratados como um complexo.
	Outubro	Apresentação da Avaliação Ambiental Estratégica do Complexo do Rio Madeira <sup>95</sup> , que considera, além das hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, linhas de transmissão e hidroviáveis para a região abarcada pelo Estado de Rondônia, pela porção noroeste do Estado do Mato Grosso, o Estado do Acre, o sul do Estado do Amazonas, além dos Departamentos de Pando, Beni e Santa Cruz na Bolívia e da Província de Madre de Dios no Peru (ARCADIS-TETRAPLAN, 2004).
2005	Dezembro	Início do processo de licenciamento de Jirau e Santo Antônio pelo Ibama (requerimento de Licença Prévia)
2006	Setembro	Publicação do edital de disponibilização do EIA/RIMA para consulta pública
2007	Julho	Emissão da Licença Prévia

<sup>95</sup> Tal estudo, entretanto, é cercado de críticas, conforme Teixeira (2008) e Pellin *et al.* (2011).

Quadro 6 – continuação.

2008	Maio	Realização do leilão de Jirau
	Agosto	Concessão da Licença de Instalação de Santo Antônio (LI 540/2008)
	Novembro	Concessão da licença de Instalação ‘Parcial’ (apenas para o Canteiro de obras) de Jirau (LI563/2008).
2009	Junho	Concessão da Licença de Instalação ‘completa’ de Jirau (LI 621/2009), com a incorporação das condicionantes não cumpridas na LP.
2011	Agosto	Apresentação da Medida Provisória n.º 542, que altera os limites de áreas protegidas nas regiões afetadas pelos empreendimentos para viabilizar a operação das hidrelétricas.
2012	Maio	Solicitação da Licença de Operação
	Outubro	Concessão da Licença de Operação
2013	Março	Início da operação comercial

O aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte, embora ambicionado desde a década de 1970, quando ainda era denominado Kararaô (BORGES, 2018), tem sua história perpassada pelo mesmo contexto político de Jirau e Santo Antônio. Considerada a maior obra do PAC, o empreendimento foi objeto de uma infindável sequência de problemas nas etapas de licenciamento e de consultas públicas, conforme detalhadamente apresentado em Leme Engenharia (2009), Fleury e Almeida (2013), International Rivers e Movimento Xingu Vivo para Sempre (2014), INESC (2019). O Quadro 7 apresenta alguns marcos relevantes na compreensão da temporalidade do empreendimento.

Quadro 7 – Principais marcos temporais do processo de viabilização de Belo Monte.  
Fontes: Leme Engenharia (2009), Fleury e Almeida (2013), International Rivers e Movimento Xingu Vivo para Sempre (2014) e INESC (2019). Elaboração do autor.

1975	Outubro	Primeira vistoria para avaliar a possibilidade da barragem de Babaquara, em Altamira/PA.
1979	Fevereiro	Início dos estudos de inventário hidrelétrica da bacia do Xingu
1987	Março	Lançamento do Plano 2010, com a previsão da construção da barragem de Kararaô (que posteriormente seria renomeada para Belo Monte) em 2000 e Babaquara em 2005.
1988	Agosto	Aprovação do Relatório Final do Inventário da bacia do Xingu (Portaria DNAEE n. 43). Autorização para a Eletronorte realizar estudos de viabilidade (Portaria MME n. 1077).
1989	Março	Apresentação do Plano Decenal 1999 – 2008 da Eletrobrás, com a previsão da barragem de Babaquara (agora renomeada como Barragem Altamira) até 2013.
2000	Janeiro	Início dos estudos de viabilidade para os aproveitamentos hidrelétricos pela Eletrobrás e Eletronorte.
	Março	Contratação pela Eletronorte do primeiro Estudo de Impacto Ambiental para Belo Monte.
2001	Março	Apresentação do PPA 2000-2003 (Avança Brasil), com a inclusão de Belo Monte.

Quadro 7 – continuação.

2002	Março	Suspensão do EIA e do processo de licenciamento.
	Junho	Apresentação dos Estudos de viabilidade para Belo Monte à ANEEL.
2003	Março	Retomada dos Estudos de Impacto Ambiental para Belo Monte.
2005	Julho	Publicação do Decreto legislativo n. 788, de 2005, autorizando o Poder Executivo a implantar o Aproveitamento Hidroelétrico Belo Monte.
2006	Janeiro	Solicitação pela Eletrobrás para abertura do processo de licenciamento prévio junto ao IBAMA.
2007	Março	Disponibilização de um novo Estudo de Impacto Ambiental
2008	Junho	Publicação da Resolução CNPE 06/2008, que determina que o potencial hidroenergético a ser explorado no rio Xingu será somente aquele situado entre a sede urbana do Município de Altamira e sua foz
	Maio	Realização do Encontro Xingu Vivo para Sempre.
2009	Março	Requerimento da licença prévia pela Eletrobrás
	Abril	Realização de vistoria técnica na área do projeto pelo Ibama
	Setembro	Realização de quatro audiências públicas (em seis dias).
2010	Fevereiro	Concessão da Licença Prévia “Parcial” pelo IBAMA, referente apenas ao Canteiro de Obras.
	Abril	Realização do Leilão de Belo Monte.
2011	Janeiro	Concessão da Licença Prévia “Completa”, que conta com 40 condicionantes que deveriam ser cumpridos antes da emissão da Licença de Instalação.
	Janeiro	Concessão pelo IBAMA de uma Licença de Instalação “Parcial” (LI 770/2011), com validade de 1 ano
	Março	Após batalhas judiciais que resultaram em suspensão, as obras são liberadas e são iniciados os canteiros.
	Março	Instalação do Comitê Gestor do Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável do Xingu (PDRS Xingu).
	Junho	Concessão da Licença de Instalação “Completa” pelo IBAMA (LI 755/2011), mesmo sem o cumprimento das condicionantes previstas na licença prévia.
2012	Agosto	Decisão judicial pela paralização das obras e invalidade do processo de licenciamento realizado pelo IBAMA, seguida pela derrubada da decisão pelo STF.
2015	Novembro	Concessão da Licença de Operação pelo IBAMA.
	Dezembro	Início do enchimento do reservatório.
2016	Janeiro	Suspensão da Licença de Operação, seguida de nova suspensão da liminar, garantindo retomada das operações.
	Abril	Início da geração de energia e da operação comercial.

### 3.3.3. Áreas de influência definidas no processo de Avaliação de Impacto Ambiental

Mesmo partindo de processos de licenciamento tão turbulentos e notadamente imersos em questões que extrapolam a dimensão técnica, parece relevante realizar uma leitura sobre como os estudos de impacto ambiental (EIA) que foram utilizados para embasar

tais processos realizaram suas avaliações sobre a expressão espacial dos impactos previstos.

Primeiramente, é importante definir as linhas de base sobre as quais estão postos tanto o EIA quanto – e mais especificamente – as definições sobre as áreas de influência de empreendimentos.

Em seu artigo 9º, incisos III, e IV a PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente<sup>96</sup> estabelece como instrumento, entre outros, a Avaliação de Impacto Ambiental e o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. Posteriormente, a publicação da Resolução CONAMA 01/86 – norma que trata dos “critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente”, é detalhado tanto o instrumento quanto o marco processual para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente. Sánchez (2006), complementarmente, usando o estabelecido pela IAIA – *International Association for Impact Assessment*, define a Avaliação de Impacto Ambiental como “o processo de identificar as consequências futuras de uma ação presente proposta”.

A Resolução CONAMA 01/86 especifica algumas diretrizes gerais, dentre elas, a definição das áreas de influência do projeto, conforme seu artigo 5º, inciso III:

Artigo 5º - O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

(...)

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

Embora não exista uma definição geral ou uma norma que defina categorias de áreas de influência, usualmente usa-se a classificação a partir das relações com o empreendimento. O termo de referência para elaboração do EIA/RIMA<sup>97</sup> de Belo Monte (IBAMA, 2007, p. 11–12) sugere as seguintes definições:

---

<sup>96</sup> Estabelecida pela Lei 3.938 de 31 de agosto de 1981.

<sup>97</sup> Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente.

ADA – Área Diretamente Afetada - Engloba as áreas destinadas à instalação da infra-estrutura necessária à implantação e operação do empreendimento, áreas inundadas e respectivas áreas de preservação permanente – APP; trechos afetados por redução de vazão, barramentos, diques, canais; pontos de localização de obras civis decorrentes ou associadas ao empreendimento como vilas residenciais, alojamentos, canteiros de obras, vias de acesso aproveitadas ou novas, áreas de empréstimo, bota-foras, linhas de transmissão e áreas de segurança, impostas pela tipologia do empreendimento.

(...)

AID – Área de Influência Direta - Área que circunscreve a ADA e cuja abrangência dos impactos incida ou venha a incidir de forma direta sobre os recursos ambientais, modificando a sua qualidade ou diminuindo seu potencial de conservação ou aproveitamento, além da rede de relações sociais, econômicas e culturais a ser afetada durante todas as fases do empreendimento, sendo estas questões observadas para a sua delimitação.

(...)

AII - Corresponde ao território onde a implantação do projeto impacte de forma indireta os meios físico, biótico e sócio-econômico. A delimitação da AII circunscreve a AID e os critérios adotados para a definição de seu limite devem ser claramente apresentados e justificados tecnicamente, podendo variar em função do meio em análise.

(...)

AAR (Área de Abrangência Regional) - Engloba a totalidade da bacia hidrográfica atingida, mas deve considerar outros recortes geográficos que incidam sobre a área em questão em função do meio em análise.

Esta última categoria, embora não consagrada na maioria dos processos de avaliação de impacto ambiental, também foi recomendada pelo órgão licenciador para o caso das hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio.

Carvalho *et al.* (2018), neste sentido, afirmam que outras classificações podem ser encontradas em estudos ambientais, como por exemplo ‘Área de Influência Remota’ (AIR) ou ‘Área de Influência Estratégica’ (AIE), esta última definida como “a macro região onde poderão ser encontrados impactos cumulativos decorrentes de outros empreendimentos existentes na região”.

Importante salientar, conforme Sánchez (2006), que as chamadas áreas de influência do projeto apenas podem ser definidas após a etapa de previsão dos impactos, ou seja, ela “não pode ser estabelecida de antemão (...), exceto como hipótese a ser verificada” (ibid, p. 285). Para os casos de projetos implantados, será o monitoramento ambiental

que definirá seus limites, “desde que o programa de monitoramento seja capaz de discernir as modificações causadas por ele daquelas que tem outras causas” (ibid, p. 285). A questão da relação causal, neste sentido, é relevante e deve ser considerada.

Tal definição, entretanto, nem sempre encontra suporte nas práticas dos processos de avaliação de impacto ambiental no Brasil. Borioni, Gallardo e Sánchez (2017), a partir de 10 casos analisados<sup>98</sup>, afirmam que 8 dentre os 10 termos de referência analisados assumem o estabelecimento de áreas de influência de maneira antecipada, e não como resultado das análises de impacto, sobrepondo os limites das áreas supostamente afetadas pelos projetos às áreas de estudo, onde os dados e informações deveriam ser coletados.

O Quadro 8 apresenta as tipologias de áreas de influência e seus elementos de caracterização. Na sequência, o estudo apresenta o mapeamento das áreas, conforme Figuras 21 a 24.

Quadro 8 – Abrangência propostas para as áreas de influência pelo Termo de Referência do IBAMA para Jirau e Santo Antônio. Fonte: Leme Engenharia (2005, p. Tomo A).

Área de Influência Direta – AID	Meios físico e biótico	Deverá ser considerada a área de inundação do reservatório na sua cota máxima acrescida da área de preservação permanente em projeção horizontal, bem como outras áreas contínuas de relevante importância ecológica, além das áreas situadas a jusante da barragem em uma extensão a ser definida pelo estudo
	Meio socioeconômico	Deverá ser considerada a área do município de Porto Velho necessária para a implantação do empreendimento e outras localizadas a jusante da barragem, numa faixa a ser definida pelo estudo, considerando o impacto nas comunidades ribeirinhas
Área de Influência Indireta – AII	Meios físico e biótico	Deverá ser considerada a bacia hidrográfica do rio Madeira, a ser definida pelo estudo.
	Meio socioeconômico	Será compreendido o município de Porto Velho e os polos municipais de atração à região, bem como aqueles que vivem de atividades pesqueiras e turísticas, ligadas aos recursos hídricos.
Área de Influência Regional - AIR		Será considerada a bacia hidrográfica do rio Madeira, em território brasileiro.

<sup>98</sup> Dentre os 10 casos, 2 são referentes à hidrelétricas (Belo Monte e Santo Antônio do Jari).

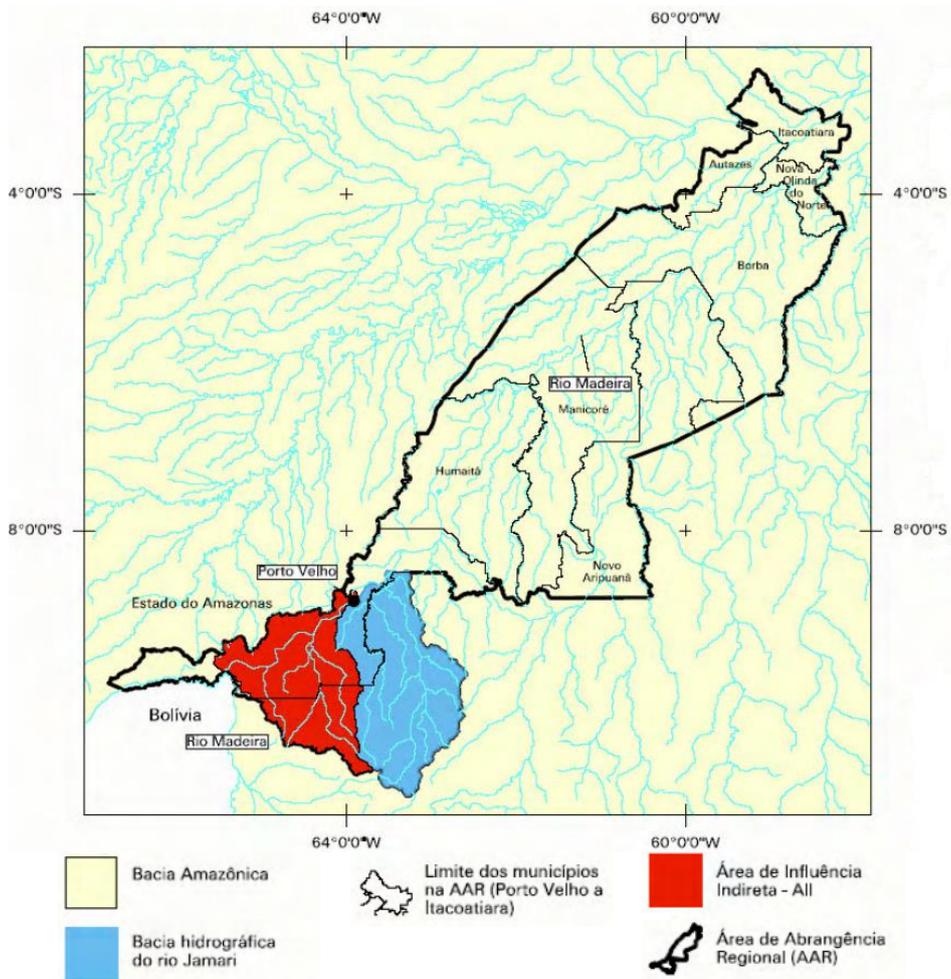


Figura 21 – Áreas de Influência Regional e Indireta de Jirau e Santo Antônio.  
 Fonte: Leme Engenharia (2005, p. III-3)

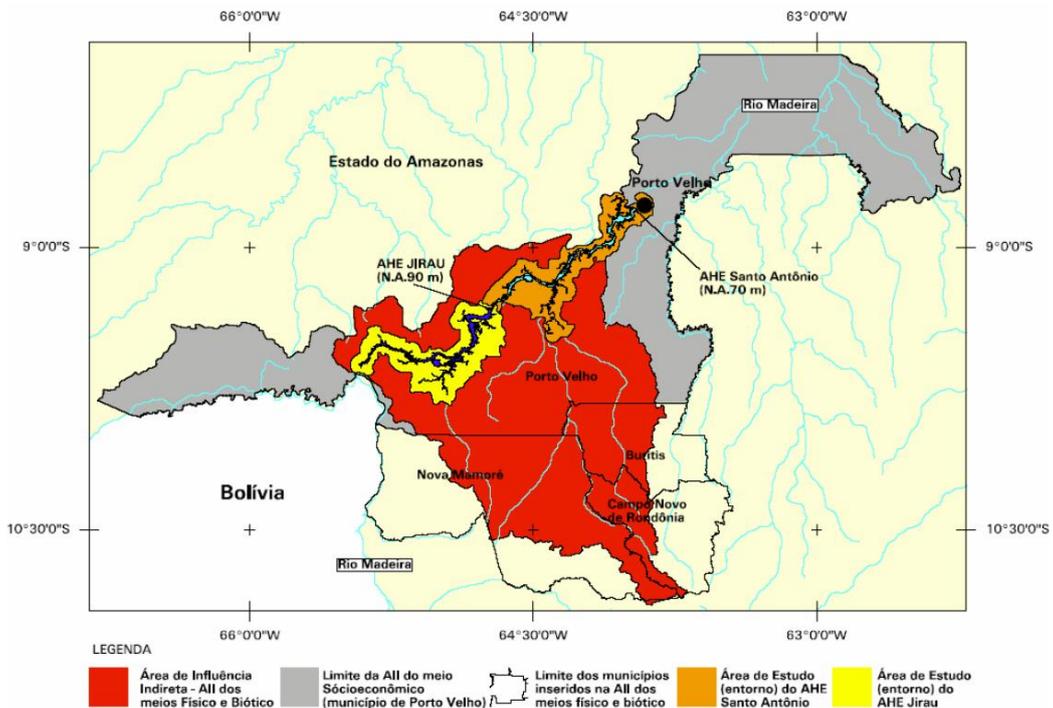


Figura 22 – Área de Influência Indireta de Jirau e Santo Antônio.  
 Fonte: Leme Engenharia (2005, p. III-5).

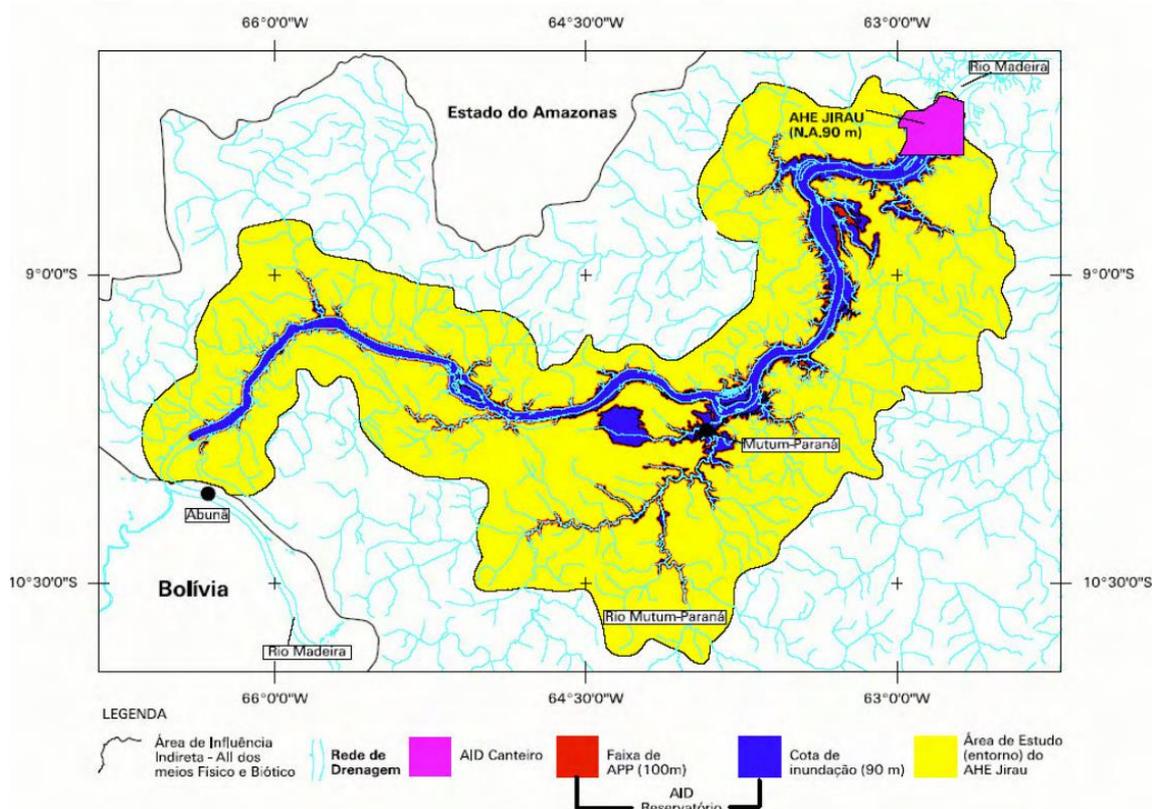


Figura 23 - Área de Influência Direta de Jirau.  
 Fonte: Leme Engenharia (2005, p. III-8)

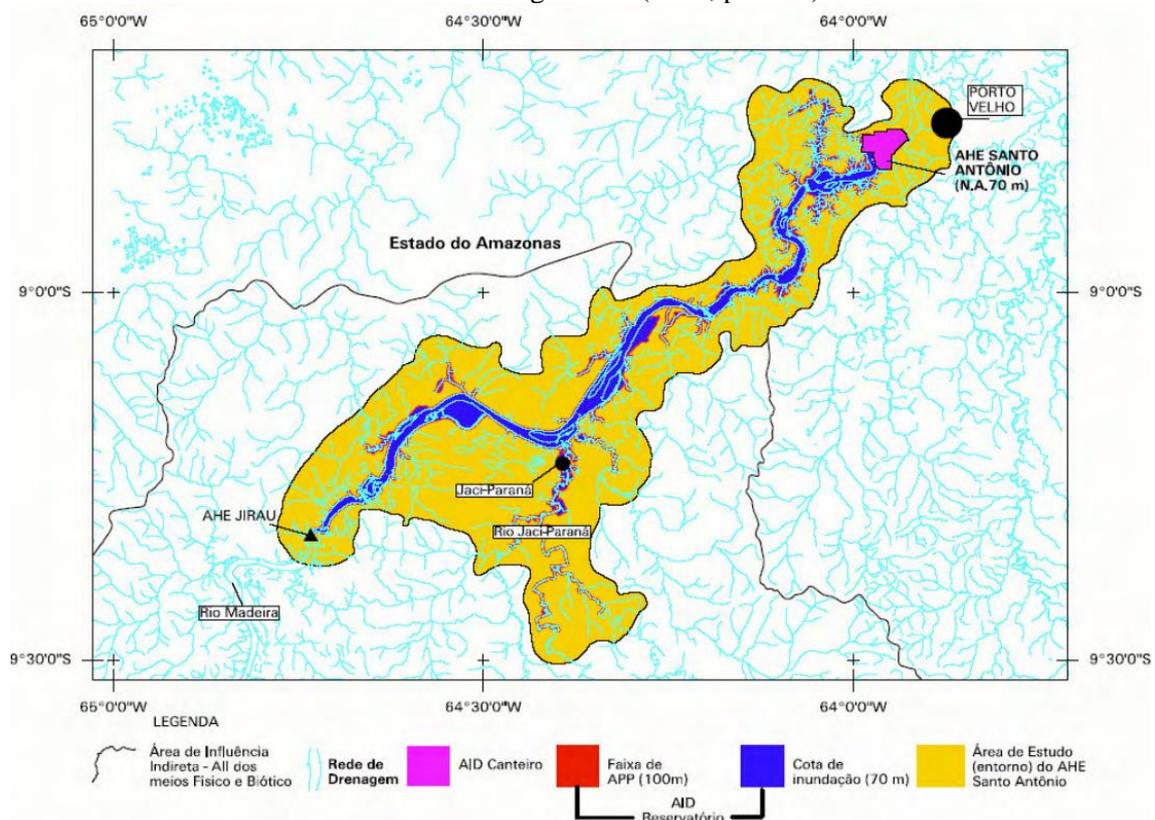


Figura 24 - Área de Influência Direta de Santo Antônio.  
 Fonte: Leme Engenharia (2005, p. III-9)

Para Belo Monte, a AID também foi desmembrada para os meios físico-biótico e socioeconômico e cultural, conforme Figuras 25 e 26.

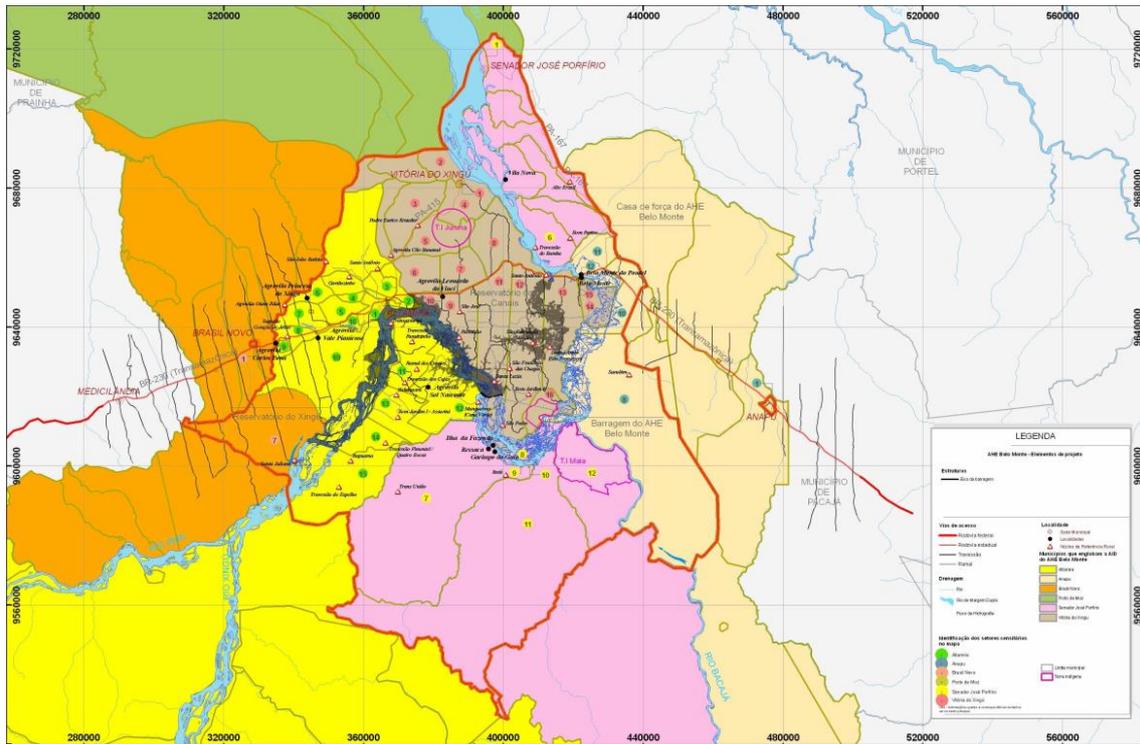


Figura 25 - AID dos meios socioeconômico e cultural. S/escala.  
 Fonte: Leme Engenharia (2009, p. 53-capítulo 6)

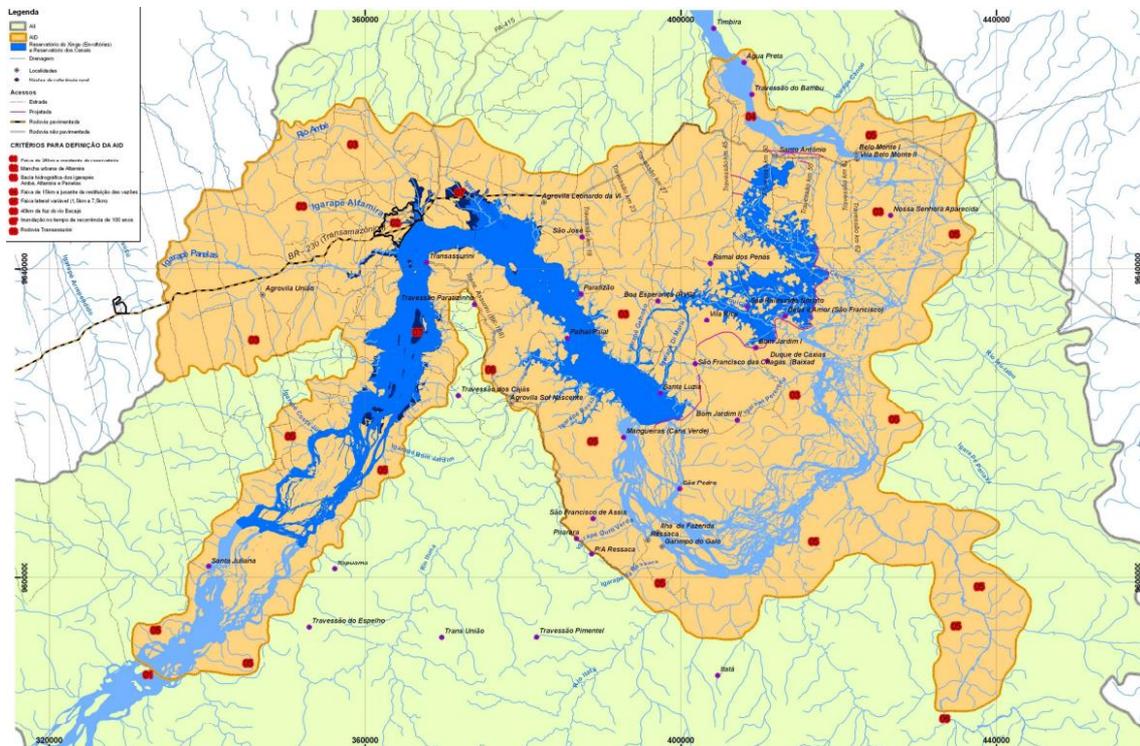


Figura 26 - AID dos meios físico e biótico. S/escala.  
 Fonte: Leme Engenharia (2009, p. 49-capítulo 6).

Para as AII, o EIA – seguindo as recomendações do Termo de Referência, estabelece que:

- Para os meios socioeconômico e cultural: utiliza-se os limites dos municípios, considerando o conjunto de municípios que integram a Região de Integração do Xingu, ou seja, 11 municípios: Altamira, Senador José Porfírio, Anapu, Vitória do Xingu, Pacajá, Placas, Porto de Moz, Uruará, Brasil Novo, Gurupá e Medicilândia.
- Para os meios físico e biótico: A área das sub-bacias laterais situadas até a confluência dos rios Xingu e Iriri, localizada a uma distância de 45 km do final da cota de inundação de 97,0 m do reservatório do Xingu. (...). Todas as sub-bacias de contribuição lateral, à exceção do último afluente da margem esquerda do rio Xingu (Igarapé Peturu), que se situam a jusante do canal de restituição da futura usina até sua a foz, no rio Amazonas.

Por fim, a AAR de Belo Monte abarca todos os municípios com território dentro da bacia do Xingu.

Foram ainda incluídos os municípios de Uruará, Placas e Pacajá, todos no Estado do Pará, cujos territórios não pertencem à Bacia do Rio Xingu, mas constituem a Região de Integração Xingu, assim definida pelo governo estadual e cujo limite foi considerado como o da Área de Influência Indireta – AII, apresentada em relatório à parte. Dessa maneira, a AAR para o meio socioeconômico e cultural abrange a totalidade daquela Bacia e engloba a área de 52 municípios, sendo 35 no Estado do Mato Grosso e 17 no Estado do Pará (LEME ENGENHARIA, 2009, p. 11-vol. 6).

Um ponto que emerge relevante para ambos os casos é a opção pela análise dos “meios” de maneira separada. Do ponto de vista dos diagnósticos construídos pelos estudos, ou seja, quando as áreas de influência deveriam ser tratadas apenas enquanto hipóteses e seus perímetros como delimitadores das áreas de estudo, a separação em diferentes meios pode ser compreendida a partir de aspectos operacionais, embora seja importante salientar, estabeleça, já na origem do estudo, uma tendência à abordagem cartesiana.

Para a etapa de previsão de impactos, questiona-se se tal estratégia se mantém adequada, uma vez que se perde, em tese, a possibilidade de uma abordagem sistêmica, considerando aspectos como a interação e retroalimentação entre os diversos componentes levantados.

Do ponto de vista do tema central do presente trabalho, a estratégia de separação das áreas de influência, como as observadas nos EIA analisados, traz dificuldades para o enquadramento específicos das dinâmicas de uso e cobertura da terra, bem como a relação entre seus *drivers* e o empreendimento gerador do choque. Desta forma, sugere-se que a abordagem ora proposta, baseada no sistema terrestre como plataforma de integração, tenha condições de abarcar impactos cujas dinâmicas escapam às análises tradicionais, visto que possuem o potencial de congregar aspectos de ordem natural e social, mutuamente e dinamicamente, conforme discutido no tópico 2.1.

#### **3.3.4. Previsão de alterações no uso e cobertura da terra no processo de avaliação de impactos das hidrelétricas**

Seguindo na análise dos EIA de Jirau-Santo Antônio e Belo Monte, foi realizada uma verificação nas matrizes de impactos previstos para os empreendimentos de modo a encontrar aspectos relacionados às alterações no uso e cobertura da terra dentro de suas áreas de influência.

Desta forma, para o complexo Jirau-Santo Antônio, o EIA previu um total de 118 impactos, devidamente localizados nas diversas fases do empreendimento. Destes, 37 apresentam alguma relação com aspectos relacionados – direta ou indiretamente – a dinâmicas do uso e cobertura da terra disparadas pelo empreendimento. Para Belo Monte, o EIA apresenta sua matriz de avaliação de impactos ambientais com um total de 245 impactos previstos durante as diversas etapas e processos do ciclo de vida do empreendimento, com 62 também relacionados com dinâmicas de uso e cobertura da terra.

A Figura 27 apresenta como tais impactos - de ambas os empreendimentos - se relacionam com as fases e quais deles tem algum tipo de relação com dinâmicas de uso e cobertura da terra. A Tabela 7 permite identificar o quantitativo dos impactos previstos.

Os Quadros 9 e 10 detalham apenas os impactos com alguma relação com as dinâmicas, dividindo-os em diretos e indiretos, para o complexo Jirau – Santo Antônio e Belo Monte, respectivamente.

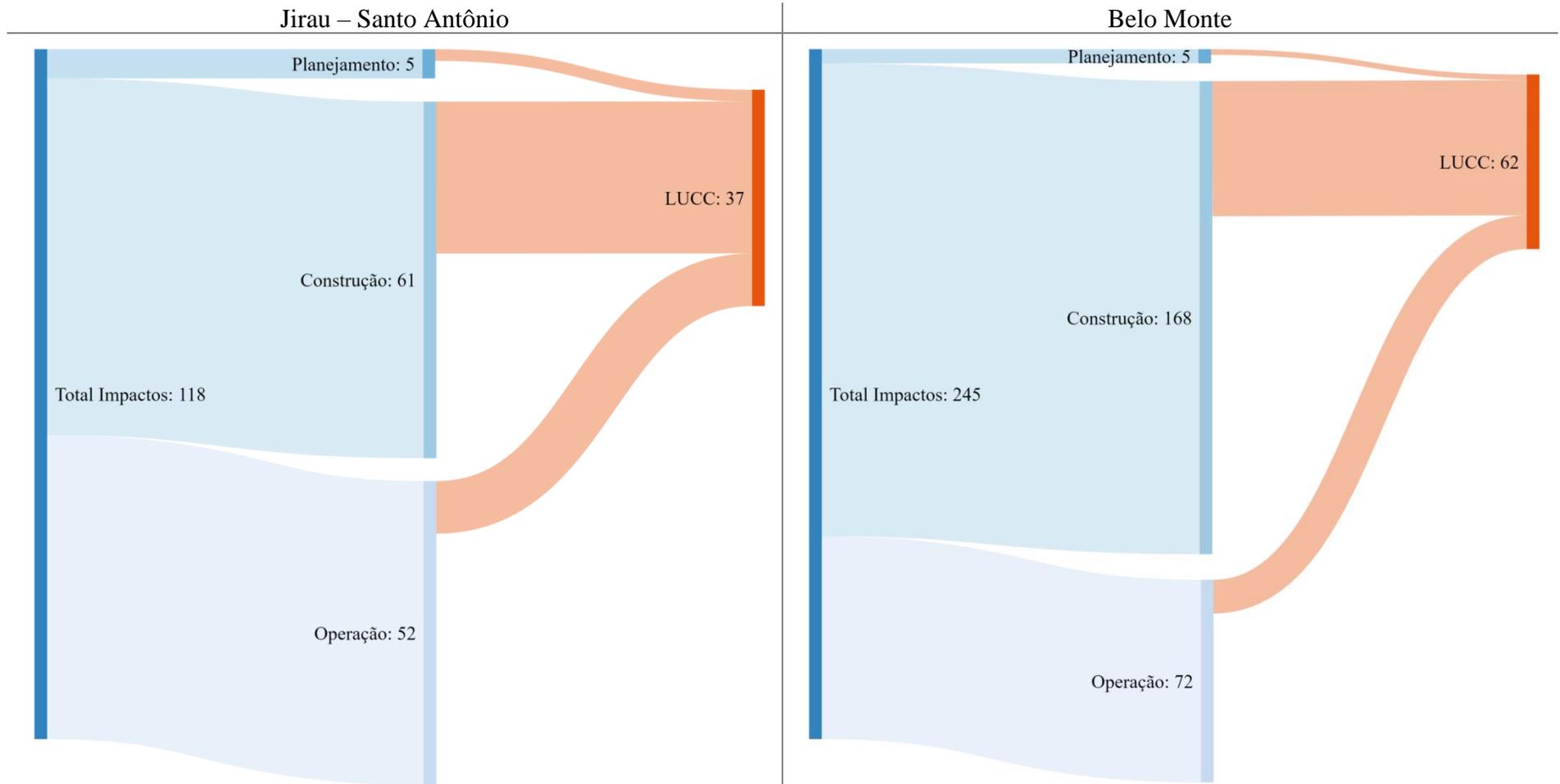


Figura 27 - Quantificação dos impactos previstos pelos EIAs de Jirau e Santo Antônio e Belo Monte, e quais tem relações com dinâmicas de uso e cobertura da terra. LUCI – impactos relacionados com *Land and Use cover Change*. A fase de operação de Belo Monte congrega a fase de enchimento de reservatórios e de operação propriamente dita. Fontes: Leme Engenharia (2005, 2009). Elaboração do autor.

Uma questão complementar, relevante na análise integrada entre dados oriundos de EIA distintos, é a equalização de conceitos. O EIA de Jirau e Santo Antônio adota o termo “relevância” como sinônimo de “importância relativa”, ou seja, como o critério “responsável pelo equilíbrio entre os atributos e os critérios, buscando a relativização do impacto dentro da região”. Desta forma, o conceito de relevância e está atrelado ao nível de alteração dentro da área de influência, caracterizado no quadro pela coluna “Abrangência” (LEME ENGENHARIA, 2005). As categorias de enquadramento da relevância, neste sentido, então relacionadas à intensidade das alterações provocadas pelos impactos. O EIA de Belo Monte endereça categorias distintas para o enquadramento do impacto, tipicamente (LEME ENGENHARIA, 2009, p. Volume 29, 34):

- Baixa: a alteração na variável ambiental é passível de ser percebida e/ou verificada (medida) sem, entretanto, caracterizar ganhos e/ou perdas na qualidade ambiental da área de abrangência considerada, se comparados ao cenário ambiental diagnosticado;
- Média: a alteração na variável ambiental é passível de ser percebida ou verificada (medida), caracterizando ganhos e/ou perdas na qualidade ambiental da área de abrangência considerada, se comparados ao cenário ambiental diagnosticado;
- Alta: a alteração na variável ambiental é passível de ser percebida e/ou verificada (medida), caracterizando ganhos e/ou perdas expressivos na qualidade ambiental da área de abrangência considerada, se comparados ao cenário ambiental diagnosticado.

Por fim, a Magnitude, por sua vez, “expressa por meio das combinações entre os indicadores de Reversibilidade e Relevância dos impactos, sendo classificada em Baixa, Média ou Alta” Monte (LEME ENGENHARIA, 2009, p. Volume 29, 33). O EIA de Belo (ibid) define Magnitude como:

- A grandeza de um impacto em termos absolutos, correspondendo ao grau de alteração da qualidade da variável ambiental que será afetada por um determinado processo do empreendimento. É tida com a diferença entre a qualidade assumida por essa variável ambiental após a atuação do processo e aquela que é observada antes de este processo ter ocorrido.

Tabela 7 – Comparação entre as porcentagens de impactos relacionados com dinâmicas de uso e cobertura da terra para os Jirau-Santo Antônio e Belo Monte.  
Elaboração do autor.

Empreendimentos	Porcentagem dos impactos com relação com dinâmicas de uso e cobertura da terra		
	Planejamento	Construção	Operação
Jirau - Santo Antônio	40.00%	42.62%	17.31%
Belo Monte	40.00%	28.57%	16.67%

Quadro 9 – Síntese de impactos relacionados direta e indiretamente a alterações no uso e na cobertura do solo a partir da Matriz de Avaliação de Impactos do EIA de Jirau e Santo Antônio. Fonte: Adaptado de Leme Engenharia (2005, p. Tomo C). Linhas hachuradas em amarelo referem-se a impactos diretos do empreendimento. Linhas hachuradas em cinza podem estar associadas a impactos indiretos do empreendimento sobre a dinâmica de uso e cobertura da terra.

Fase	Ação	#	Impactos	Natureza	Abrangência	Relevância	Classificação
1 – Planejamento e projeto		1.1	Dinamização das atividades econômicas	Benéfico	Local	Pequena alteração	---
		1.5	Facilitação de desmatamento e/ou coleta predatória	Adverso	Regional	Alteração relevante	Baixa
2. Construção dos empreendimentos	Mobilização de mão-de-obra	2.1	Geração de novos postos de trabalho e aumento da renda	Benéfico	Difuso	Profunda alteração	---
		2.3	Aumento da demanda por moradia	Adverso	Local	Profunda alteração	Média
		2.5	Segmentação de Jaci-Paraná	Adverso	Local	Alteração relevante	Baixa
		2.6	Conflitos de convivência entre população local e migrantes	Adverso	Regional	Profunda alteração	Alta
		2.7	Pressão sobre territórios indígenas	Adverso	Difuso	Alteração relevante	Média
		2.11	Aumento da pressão antrópica sobre os recursos da fauna e da flora	Adverso	Difuso	Alteração relevante	Baixa
		2.16	Alteração da paisagem	Adverso	Local	Pequena alteração	Muito baixa
	Construção das Infra-estruturas de Apoio e Estruturas das Usinas	2.22	Perda de áreas para agricultura	Adverso	Local	Pequena alteração	Muito baixa
		2.28	Supressão de áreas de floresta ombrófila aberta de terras baixas (capoeira)	Adverso	Local	Pequena alteração	Muito baixa
		2.29	Supressão de áreas de assoc. floresta ombrófila aberta das terras baixas/floresta aberta ombrófila aluvial	Adverso	Local	Alteração relevante	Média
		2.3	Supressão de áreas de floresta ombrófila aberta sub-montana no AHE Jirau	Adverso	Local	Alteração relevante	Média
		2.31	Supressão de formações pioneiras de várzea - AHE Santo Antônio	Adverso	Local	Profunda alteração	Média
		2.32	Redução da vegetação dos pedrais do rio Madeira	Adverso	Local	Alteração relevante	Média

Quadro 9 – continuação.

Aquisição de terras e benfeitorias, desmatamento e limpeza das áreas dos reservatórios	2.43	Supressão de áreas de floresta ombrófila aberta das terras baixas/ floresta ombrófila aberta aluvial	Adverso	Local	Profunda alteração	Muito Alta
	2.45	Supressão de áreas de diferentes fisionomias de campinarana (AHE Jirau)	Adverso	Local	Profunda alteração	Muito Alta
	2.47	Supressão de formações pioneiras de várzea	Adverso	Local	Profunda alteração	Alta
	2.5	Elevação do preço das terras e benfeitorias	Difícil qualificação	?	?	Difícil qualificação
	2.51	Comprometimento das atividades agropecuárias	Adverso	Local	Alteração relevante	Baixa
	2.52	Comprometimento de moradias e benfeitorias	Adverso	Local	Alteração relevante	Baixa
	2.53	Comprometimento da infra-estrutura	Adverso	Difuso	Alteração relevante	Baixa
	2.55	Ocupação de novas áreas	Adverso	Difuso	Profunda alteração	Muito Alta
	2.56	Comprometimento do núcleo urbano de Mutum-Paraná	Adverso	Local	Profunda alteração	Alta
	2.57	Comprometimento dos povoados de Teotônio e Amazonas	Adverso	Local	Profunda alteração	Muito Alta
	2.58	Comprometimento das comunidades ribeirinhas	Adverso	Local	Profunda alteração	Muito Alta
	Desmobilização de mão-de-obra	2.62	Redução do emprego e retração das atividades econômicas	Adverso	Regional	Profunda alteração
2.63		Queda dos preços de imóveis, mercadorias e serviços durante a desmobilização de mão-de-obra	Difícil qualificação	?	?	Difícil qualificação
3 - Enchimento dos reservatórios/operação das usinas	3.6	Perda de áreas aptas para agricultura	Adverso	Local	Profunda alteração	Média
	3.21	Perda de vegetação dos pedrais na área de inundação dos reservatórios	Adverso	Local	Profunda alteração	Muito Alta
	3.22	Redução da área da formação campinarana por elevação do lençol freático	Difícil qualificação	?	?	Difícil qualificação
	3.29	Interferência em Unidades de Conservação	Adverso	Regional	Alteração relevante	Média
	3.41	Queda no emprego e na renda dos garimpeiros	Adverso	Regional	Profunda alteração	Alta
	3.42	Alteração na renda dos pescadores	Difícil qualificação	?	?	Difícil qualificação
	3.44	Elevação da oferta de energia elétrica	Benéfico	Difuso	Profunda alteração	---
	3.46	Possibilidade de alteração das polarizações regionais	Difícil qualificação	?	?	Difícil qualificação
	3.48	Modificação dos usos no entorno dos reservatórios	Difícil qualificação	?	?	Difícil qualificação

Quadro 10 – Síntese de impactos relacionados direta e indiretamente a alterações no uso e na cobertura do solo a partir da Matriz de Avaliação de Impactos do EIA de Belo Monte. Fonte: Adaptado de Leme Engenharia (2009, p. Volume 32). Linhas hachuradas em amarelo referem-se a impactos diretos do empreendimento. Linhas hachuradas em cinza podem estar associadas a impactos indiretos do empreendimento sobre a dinâmica de uso e cobertura da terra.

Fase	Ação	Impactos	Variável impactada	Natureza	Abrangência	Incidência	Relevância	Magnitude
1 – Planejamento e projeto		Geração de Expectativas na População Local e Regional	Modos de Vida / Organização Social	Positiva / Negativa	AAR	Direta	Alta	Alta
		Surgimento / Incremento de Tensões Sociais	Surgimento / Incremento de Tensões Sociais	Negativa	AID	Indireta	Alta	Alta
2 – Construção dos empreendimentos	Mobilização e contratação de mão-de-obra	Aumento do fluxo migratório	Dinâmica Demográfica, Infra-Estrutura - Saúde, educação e Saneamento, Modos de Vida	Negativa	AII	Direta	Alta	Alta
		Intensificação do Uso e Ocupação Desordenado do Solo, em Especial no Entorno das Vilas Residenciais	Modos de Vida Uso e Ocupação do Solo Urbano e Rural, Suscetibilidade Erosiva Saneamento Limnologia e Qualidade das Águas	Negativa	AID	Indireta	Alta	Alta
		Especulação Imobiliária e Aumento sobre os Imóveis do Entorno	Uso e Ocupação do Solo Urbano e Rural Recursos Econômicos	Negativa	AII	Indireta	Alta	Média
		Aumento da Pressão sobre os Recursos Florestais Madeireiros e Não Madeireiros	Vegetação e Flora Uso e Ocupação do Solo Urbano e Rural Recursos Econômicos	Negativa	AII	Indireta	Baixa	Baixa
		Alteração na Relação Oferta-demanda por Insumos, Mercadorias e Serviços e Dinamização da Economia	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Positiva	AII	Direta	Alta	Alta
		Ampliação de Renda	Recursos Econômicos	Positiva	AII	Indireta	Alta	Alta
		Ampliação da Oferta de Trabalho	Capital Humano Recursos Econômicos	Positiva	AII	Direta	Alta	Alta

Quadro 10 – continuação.

	Aquisição de Imóveis para as Obras de Infra-estrutura de Apoio	Transferência Compulsória da População	Modos de Vida Atividades Econômicas Cultura e Tradição	Negativa	AID	Direta	Média	Média
		Surgimento de Tensões Sociais	Modos de Vida	Negativa	AID	Indireta	Baixo	Baixo
		Perda de Referências Sócio-espaciais e Culturais	Cultura e Tradição	Negativa	ADA	Indireta	Média	Média
		Especulação Imobiliária e Aumento sobre os Imóveis do Entorno	Uso e Ocupação do Solo Urbano e Rural Recursos Econômicos	Negativo	AII	Indireta	Média	Média
		Perda de Imóveis e Benfeitorias	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Direta	Média	Média
		Perda de Áreas Produtivas	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireto	Baixo	Baixo
		Perda de Renda e Fontes de Sustento	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireto	Baixo	Baixo
	Construção infra-estrutura para atendimento às obras e outras instalações	Melhoria na Acessibilidade pela Ampliação do Sistema Viário	Infra-estrutura Viária Modos de Vida Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Positivo	AII	Direta	Média	Média
		Alteração na Relação Oferta-demanda por Insumos, Mercadorias e Serviços e Dinamização da Economia	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Positivo	AII	Indireta	Alta	Alta
		Alteração na Paisagem	Recursos Cênicos	Negativo	ADA	Direta	Média	Média
		Perda de Referências Sócio-espaciais e Culturais	Cultura e Tradição	Negativo	ADA	Indireta	Média	Média
		Intensificação da Perda de Cobertura Vegetal	Flora Terrestre Fauna Terrestre Susceptibilidade Erosiva Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	ADA	Direta	Baixo	Baixo

Quadro 10 – continuação.

Operação de Canteiros de Obras, Alojamentos e Vilas Residenciais	Segregação Sócio-espacial da Vila Residencial de Altamira	Modos de Vida Organização Social	Negativo	AID	Direta	Alta	Alta
	Alteração da Dinâmica Urbana	Modos de Vida Organização Social Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta
	Alteração na Hierarquia Funcional de Vitória do Xingu	Modos de Vida Organização Social	Negativo	AID	Direta	Alta	Alta
Desmobilização da Infra-estrutura de Apoio e da Mão-de-obra	Perda de Postos de Trabalho e Renda	Modos de Vida Organização Social Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AII	Direta	Alta	Alta
	Reversão do Fluxo Migratório	Dinâmica Demográfica	Negativo	AII	Indireta	Alta	Alta
	Retração do Mercado de Bens e Serviços	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AII	Indireta	Alta	Média
	Retração do Mercado Imobiliário	Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireta	Alta	Média
Aquisição de Imóveis para as Obras Principais	Transferência Compulsória da População	Modos de Vida Atividades Econômicas Cultura e Tradição	Negativo	ADA	Direta	Média	Média
	Surgimento de Tensões Sociais	Modos de Vida	Negativo	ADA	Indireta	Baixa	Baixa
	Perda de Referências Sócio-espaciais e Culturais	Cultura e Tradição	Negativo	ADA	Indireta	Média	Média
	Perda de Imóveis e Benfeitorias	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	ADA	Direta	Média	Média
	Perda de Áreas Produtivas	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	ADA	Direta	Baixa	Baixa
	Perda de Renda e Fontes de Sustento	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	ADA	Indireta	Baixa	Baixa

Quadro 10 – continuação.

	Implantação das Obras Principais	Alteração na Paisagem	Recursos Cênicos	Negativo	ADA	Direta	Média	Média
		Perda de Referências Sócio-espaciais e Culturais	Cultura e Tradição	Negativo	ADA	Indireta	Média	Média
		Intensificação da Perda de Cobertura Vegetal	Flora Terrestre Fauna Terrestre Suscetibilidade Erosiva Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	ADA	Direta	Alta	Alta
		Comprometimento das Relações Econômicas e Sociais	Atividades Produtivas Modos de Vida	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta
	Liberação das Áreas para os Reservatórios	Transferência Compulsória da População	Modos de Vida Atividades Econômicas Cultura e Tradição	Negativo	AII	Direta	Alta	Média
		Modificação/Desestruturação das Redes de Relações Sociais	Modos de Vida Cultura e Tradição	Negativo	AII	Indireta	Alta	Alta
		Surgimento de Tensões Sociais	Modos de Vida	Negativo	AII	Indireta	Média	Média
		Perda de Referências Sócio-espaciais e Culturais	Cultura e Tradição	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta
		Especulação Imobiliária e Aumento sobre os Imóveis do Entorno	Uso e Ocupação do Solo Rural Recursos Econômicos	Negativo	AII	Indireta	Alta	Alta
		Perda de Imóveis e Benfeitorias	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	ADA	Direta	Alta	Alta
		Seccionamento de Imóveis Rurais	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	ADA	Indireta	Alta	Alta
		Perda de Atividades Produtivas	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AII	Indireta	Alta	Alta
		Intensificação da Perda de Cobertura Vegetal	Flora Terrestre Fauna Terrestre Suscetibilidade Erosiva Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	ADA	Direta	Alta	Alta

Quadro 10 – continuação.

		Perda de Recursos Florestais, inclusive os Extrativistas	Modos de Vida Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta
		Perda de Renda e Fontes de Sustento	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta
		Redução da Produção Agropecuária	Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AII	Direta	Alta	Alta
3 - Enchimento dos reservatórios		Perda de Terras Agricultáveis	Solos Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireta	Baixa	Baixa
		Perda de Atividades Produtivas	Solos Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireta	Baixa	Baixa
		Perda de Renda e Fontes de Sustento	Solos Atividades Produtivas Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta
		Alteração na Paisagem	Recursos Cênicos	Negativo	AII	Direta	Alta	Alta
		Perda de Referências Sócio-espaciais e Culturais	Cultura e Tradição	Negativo	AII	Indireta	Alta	Alta
		Comprometimento das Relações Econômicas e Sociais	Atividades Produtivas Modos de Vida Recursos Econômicos	Negativo	AID	Indireta	Alta	Média
		Alterações na Infra-estrutura Urbana de Altamira	Infra-estrutura	Negativo	AID	Direta	Alta	Alta
4 - Operação		Possibilidade de intensificação da atividade garimpeira	Recursos Minerais	Negativo	AID	Indireta	Média	Média
		Alteração da paisagem	Recurso Cênico	Negativo	ADA	Indireta	Alta	Alta
		Perda de referência sócio-espaciais e culturais	Cultura e Tradição	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta
		Perda de renda e de fontes de sustento	Atividades Econômicas	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta
		Comprometimento das relações econômicas e sociais	Sujeitos sociais; relações de trabalho de renda	Negativo	AID	Indireta	Alta	Alta

As abordagens estabelecidas nos referidos EIA, desta forma, partem de diagnósticos construídos de maneira individualizada, a partir dos diferentes “meios”. Estas análises subsidiam a construção das matrizes de impactos que, embora tenham condições de identificar alterações na escala da paisagem, e com impactos sobre as dinâmicas de uso e cobertura da terra, não o fazem de maneira sistêmica e sistemática. Tal opção tem óbvios reflexos, desde a desconsideração de impactos indiretos ou menos triviais, como, por exemplo, alterações decorrentes da mera expectativa acerca da chegada da obra, até aspectos relevantes para a etapa de acompanhamento do processo de avaliação de impacto ambiental (AIA).

A etapa de acompanhamento, realizada após o processo de tomada de decisão, a partir da emissão da licença prévia, seguindo através das demais etapas (instalação e operação) (SANCHEZ, 2006), tem por objetivo garantir o cumprimento dos termos e compromissos assumidos durante o licenciamento (DIAS, 2001) por meio de ações de prevenção, recuperação, mitigação e compensação, ou seja, é considerada central para a eficácia do processo de AIA. No contexto da presente tese, esta etapa teria condições de auxiliar a verificação destes aspectos que escapam nas análises tradicionais.

Assim, compreender os padrões e trajetórias de uso e cobertura da terra sob a perspectiva dos impactos cumulativos<sup>99</sup>, suas nuances e respostas aos diversos momentos de realização do empreendimento, pode oferecer uma linha de base paralela e integrativa, de modo a cumprir efetivamente o papel descrito por Verburg et al. (2013a), como plataforma de integração<sup>100</sup>, relevante inclusive para validar alguns estudos e impactos realizados de maneira segregada dentro do processo. De maneira mais pragmática, tal acompanhamento poderia trazer benefícios reais, além de contribuir para a compreensão mais transversal e sistêmica dos impactos passíveis de representação espacial.

Para tal, os capítulos que seguem – com as aplicações metodológicas propostas – pretendem dar materialidade aos estudos mencionados e, neste sentido, evidenciar o potencial das análises, tanto dentro do contexto da AIA, quanto para o próprio desenho de políticas públicas setoriais.

---

<sup>99</sup> Conforme apresentado no tópico 2.3 desta tese.

<sup>100</sup> Conforme discutido no tópico 2.1 desta tese.

#### **4. ANÁLISE DAS DINÂMICAS DE USO E COBERTURA DA TERRA EM REGIÕES PRÓXIMAS A GRANDES EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS: UM ESTUDO A PARTIR DO COMPLEXO JIRAU/SANTO ANTÔNIO E BELO MONTE**

Visando dar início à avaliação da hipótese científica do projeto, esta etapa metodológica inicial, de caráter exploratório, parte da busca por elementos que permitam identificar a extensão dos impactos no uso e cobertura da terra, tomando a localização de grandes empreendimentos hidrelétricos como epicentro das dinâmicas. Mesmo considerando a virtual impossibilidade em isolar os efeitos de hidrelétricas como fatores determinantes na dinâmica do uso e cobertura da terra em regiões próximas, espera-se, a partir da exploração de trajetórias e da análise espacial de *buffers* concêntricos, descortinar pistas e verificar se existem padrões que auxiliem na definição de limites mais ajustados (THERIVEL; ROSS, 2007; CANTER; ROSS, 2010) para a compreensão de tais impactos decorrentes das diversas etapas do ciclo de vida deste tipo de empreendimento.

Neste sentido, é objetivo específico desta etapa oferecer elementos e municiar a construção de modelos<sup>101</sup> a partir de uma análise prévia sobre o melhor recorte a ser utilizado, tanto do ponto de vista da extensão espacial do sistema a ser analisado quanto das classes com variações mais significativas. Desta forma, a presente etapa metodológica deve responder às seguintes perguntas:

- Há elementos que permitam identificar a influência das hidrelétricas sobre as dinâmicas de uso e a cobertura da terra?
- É possível indicar qual o período mais crítico em relação às mudanças de uso e cobertura da terra nas áreas próximas às hidrelétricas?
- Quais são as classes de uso e cobertura da terra com variações mais significativas?
- Qual a extensão da abrangência da influência mais adequada para a representação espacial dos impactos?

---

<sup>101</sup> Que são desenvolvidos e apresentados no tópico 5 desta tese.

## 4.1. Métodos

Esta etapa metodológica foi realizada a partir de três etapas subsequentes, conforme abaixo:

1	Definição dos parâmetros das análises	Definição dos <i>buffers</i> por hidrelétrica	Número de <i>buffers</i> / distância
			Resoluções espaciais para cada <i>buffer</i>
		Extensão das séries históricas por hidrelétrica	
		Definição de sistemas de projeção / datum	
2	Preparação da base de dados	Aquisição, reprojeção e recorte dos dados	
		Reclassificação	
		Construção e preenchimento dos planos celulares	
		Definição e cálculos para os contrafactuais (grupo controle)	
3	Análise dos dados	Cálculo e definição das trajetórias para cada uso/coertura, para cada <i>buffer</i> (e contrafactuais)	Para a extensão
			Para o incremento
		Análise dos padrões espaciais	
		Análises complementares (estatísticas)	

### 4.1.1. Definição dos parâmetros das análises

Desta forma, e iniciando pela etapa de definição dos parâmetros das análises (1), após alguns testes preliminares, foram definidos, para cada hidrelétrica selecionada, seis recortes espaciais de análise, construídos a partir de *buffers*, ou janelas de observação, considerando o eixo de instalação dos barramentos como epicentro. Para o caso de Belo Monte, dadas as suas especificidades construtivas, foram considerados os dois barramentos (o primeiro – Sítio Pimental - no rio Xingu, que dá início ao desvio das águas para o canal de derivação, e o segundo, onde se localiza a casa de máquinas e a geração de energia principal).

Ainda, para efeitos da análise espacial, e principalmente considerando os buffers maiores (notadamente os buffers acima de 50km), as hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio foram tratadas como um complexo, em virtude da sobreposição dos buffers individuais. A Figura 28 localiza as hidrelétricas e seus buffers.

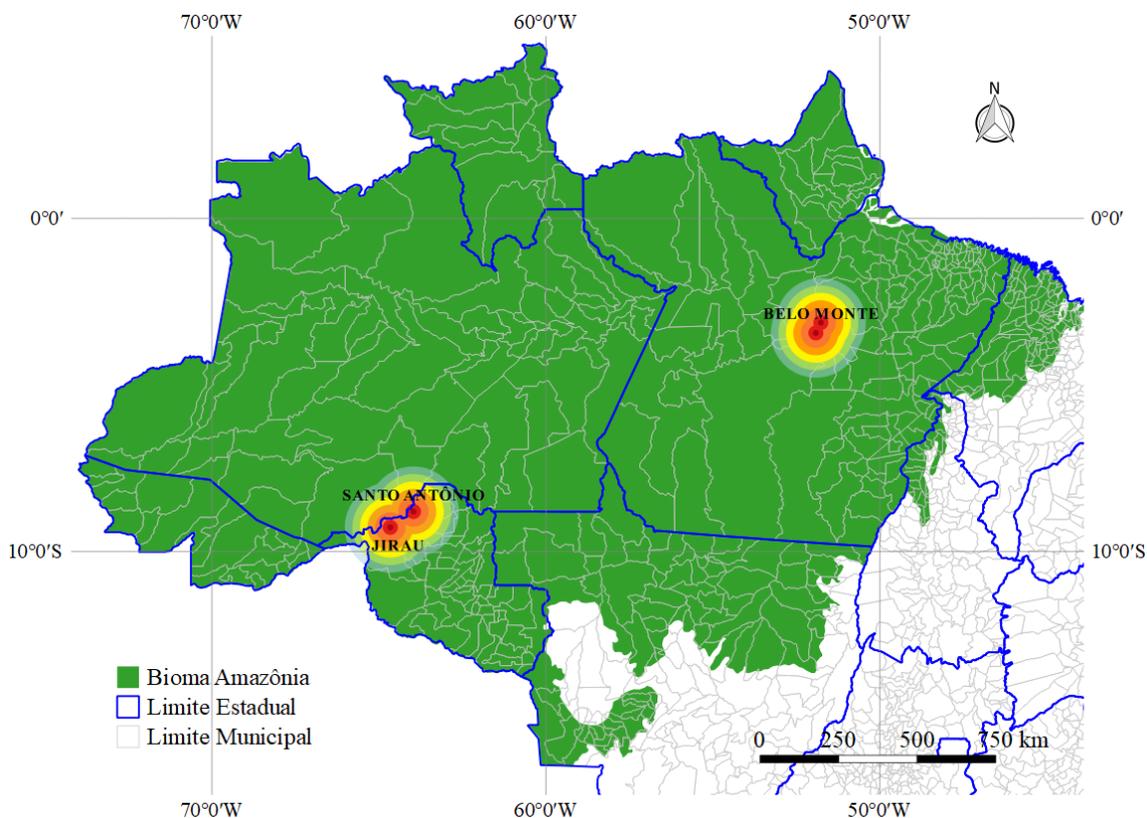


Figura 28 - Usinas hidrelétricas e buffers de avaliação consideradas pelo presente estudo. Elaboração do autor.

Foram definidos *buffers* de 150km, 125km, 100km, 75km, 50km e 25km para cada hidrelétrica, por meio do software Quantun Gis 3.4.13<sup>102</sup>. Os arquivos com os diferentes *buffers* foram inseridos no gerenciador de scripts FillCell 2.1<sup>103</sup> e, a partir deles, foram criados planos celulares, com diferentes resoluções espaciais, conforme Tabela 8.

<sup>102</sup> <https://qgis.org/en/site/>

<sup>103</sup> <http://lucme.ccst.inpe.br/fillcell/>

Tabela 8 - Escalas de análise consideradas

<i>Buffers</i>	Resolução espacial (km)	Área das Células (km <sup>2</sup> )	Número de Células		Área total do <i>buffer</i> (km <sup>2</sup> )	
			Jirau/ Santo Antônio <sup>104</sup>	Belo Monte	Jirau/ Santo Antônio	Belo Monte
150km	2,0 x 2,0	4,0000	24.331	20.716	97.324,00	82.864,00
125km	1,75 x 1,75	3,0625	23.610	19.329	72.305,62	59.195,06
100km	1,5 x 1,5	2,2500	22.353	17.531	50.294,25	39.444,75
75km	1,25 x 1,25	1,5625	20.086	15.121	31.384,37	23.626,56
50km	1,0 x 1,0	1,0000	15.965	11.757	15.965,00	11.757,00
25km	0,75 x 0,75	0,5625	7.309	6.686	4.111,31	3.760,87

Os horizontes temporais definidos para a análise das hidrelétricas selecionadas consideraram as datas do início da etapa de instalação e da etapa de operação, conforme Quadro 11. A série histórica referente à fase pré-instalação foi composta pelos 8 anos anteriores ao ano de instalação, de forma a possibilitar a captura de movimentos que possam indicar o início de mudanças nas regiões sob influência da hidrelétrica, mesmo antes do início efetivo de suas obras, conforme hipótese levantada e representada na Figura 14 (p. 59).

Quadro 11 - Etapas das hidrelétricas selecionadas

UHE	Início da Instalação	Início da Operação	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Santo Antônio	13/08/2008	30/03/12																		
Jirau	14/11/2008	06/09/13																		
Belo Monte	26/01/2011	20/04/16																		

	Pré-instalação	Instalação	Operação
Complexo Jirau-Santo Antônio	2000 - 2007	2008 - 2013	2014 - 2017
Belo Monte	2003 - 2010	2011 - 2016	2016 - 2017

<sup>104</sup> Para os *buffers* de 150km, 125km e 100km a partir de Jirau e Santo Antônio, o cálculo da área total desconsiderou o trecho do *buffer* que extrapolava o limite do Brasil.

#### 4.1.2. Preparação da base de dados

O início da etapa de desenvolvimentos metodológicos foi marcado pela necessidade de definição da base de dados a ser utilizada pelas etapas de análises projetadas. Neste sentido, foram investigadas as características de alguns produtos disponíveis sobre o uso e cobertura da terra na Amazônia brasileira. Os produtos disponíveis, inicialmente, eram as bases do IBGE, do INPE (Prodes e Terra Class) e do projeto Mapbiomas<sup>105</sup>. O Quadro 12 sintetiza as principais características dos produtos.

Quadro 12 - Principais características das bases de dados consideradas.

	IBGE	INPE		Mapbiomas (coleção 3.1)
		Prodes	Terra Class	
Resolução espacial	30m	30m	30m	30m
Séries ou datas disponíveis	2000 2010 2012 2014 2016	1988 a 2019	2004 2008 2010 2012 2014	1985 a 2017
Metodologia básica de classificação	Fotointerpretação visual	Fotointerpretação visual	fotointerpretação visual	Processo de classificação automatizado
Referências	IBGE (2018, 2019)	Souza <i>et al.</i> (2019), Maurano e Escada (2019)	Almeida <i>et al.</i> (2016)	Mapbiomas (2019a), Maurano e Escada (2019)

Dadas as necessidades da presente pesquisa, os dados com séries em resolução anual apresentavam vantagens em relação aos demais por possibilitar detalhar as trajetórias em relação às etapas do ciclo de vida dos empreendimentos. O Prodes, embora bastante robusto, reconhecido (MAURANO, 2018) e com uma longa série histórica e disponibilidade anual, avalia apenas o desmatamento, inviabilizando análises de outras classes relevantes para os exercícios aqui propostos.

Isto posto, houve a necessidade de realizar uma tomada de decisão, considerando e assumindo todos os *trade-offs* da escolha. Optou-se pela disponibilidade temporal e de outras classes de uso em detrimento da precisão na interpretação e na estabilidade na

<sup>105</sup> “Projeto MapBiomas é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. A descrição completa do projeto encontra-se em <http://mapbiomas.org>” (MAPBIOMAS, 2019b).

classificação. Neste sentido, os dados do projeto Mapbiomas ofereceram um suporte adequado às análises pretendidas.

Maurano e Escada (2019), entretanto, realizaram um importante exercício de comparação entre os produtos do Prodes e a coleção 3.0 do projeto Mapbiomas e concluíram que, dentre as áreas classificadas como desmatadas pelo Prodes, 36% eram classificadas como “formação florestal” pelo Mapbiomas. Para o ano de 2017, o estudo identificou que esse valor subiu para 63%. Os autores concluem que os dados do projeto Mapbiomas – coleção 3.0 - partem de uma abordagem de interpretação mais conservadora em relação à redução de florestas.

De toda forma, em razão da disponibilidade de dados e classes, e pela cobertura para todo o país, os produtos do projeto Mapbiomas seguem utilizados por pesquisas dentro da temática de dinâmica de sistemas terrestres<sup>106</sup> (GARRETT et al., 2018; MARIANO et al., 2018; CROUZEILLES et al., 2019; RODRIGUES et al., 2019; VIEIRA; PRESSEY; LOYOLA, 2019; WANG et al., 2019; GUERRA et al., 2020).

Mesmo considerando que a coleção 3.1<sup>107</sup> inseriu alterações em algumas rotinas de classificação, é importante reconhecer esse limite dos dados analisados, que podem ser significativos para alguns usos, como o apoio a ações de fiscalização e na interface com políticas de controle do desmatamento e de redução de emissões (REDD+) (MAURANO; ESCADA, 2019). Para o presente escopo de análise, significa que os resultados obtidos podem ser ainda mais intensos do que os valores encontrados nas análises que seguem.

A partir destas definições, foram adquiridos mapas em formato TIFF da coleção 3.1 do projeto Mapbiomas, realizada por meio da plataforma Google Earth Engine<sup>108</sup>, para os anos de 2000 a 2017, partindo do recorte do bioma Amazônia. Para cada ano, foram realizados tratamentos como a reprojeção<sup>109</sup> dos mapas e recortes para o *buffer* maior - 150km a partir de complexo selecionado, conforme Figuras 29 e 30.

---

<sup>106</sup> Importante considerar também que os primeiros produtos (coleção 1 – beta) do mapbiomas só foram lançados oficialmente em abril de 2016.

<sup>107</sup> Na data de conclusão desta tese já estava disponibilizada a coleção 4 do projeto mapbiomas, com a expectativa da publicação da coleção 4.1 para o final de março de 2020.

<sup>108</sup> <https://earthengine.google.com/>

<sup>109</sup> Os mapas foram reprojetados para o sistema de referência EPSG 5880 - Projecção Policônica Sirgas 2000 (<https://epsg.io/5880>).

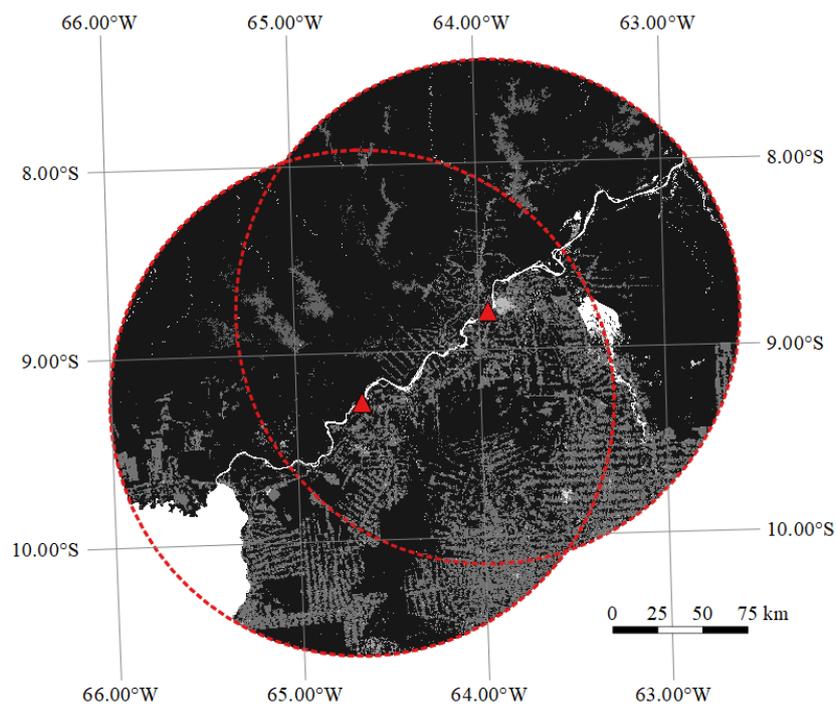


Figura 29 – Delimitação realizada nos arquivos raster do projeto Mapbiomas – imagem do ano 2010 - para o limite do *buffer* de 150km a partir dos barramentos das hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio. Escala gráfica indicada. Elaboração do autor.

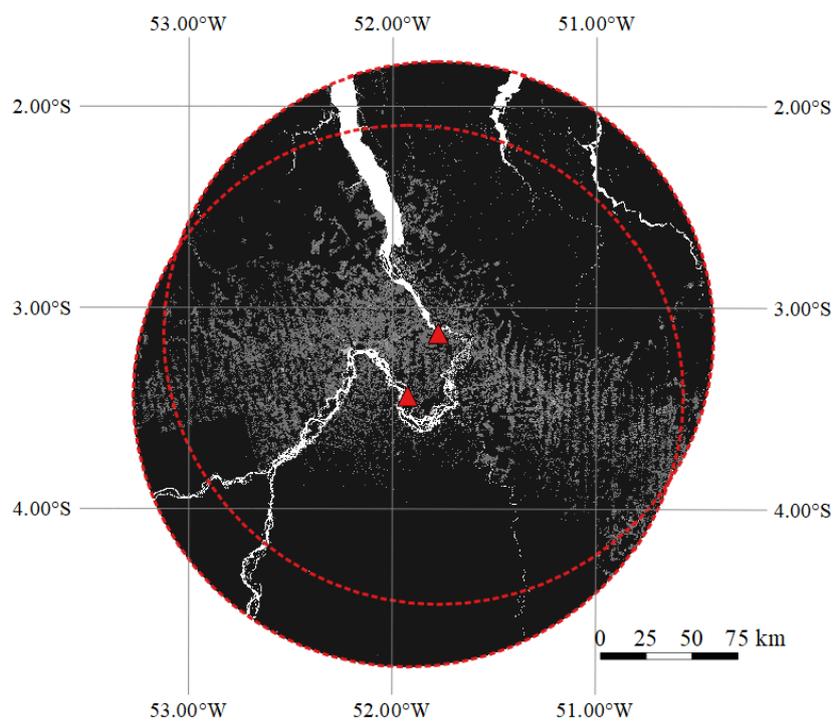


Figura 30 - Delimitação realizada nos arquivos raster do projeto Mapbiomas – imagem do ano 2010 - para o limite do *buffer* de 150km a partir dos barramentos das hidrelétricas de Belo Monte. Escala gráfica indicada. Elaboração do autor.

A próxima etapa foi analisar e realizar o agrupamento das classes disponibilizadas pelo projeto Mapbiomas em sua coleção 3.1. Desta forma, os dados foram reclassificados considerando os critérios apresentados no Quadro 13, totalizando 3 classes de uso e cobertura da terra<sup>110</sup>. Foram utilizados o algoritmo de reclassificação r.class, do GRASS/QGIS e a calculadora de raster do QGIS.

Quadro 13 - Agrupamento das classes de uso e cobertura da terra. Em destaque (células hachuradas em cinza), as classes com representação nas regiões objeto da análise.

Classes de Uso e Cobertura da terra Mapbiomas – Coleção 3.1			Análise das áreas do entorno das hidrelétricas – 150km		
1º Nível	2º Nível	3º Nível	Presença da classe	Agrupamento para análises quantitativas e espaciais	
Floresta	Floresta Natural	Formação Florestal	Sim	Vegetação Natural	
		Formação Savânica	Não		
		Mangue	Não		
	Floresta Plantada	---	Não		
Formação Natural Não Florestal	Área úmida natural não florestal	---	Não		
	Formação Campestre	---	Não		
	Apicum	---	Não		
	Outra Formação Natural não Florestal	---	Sim (porém pouco significativa <sup>111</sup> )		
Agropecuária	Pastagem	---	Pastagem		Agropecuária
	Agricultura	Cultura Anual e Perene	Cultura Anual e Perene		
		Cultura Semi-Perene	Não		
	Mosaico de Agricultura com Pastagem	---	Mosaico de Agricultura com Pastagem		
Área não Vegetada	Praia e Duna	---	Não	Área Antropizada	
	Infraestrutura Urbana	---	Infraestrutura Urbana		
	Afloramento Rochoso	---	Não		
	Mineração	---	Mineração		
	Outra Área não Vegetada	---	Outra Área não Vegetada		

<sup>110</sup> A descrição das classes é apresentada no Anexo 1.

<sup>111</sup> Para todos os buffers, não foram encontrados valores superiores a 2,8% da área total.

Quadro 13 - Continuação.

Corpos D'água	Rio, Lago e Oceano	---	Rio, Lago e Oceano	NA
	Aquicultura	---	Não	
Não Observado	---	---	Não Observado	

Os mapas anuais de uso e cobertura da terra, devidamente tratados, foram também inseridos no gerenciador de scripts FillCell para o preenchimento das células. Foi utilizado o operador “*coverage*”, que calcula a porcentagem de cada classe coberta pela célula, como métrica de preenchimento. Tal processamento foi realizado para cada um dos *buffers*, e para cada ano da série definida, e para cada complexo ou usina hidrelétrica, totalizando 198 processamentos de preenchimento de células<sup>112</sup>.

Por fim, foi realizada a definição dos contrafactuais<sup>113</sup>, ou formas de identificar a especificidade e sensibilidade das dinâmicas ao indutor definido, uma vez que garantir o isolamento dos efeitos causais de hidrelétricas nos sistemas terrestres de outros *drivers* é uma tarefa profundamente desafiadora (RUFIN et al., 2019).

Desta forma, e tomando como base de comparação e verificação do alinhamento ou descolamento em relação à dinâmica regional, foram definidas duas escalas de análise adicionais e paralelas: i) O(s) Estado(s) onde os barramentos estão localizados (Pará para Belo Monte e Rondônia<sup>114</sup> e Amazonas pra Jirau e Santo Antônio) e; ii) o conjunto de municípios do entorno imediato da(s) usina(s), estes definidos como os atingidos integral ou parcialmente pelo *buffer* de 150km, conforme apresentado na Figura 31. O anexo 2 apresenta a relação de municípios que compõe cada um dos grupos de municípios do entorno da(s) hidrelétricas. Assim, o método lança mão tanto de contrafactuais temporais – ao avaliar um espectro temporal que antecede em 8 anos o início efetivo das obras - e espaciais, considerando recortes escalares maiores, aptos a captar as variações regionais, como forma de estabelecer critérios claros e objetivos de análise comparativa.

<sup>112</sup> Para a área abarcada pelo aqui chamado Complexo Jirau-Santo Antônio foram realizados processamentos de preenchimento de célula referentes a 18 anos, em 6 buffers. Para a área ao entorno dos barramentos de Belo Monte, foram realizados processamentos para 15 anos para Belo Monte, para cada um dos 6 buffers.

<sup>113</sup> *Counterfactuals* (RUFIN et al., 2019).

<sup>114</sup> Para o cálculo das variações das classes em Rondônia foi considerado apenas a parte do Estado dentro do bioma Amazônia.

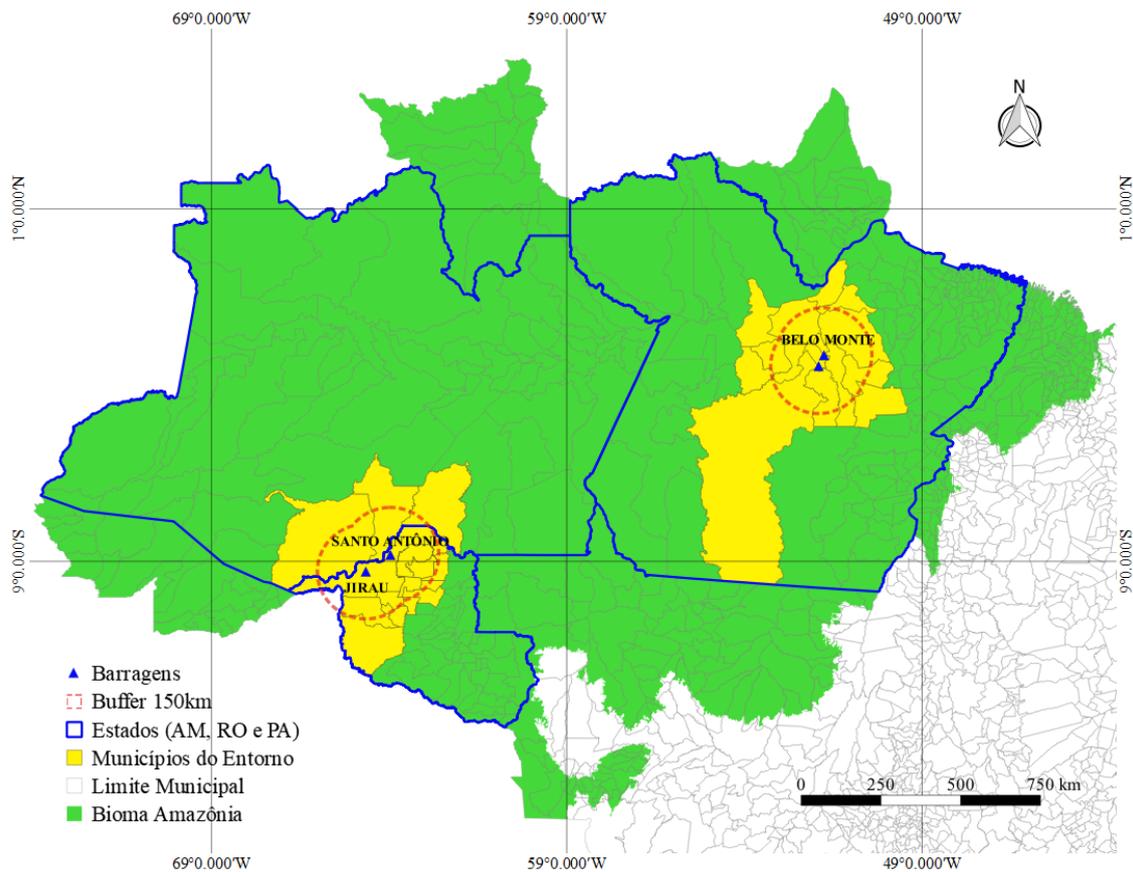


Figura 31 – Grupos de comparação - ou contrafactuals espaciais. Elaboração do autor.

#### 4.1.3. Análise dos dados

Após a consolidação do banco de dados espacial, foram calculados os valores totais de cada classe de uso e cobertura da terra adotada, dentro de cada *buffer*, ano a ano, a partir da somatória dos valores das células da janela em questão e, posteriormente multiplicado pela área da célula, considerando a resolução adotada, conforme descrito na Tabela 8. Ainda, foi realizado o cálculo da porcentagem de cada classe em relação à área total de cada janela.

Por fim, foram realizadas análises das variações relativas, ou incrementais, das classes dentro de cada *buffer*, para cada intervalo de anos sequenciais, bem como para o dado agrupado pelos períodos pré-instalação, de instalação e de operação, conforme os períodos disposto no Quadro 11, com exceção do período pré-instalação, onde optou-se por utilizar apenas os 5 anos anteriores ao início das obras, de forma a permitir paralelismo nas análises com o período de instalação.

O Quadro 14 apresenta as formas de cálculo para cada um dos tipos de variação consideradas nas análises que seguem.

Quadro 14 - Tipos de variação utilizadas nas análises das trajetórias das classes de uso e cobertura da terra. O coeficiente  $u$  representa a classe de uso ou cobertura em avaliação.

Tipologias de variação	Interpretação	Formas de cálculo
Variação absoluta (extensão)	Refere-se ao valor total acumulado para a classe até o ano de interesse, expresso em porcentagem de área do <i>buffer</i> .	$VA_u = \% \text{ de } \textit{área}_{final,u} - \% \text{ de } \textit{área}_{inicial,u}$
Variação relativa (incremento)	Refere-se à taxa de variação entre duas datas, expresso em porcentagem de incremento ou decremento.	$VR_u = \frac{(\textit{Área}_{final,u} - \textit{Área}_{inicial,u})}{\textit{Área}_{inicial,u}}$

Todas as análises estatísticas complementares foram realizadas por meio do software R<sup>115</sup>.

## 4.2. Resultados

Os resultados estão apresentados por hidrelétrica e por classe de cobertura/uso. Para cada classe, são apresentados os seguintes elementos de análise:

- Trajetórias (extensão e incremento);
- Variações agrupadas por períodos;
- Mapas com a espacialização das alterações para anos relevantes, conforme apontamentos das trajetórias.

### 4.2.1. Santo Antônio e Jirau

Para o caso das hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, as análises permitiram avaliar isoladamente as hidrelétricas apenas para o *buffer* de 25km. Para os *buffers* de 50km, 75km, 100km, 125km e 150km, considerando que não é possível individualizar os

<sup>115</sup> <https://www.r-project.org>.

resultados obtidos, e os mesmos foram tratados como cumulativos<sup>116</sup>, decorrentes dos dois empreendimentos (de mesma tipologia), simultaneamente.

#### 4.2.1.1. Vegetação Natural

Para as áreas consideradas a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio, a classe “vegetação natural” é formada de maneira largamente majoritária pela classe “Formação Florestal”. A classe “Formação natural não florestal” que compõe a classe “vegetação natural”, neste caso, não representa em nenhum *buffer* áreas maiores que 1,9% da área total sob análise. Posto isto, as Figuras 32 e 33 mostram o comportamento da classe nos *buffers* (linha sólida) e nas janelas definidas para a comparação com a dinâmica regional (linha pontilhada) e permitem identificar alguns pontos:

- Os *buffers* de 75km, 100km, 125km e 150km apresentam comportamentos muito próximos, tanto do ponto de vista da extensão quanto do incremento da classe;
- O *buffer* de 50km parte de um percentual de território coberto por vegetação natural menor em relação aos *buffers* mais distantes e, desta forma, apresenta incrementos mais acentuados, principalmente para os períodos de 2010 e 2013, na segunda metade do período de construção;
- Destacam-se os *buffers* mais próximos – 25km a partir de Jirau e de Santo Antônio – como os com variações incrementais mais acentuadas, em toda a série. Tal comportamento, entretanto, pode ser explicado pelo histórico de alteração das áreas, considerando que a percentagem da área coberta pela classe parte de valores bastante reduzidos já em 2000, com 42,3% da área total do *buffer* em Jirau e 30,1% em Santo Antônio;
- Mesmo para os *buffers* mais próximos, e em todos os períodos avaliados, as variações não perdem a aderência ao padrão encontrado nas demais janelas, ou seja, não é possível identificar o descolamento das tendências encontradas nos demais *buffers*.

---

<sup>116</sup> Conforme discutido no tópico 2.5 desta tese.

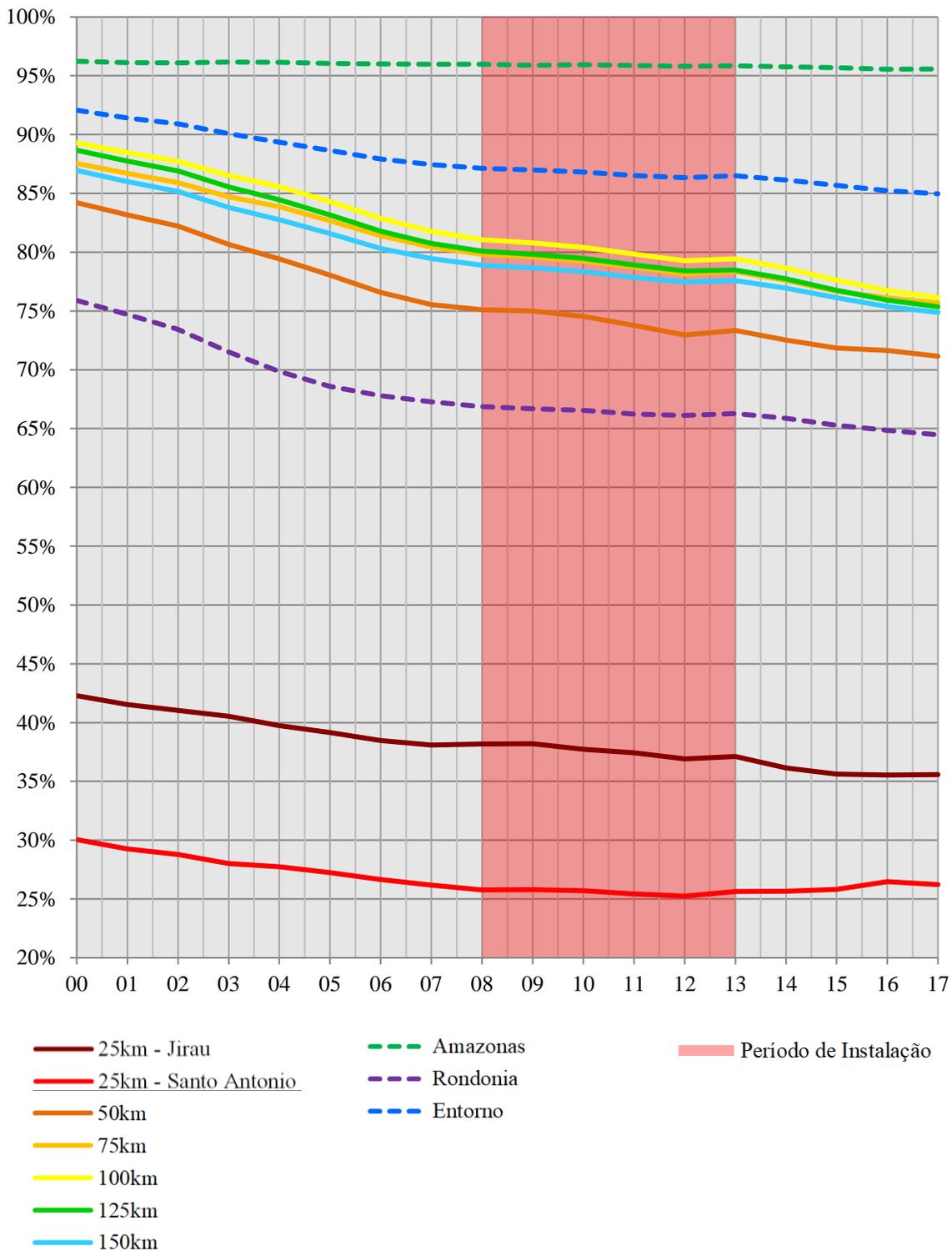


Figura 32 - Variação total (extensão) da classe “Vegetação Natural” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com as hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período considerado como de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a porcentagem de área, para cada janela de observação, abarcada pela classe em cada ano.

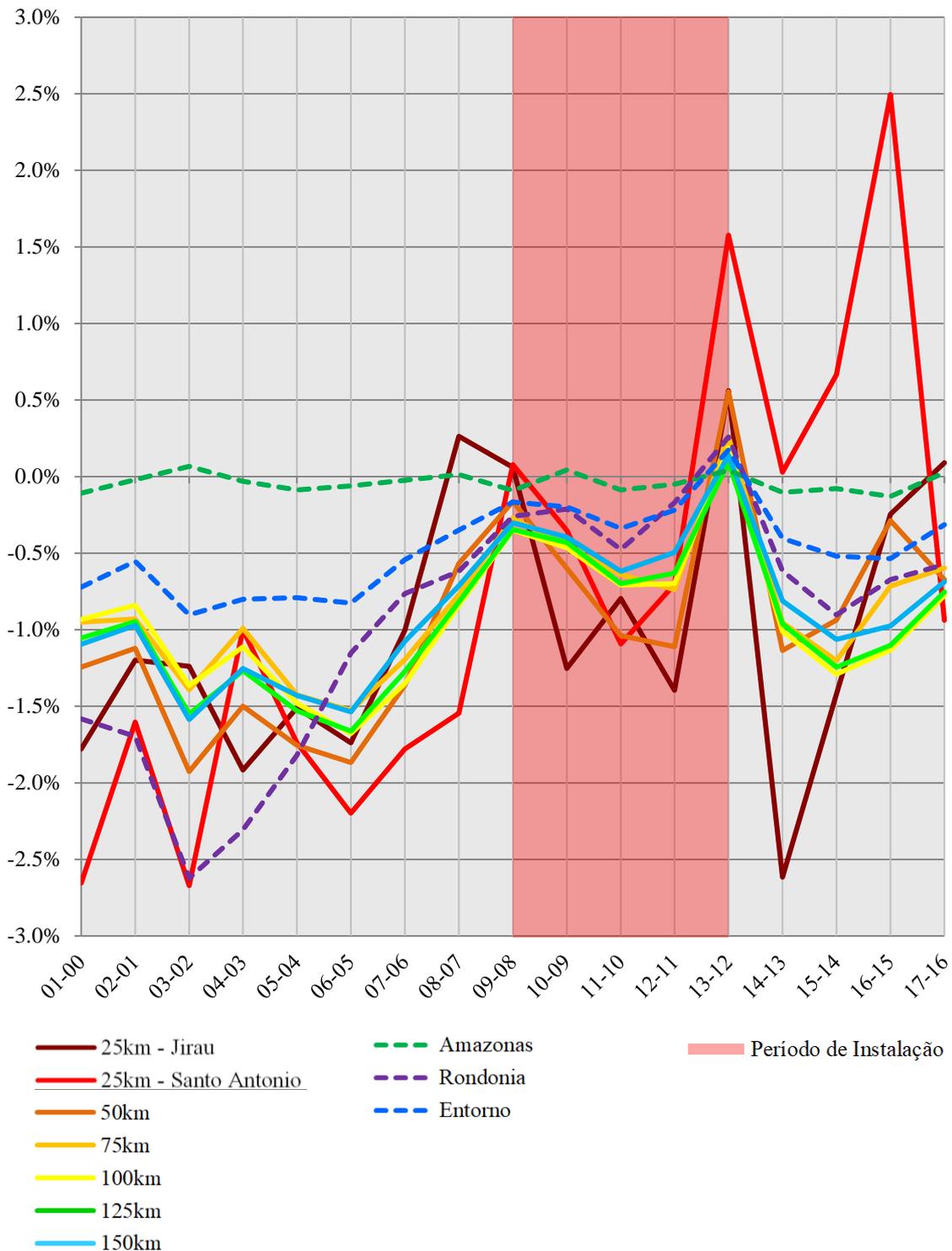


Figura 33 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Vegetação Natural” para cada ano, a partir de Jirau e Santo Antônio. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a taxa de variação, para cada janela de observação, para a classe em cada ano.

Analisando os valores acumulados dentro dos períodos (Figura 34), destaca-se o período pré-instalação em relação aos demais, com decrementos (taxas de perda de

vegetação natural) mais significativos, à exceção da dinâmica regional (contrafactual) para o Estado do Amazonas, que segue uma trajetória quase estacionária. Estes dados, entretanto, contemplam o período de 2003 a 2008, ou seja, captam os anos com maior intensidade de desmatamento da série considerada<sup>117</sup>.

Considerando apenas os períodos de instalação e de operação, os *buffers* de 25km a partir tanto de Jirau quanto de Santo Antônio e o *buffer* de 50km a partir do complexo indicam um descolamento em relação ao padrão dos demais *buffers* e às janelas regionais. Ou seja, nestas janelas mais próximas percebem-se decrementos muito mais intensos na etapa de instalação do que na operação. Já nas janelas maiores – acima dos 75km – o padrão é invertido, e o período de operação passa a oferecer os maiores valores de decrementos em relação ao período de instalação, seguindo a tendência regional.

Destacam-se também os valores positivos para o período de operação, no *buffer* de 25km a partir de Jirau, em um movimento de recuperação da vegetação nativa sem paralelos nas demais janelas.

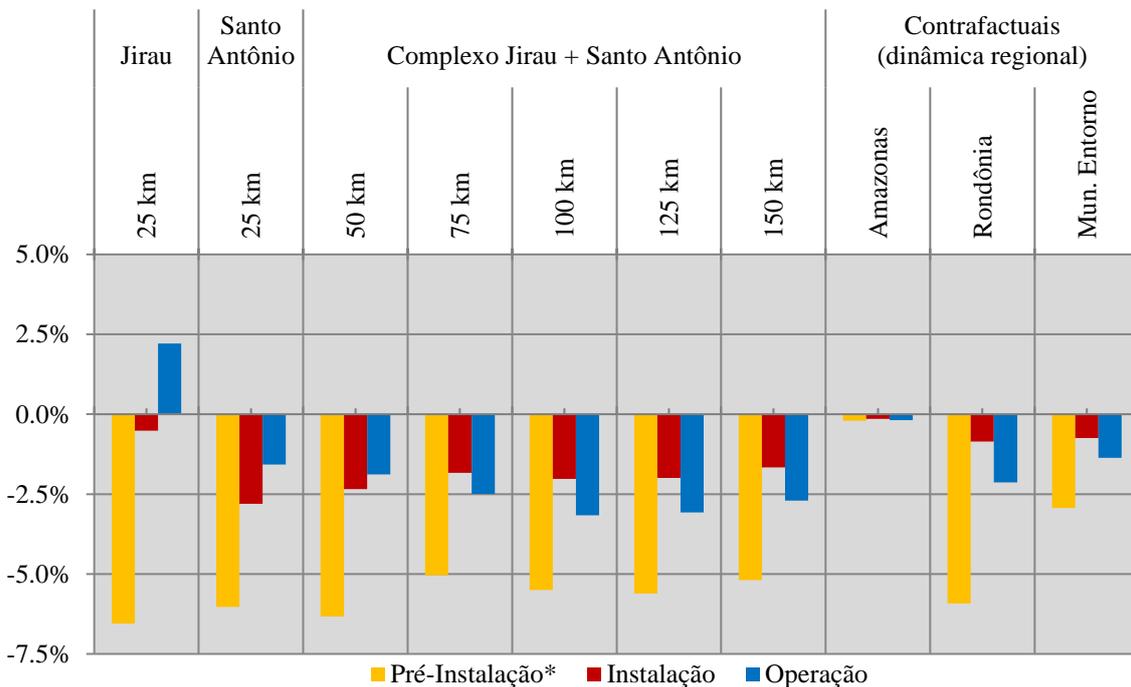


Figura 34 - Variação incremental ((área final - área inicial)/ área inicial) da classe “vegetação natural”, agrupada para cada um dos períodos (pré-instalação 2003-2007, instalação 2008-2013 e operação 2014-2017) a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

<sup>117</sup> Ver figura 17 – tópico 3.2.

Tabela 9 – Diferença nas taxas de mudança entre os períodos para a classe “vegetação natural” para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.

Janelas de Observação			Diferença entre os períodos pré-instalação e de Instalação	Diferença entre os períodos de Instalação e de Operação
<i>Buffers</i>	Jirau	25 km	6.038%	2.721%
	Santo Antônio	25 km	3.221%	1.235%
	Complexo	50 km	3.986%	0.457%
		75 km	3.208%	-0.661%
		100 km	3.482%	-1.144%
		125 km	3.615%	-1.072%
		150 km	3.531%	-1.041%
Contrafactuais (dinâmica regional)	Entorno		2.182%	-0.619%
	Rondônia		5.058%	-1.278%
	Amazonas		0.059%	-0.040%

Comparando apenas as variações da classe dentro do período de instalação (Figura 35), nota-se claramente as diferenças entre as mais próximas de Jirau e Santo Antônio, esta última muito menor dentro do período de instalação, mesmo considerando os impactos diretos da obra. Importante resgatar que, para este *buffer*, observa-se, já no início da série, a presença da classe em percentuais muito baixos – partindo de 30,1% em 2000, e iniciando o período de instalação – em 2008 – com apenas 25,78% do seu território.

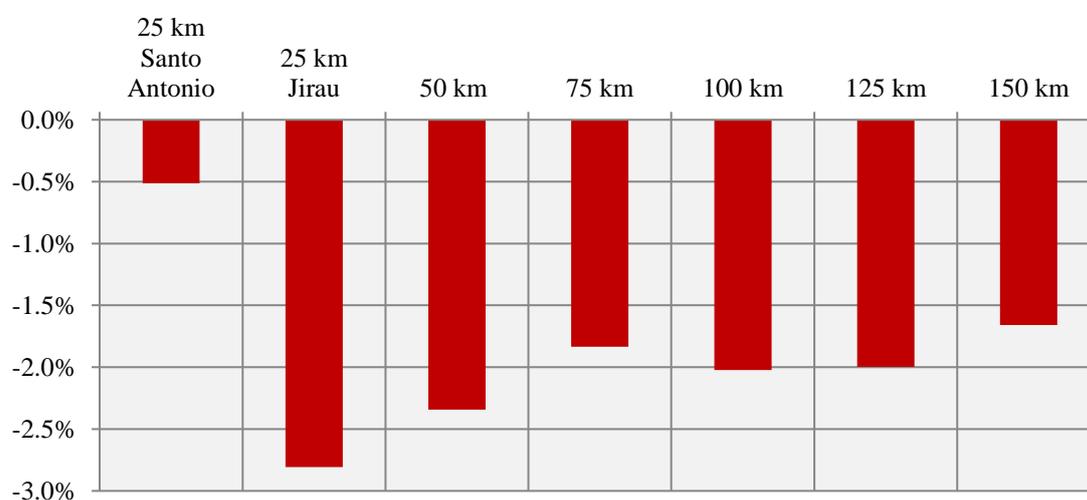


Figura 35 - Variação incremental ((área final - área inicial) / área inicial) da classe “vegetação natural”, agrupada para o período de instalação (2008-2013) para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Eixo vertical com a variação percentual considerando a área de cada *buffer*. Eixo horizontal com cada *buffer* considerado.

Complementarmente, a espacialização dos resultados oferece elementos adicionais para auxiliar na compreensão de como as dinâmicas se materializam de diferentes formas

sobre o território. Neste sentido, preliminarmente, as análises foram realizadas dentro dos períodos.

Avaliando todo o período considerado aqui como pré-instalação (2003 a 2007), de maneira acumulada, é possível perceber que a perda de áreas de vegetação natural ocorre de maneira generalizada por toda a maior janela de observação (Figura 36), ainda que, percentualmente, o *buffer* de 150km chegue ao fim do período pré-instalação (2008) com 78,98%<sup>118</sup> de seu território coberto pela classe. Ainda, toda a região ao sul do rio Madeira, até os limites dos arredores do reservatório de Samuel – com a salvaguarda de trechos ocupados por terras indígenas e algumas unidades de conservação de proteção integral - apresentam-se como altamente alteradas. Destaca-se, neste contexto, o importante papel das terras indígenas, tipicamente a terra Karitiana (TI-02), Karipuna (TI-03), Igarapé Ribeirão (TI-04) e Igarapé Lage (TI-05), além do Parque Estadual de Guajará-Mirim (UCPI-04) na contenção do avanço da frente de desmatamento.

Ao norte do rio Madeira, o limite do Parque Nacional do Mapinguari (UCPI-01) parece exercer um papel também bastante importante, mesmo que seja possível encontrar decrementos pontuais em seu interior e bordas.

Tal avaliação traz importantes informações para a análise dos impactos da etapa de instalação, uma vez que fica evidente que a dinâmica de conversão da classe vegetação natural já estava em pleno curso nos períodos que antecedem o início das obras, seguindo um padrão regional.

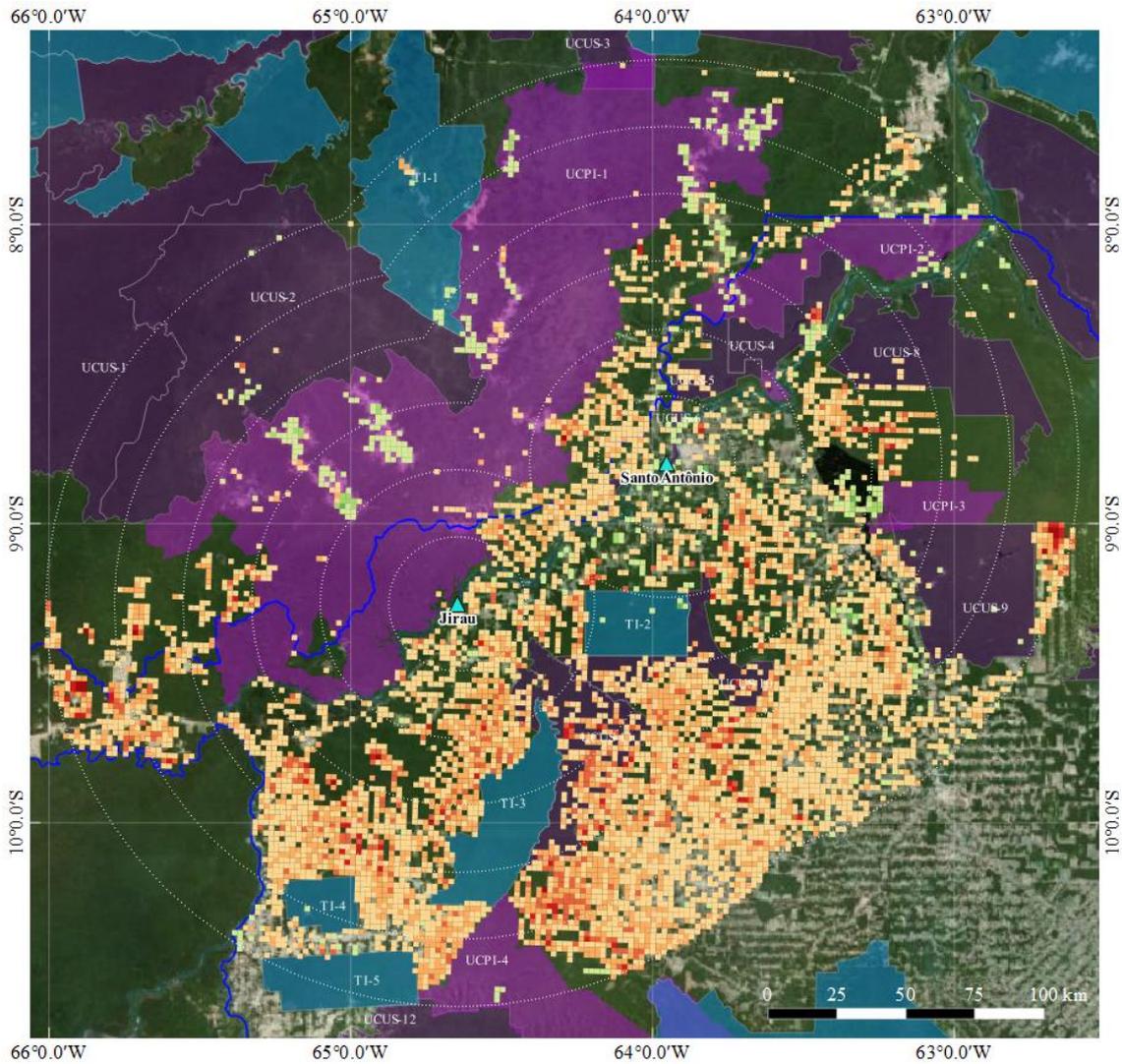
A análise para o acumulado dentro do período de instalação (Figura 37) mostra exatamente que há uma desaceleração na abertura de novas frentes, com a intensificação do desmatamento dentro das células já impactadas no período anterior. É possível, entretanto, perceber 3 regiões de maiores decrementos: i) ao sul de Jirau, até os limites da TI Karipuna (TI-03); ii) ao sul da TI Karitiana (TI-02), seguindo adentro da Floresta Nacional do Bom Futuro (UCUS-10) e pela Reserva Extrativista Jaci-Paraná (UCUS-11) e; iii) à leste do Parque Estadual de Guajará-Mirim (UCPI-04).

Ainda, as áreas marginais ao rio Madeira apresentam áreas de importantes decrementos, evidenciando os impactos diretos da obra. A Figura 38 detalha o intervalo temporal com

---

<sup>118</sup> Recordando que este cálculo desconsidera o trecho do território que extrapola os limites do Estado brasileiro.

maior variação (2009-2012) para o *buffer* de 50km e apresenta elementos mais precisos para a localização destas alterações.



Período de análise: Pré-Instalação

Janela temporal dos dados: 2003 a 2007

Maior Janela espacial (*buffer*) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)

□ Limite Estados

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

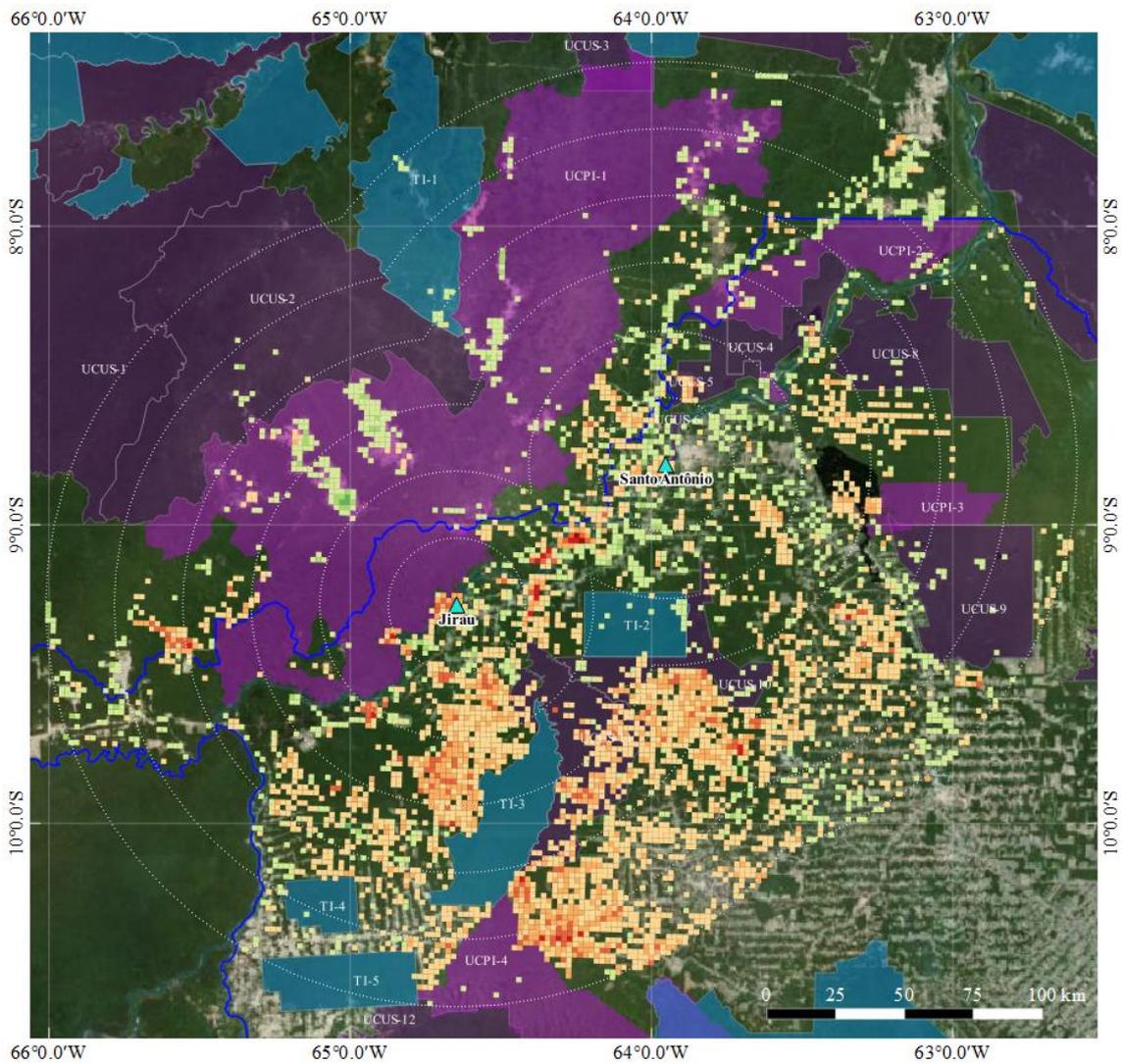
■ Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 36 - Variação da classe "Vegetação Natural" entre os anos de 2003 e 2007 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.



Período de análise: Instalação

Janela temporal dos dados: 2008 a 2013

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)

□ Limite Estados

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

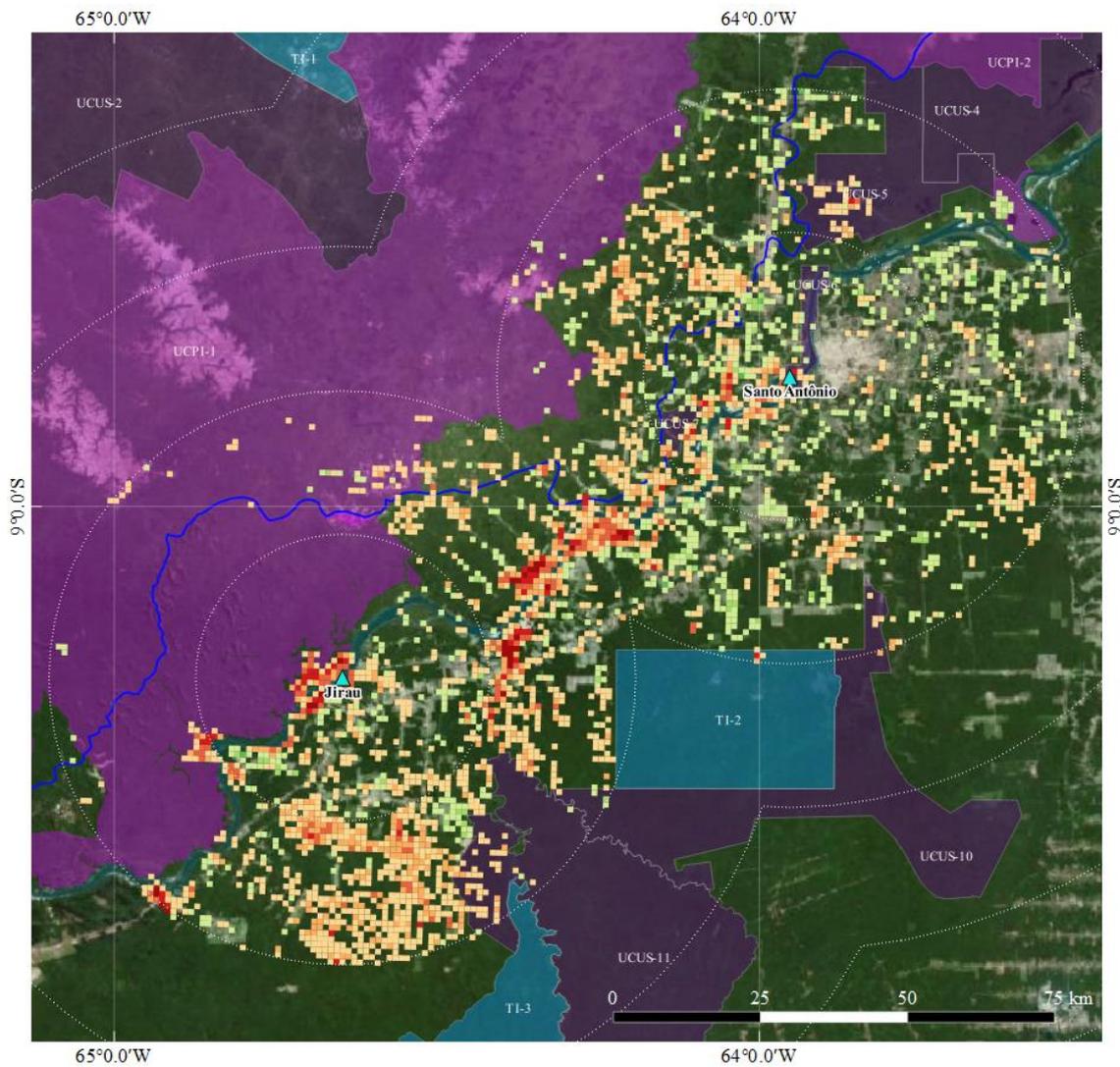
■ Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 37 - Variação da classe "Vegetação Natural" entre os anos de 2008 e 2013 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.



Período de análise: Instalação

Janela temporal dos dados: 2009 a 2012

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)

□ Limite Estados

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

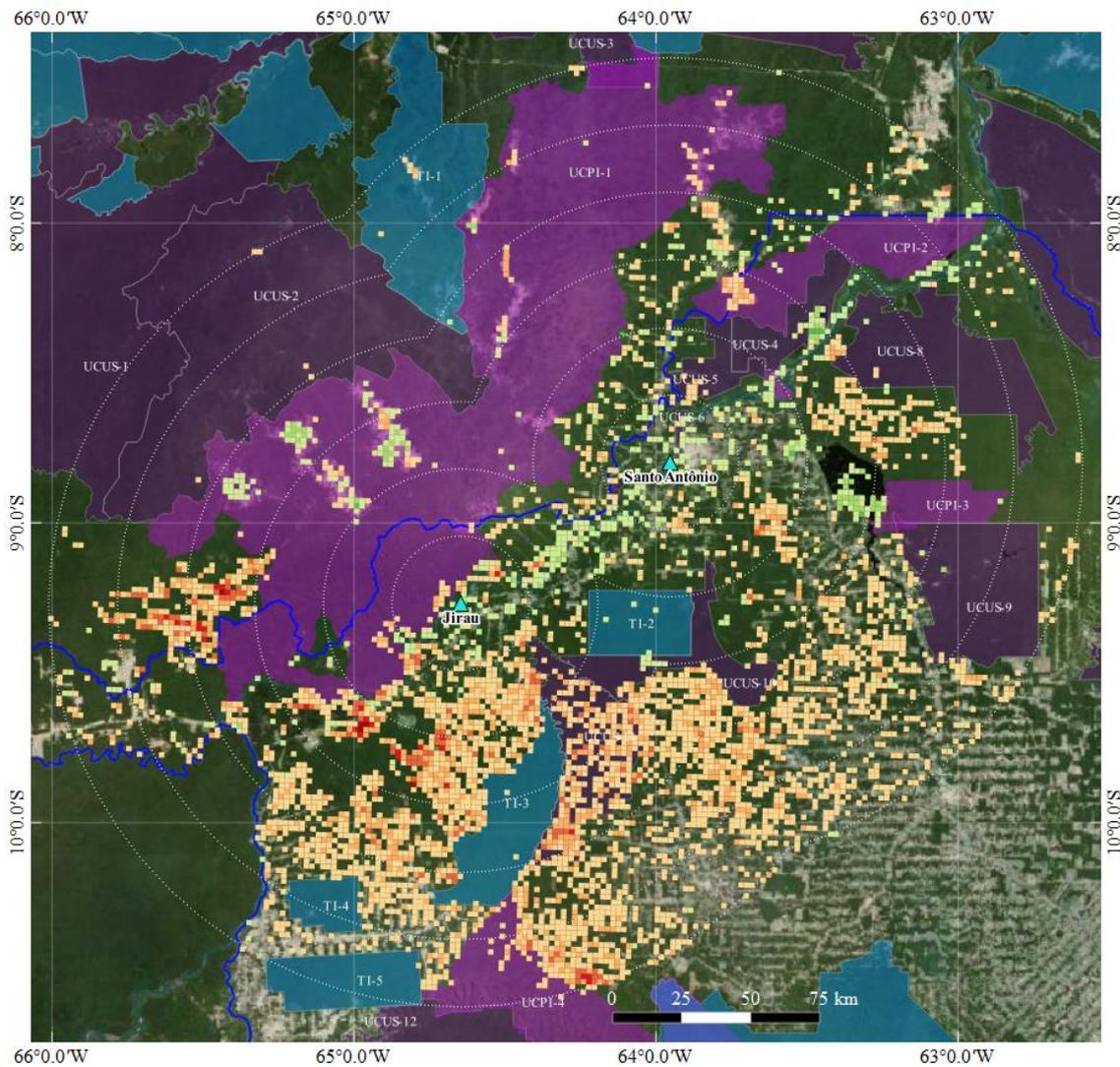
■ Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 38 - Variação da classe "Vegetação Natural" entre os anos de 2009 e 2012 dentro do *buffer* de 50 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.



Período de análise: Operação

Janela temporal dos dados: 2014 a 2017

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe  
"Vegetação Natural"



- ▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)
- Limite Estados
- Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)
- Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)
- Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 39 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2014 e 2017 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.

O período de operação – mais curto que os demais – é marcado pela recuperação da classe nas áreas mais próximas ao rio Madeira, principalmente a partir a região do *buffer* de 25km de Jirau, seguindo a jusante, bem como um arrefecimento das dinâmicas de uso e cobertura da terra, principalmente nos arredores dos *buffers* mais próximos à Santo Antônio. O Parque Nacional do Mapinguari (UCPI-01) segue sofrendo efeitos de borda, principalmente nos arredores de Jirau e em direção a sua montante. Ainda, pode-se notar o avanço de abertura de áreas de vegetação nativa dentro do Parque Estadual de Guajará-Mirim (UCPI-04). Nas regiões ao sul de Jirau, a dinâmica de perdas de áreas segue as tendências dos períodos anteriores.

Por fim, é importante destacar que, mesmo com as citadas recuperações, as taxas de desmatamento para o período nos *buffers* maiores – tipicamente a partir dos 75km – são significativamente maiores do que os observados dentro do período de instalação.

#### 4.2.1.2. Agropecuária

Seguindo o padrão identificado na classe “Vegetação Nativa”, para a classe “Agropecuária”, a avaliação para a janela do Estado do Amazonas revela variações muito sutis<sup>119</sup>, com pouca relevância para as análises. Para os demais recortes regionais, é possível identificar uma relação próxima entre as dinâmicas, com taxas de incrementos importantes desde o início da série. Tais taxas, entretanto, são anualmente atenuadas<sup>120</sup> a partir de 2003, e adentram o recorte do período de instalação, em 2008, já com uma dinâmica bastante suavizada. A partir de 2013, seguem um novo ciclo de incrementos.

Os *buffers* de 150km, 125km, 100km, 75km, e mesmo o de 50km seguem a mesma tendência, sem perder a aderência do padrão identificado nos recortes do Estado de Rondônia e do conjunto de municípios do entorno.

É apenas no *buffer* mais próximo que é possível perceber distinções marcantes em relação à tendência regional, com destaque para o *buffer* de 25km de Santo Antônio,

---

<sup>119</sup> Interessante notar que o gráfico apresentado na figura 38 indica variações incrementais altas para o Estado do Amazonas. Pode-se explicar essa diferença entre os gráficos 37 e 38 pela vasta área do Estado. Ou seja, quando se analisa a dinâmica tomando-se como referência a área total do território, nota-se baixíssimas variações, entretanto, quando se analisa a taxa de variação, que considera apenas os valores iniciais e finais, ponderados pelo valor inicial, é possível notar mudanças importantes.

<sup>120</sup> Atenuadas, entretanto sempre positivas.

com decréscimos a partir de 2009, bastante intensificado em 2011, adentrando o período de operação. Tal tendência só perde a sustentação em 2017, ano final da série considerada.

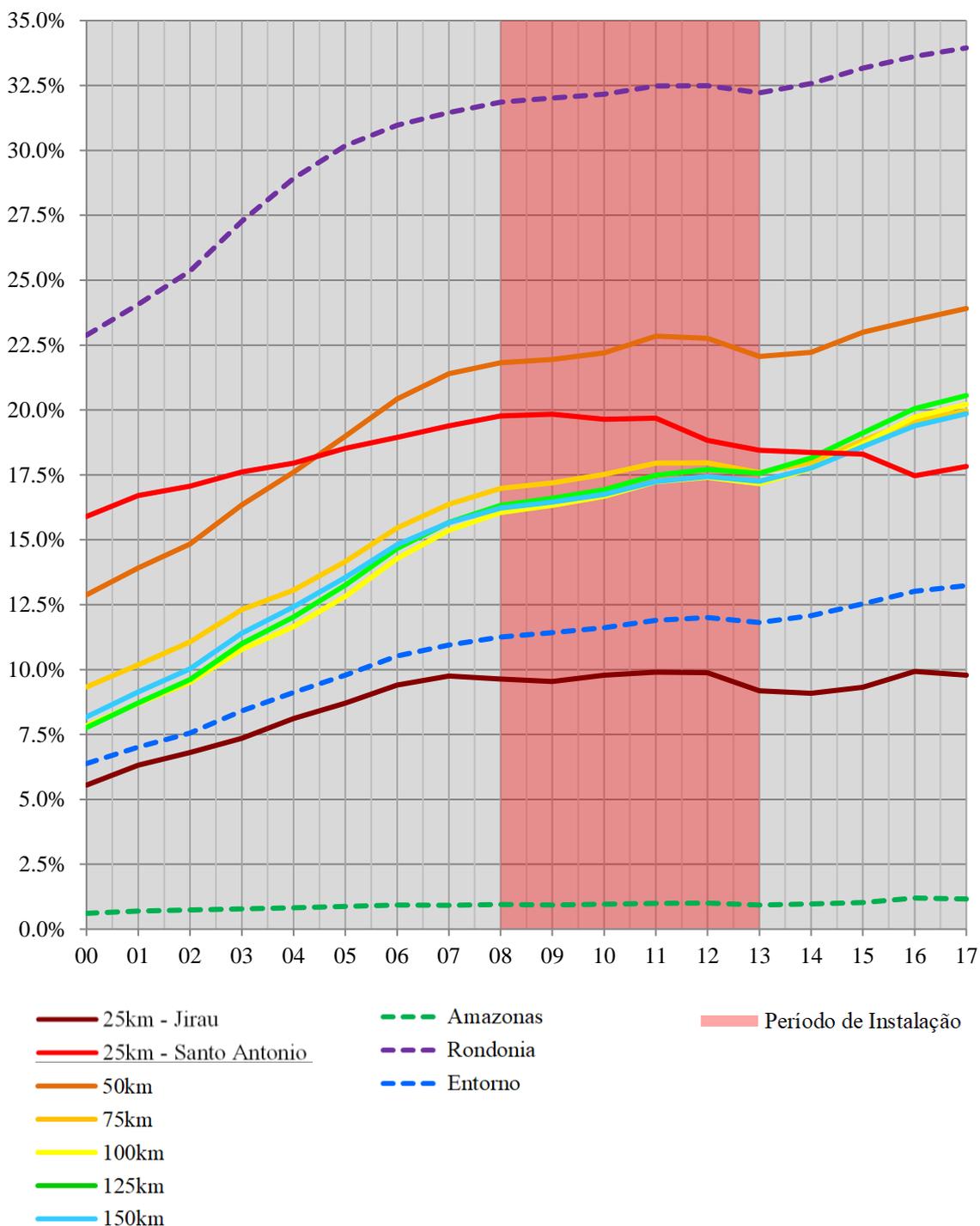


Figura 40 - Variação total (extensão) da classe “Agropecuária” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com as hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a porcentagem de área, para cada janela de observação, abarcada pela classe em cada ano.

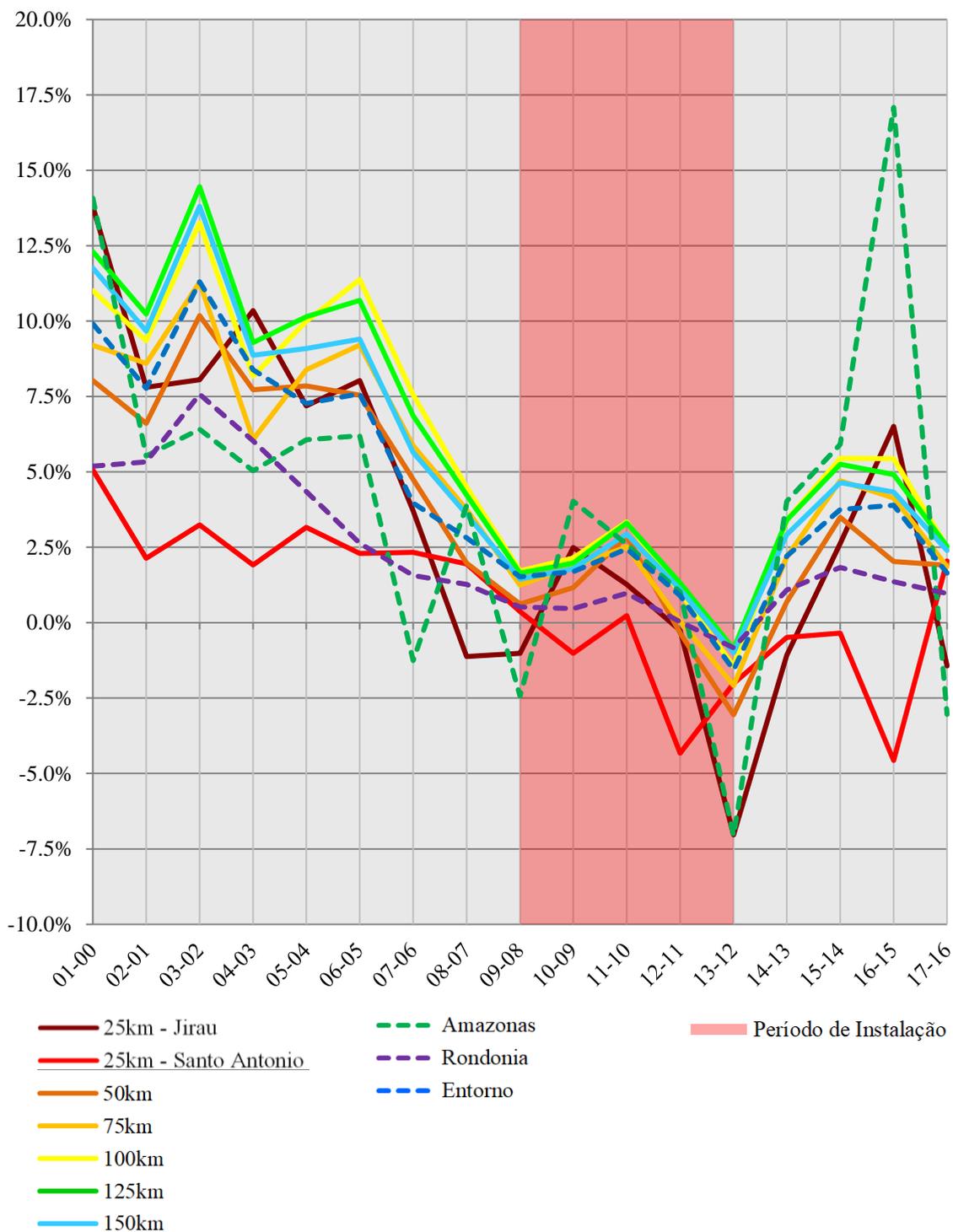


Figura 41 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Agropecuária” para cada ano, a partir de Jirau e Santo Antônio. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a taxa de variação, para cada janela de observação, para a classe em cada ano.

A Figura 42 decompõe a classe “agropecuária” em suas sub-classes, de modo a oferecer subsídios à compreensão dos processos em curso nas regiões e o que tais variações representam efetivamente.

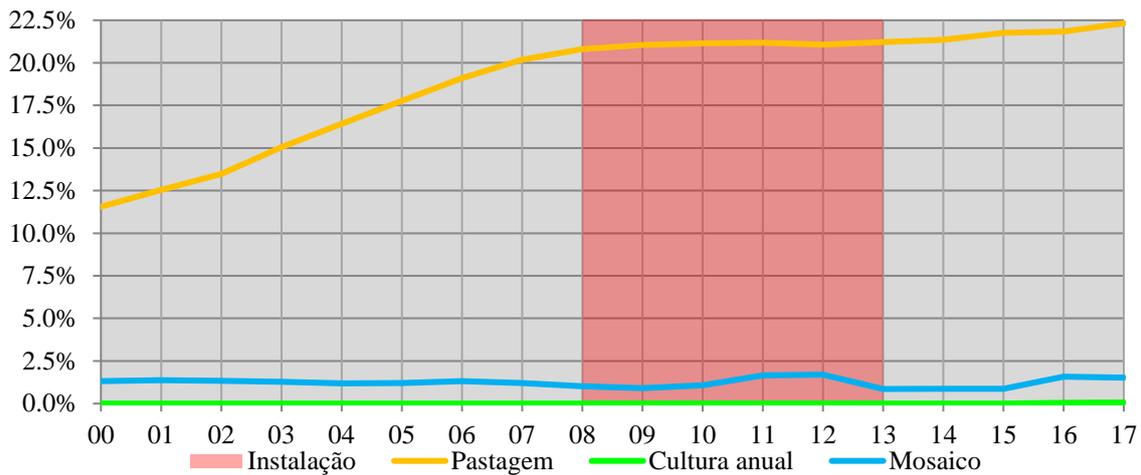


Figura 42 – Trajetórias das classes Pastagem, Cultura Anual e Mosaico de Agricultura com Pastagem, que compõe a classe “Agropecuária”, para o *buffer* de 50km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. A área hachurada refere-se ao período de instalação considerado para Jirau e Santo Antônio. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total do *buffer*. No eixo horizontal os anos da série considerada.

Analisando os valores acumulados dentro dos períodos, é possível perceber que o comportamento da classe segue de maneira bastante próxima o observado para a classe “vegetação natural”, com sinais de avanço muito maiores dentro do período de planejamento para todas as janelas.

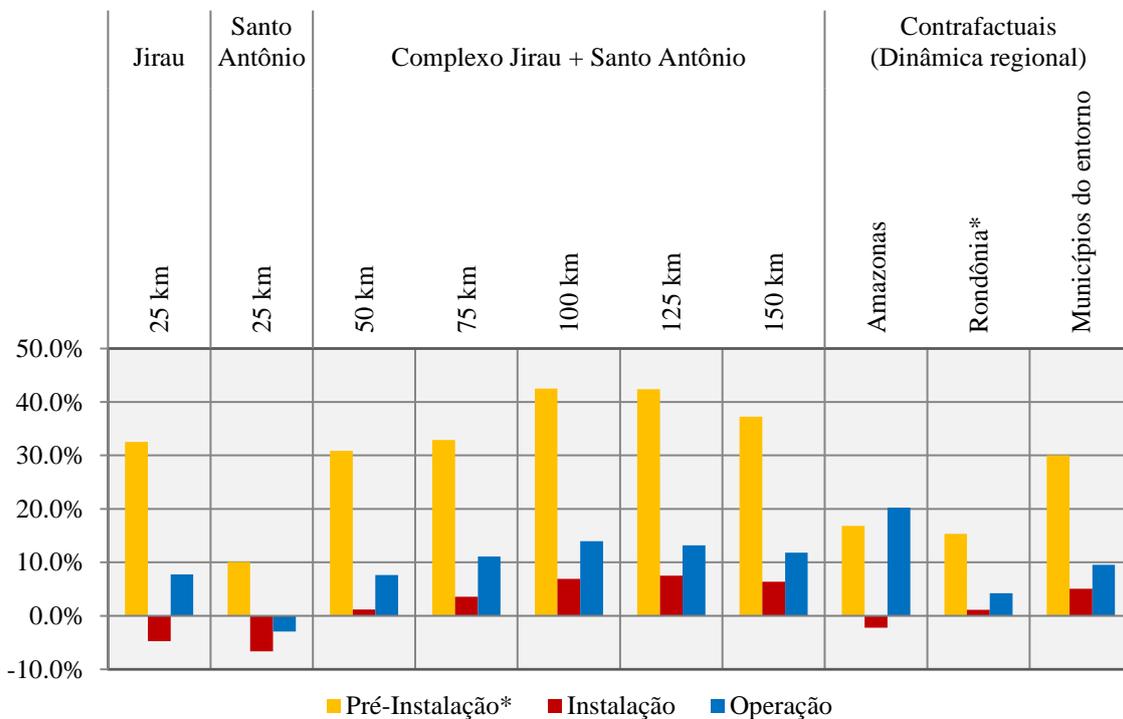


Figura 43 - Variação incremental ((área final - área inicial)/ área inicial) da classe “agropecuária”, agrupada para cada um dos período (pré-instalação 2003-2007, instalação 2008-2013 e operação 2014-2017) para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Tabela 10 – Diferença nas taxas de mudança entre os períodos para a classe “agropecuária”, para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.

Janelas de Observação			Diferença entre os períodos pré-instalação e de instalação	Diferença entre os períodos de instalação e de operação
<i>Buffers</i>	Jirau	25 km	-37.250%	12.484%
	Santo Antônio	25 km	-16.706%	3.695%
	Complexo	50 km	-29.728%	6.450%
		75 km	-29.338%	7.491%
		100 km	-35.634%	7.075%
		125 km	-34.829%	5.672%
		150 km	-30.850%	5.387%
Contrafactuais (Dinâmica regional)	Entorno		-25.003%	4.521%
	Rondônia		-14.188%	3.074%
	Amazonas		-19.050%	22.461%

Para o período de instalação, é evidente que as regiões mais próximas às obras acumulam perdas de área na classe. De outro lado, quanto maior a janela de análise é possível perceber a inversão do padrão, o aumento gradativo do incremento de áreas voltadas à agropecuária, até o limite do *buffer* de 125km, que apresenta a maior taxa para o período. Neste sentido, considerando a orientação das mudanças a partir dos *buffers*, pode-se afirmar que há uma relação entre os empreendimentos, durante a etapa de instalação, e a perda de áreas da classe.

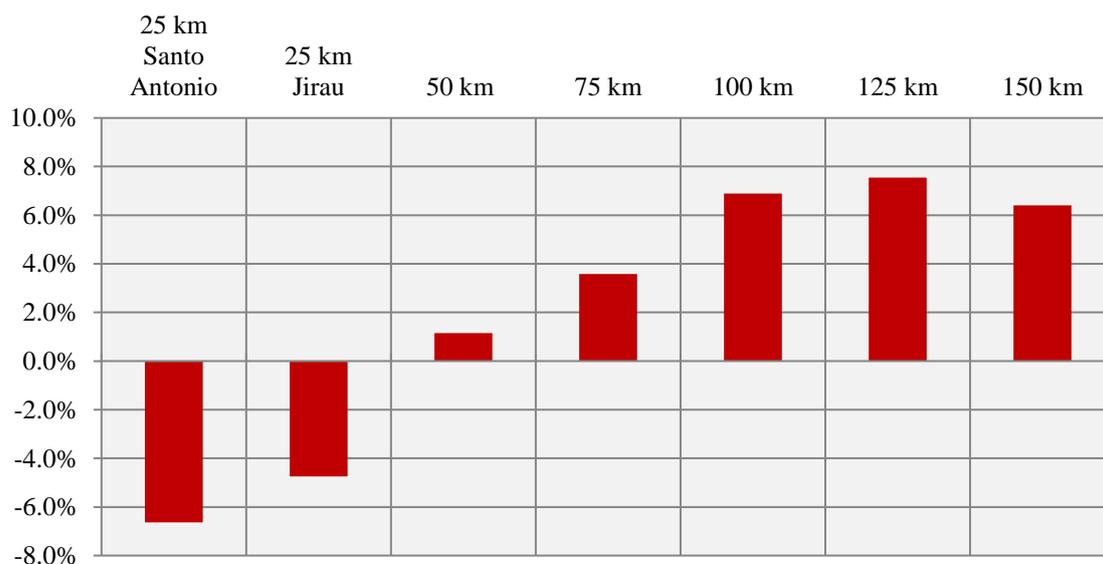


Figura 44 - Variação percentual ((área final - área inicial) / área inicial) da classe “vegetação natural”, agrupada para o período de instalação (2008-2013) para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Analisando o período de operação, a partir de 2014, a dinâmica de crescimento da classe volta a ganhar força e segue, para todos os *buffers*, em valores significativamente maiores que os encontrados no período de instalação. Importante destacar que esta relação é mantida nas janelas regionais, impossibilitando qualquer tipo de inferência sobre a influência da hidrelétrica na dinâmica da classe.

Ao avaliar o comportamento dentro do período pré-instalação (Figura 45), fica reforçada a relação entre o avanço da classe e a perda de áreas de vegetação natural (Figura 36)<sup>121</sup>. É possível notar, inclusive, avanços dentro das áreas de conservação, tanto de uso sustentável quanto de proteção integral. Destaca-se neste contexto a Reserva Extrativista Jaci-Paraná (UCUS-11) e a Floresta Nacional do Bom Futuro (UCUS-10), com grandes áreas ocupadas pela classe dentro do período.

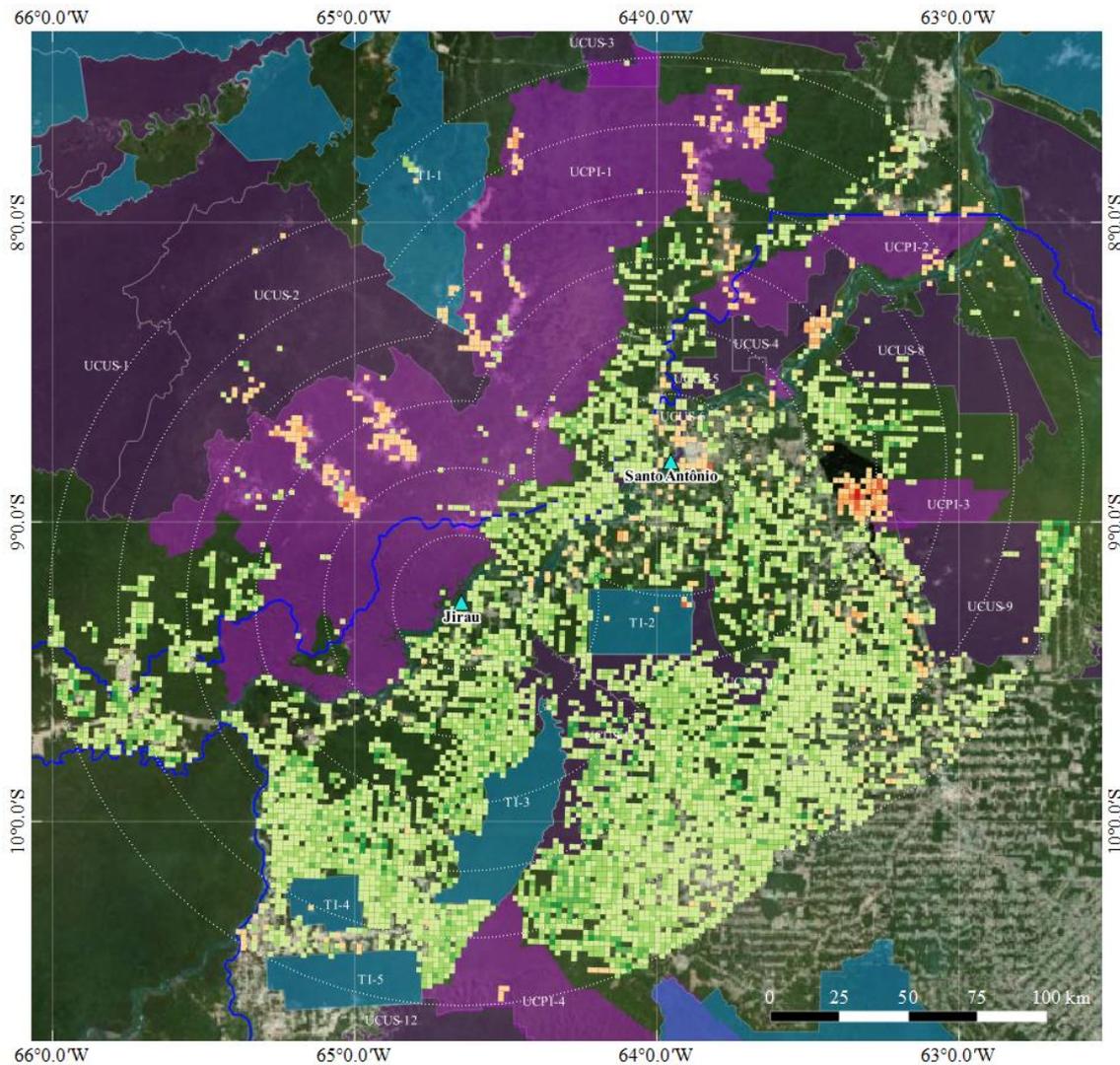
Ainda, é importante salientar a existência, principalmente dentro do Parque Nacional Mapinguari (UCPI-01) de áreas com a presença de manchas de savanas e campos naturais (MMA, 2016b). Para estes casos, os sinais de aumento de áreas da classe agropecuária precisam ser relativizados, uma vez que a classe incorpora, conforme o Quadro 5, com bastante preponderância, a classe pastagem. Neste sentido, é muito provável que o método de interpretação de imagens não permita diferenciar tais manchas naturais da classe pastagem, cujos sinais espectrais são muito semelhantes, inserindo um ruído à análise.

Para o período de instalação, a relação de espelhamento com a classe “vegetação natural” segue mantida<sup>122</sup>. A região mais próxima a Santo Antônio, entretanto, até o *buffer* de 75km aproximadamente, registra um período de baixo dinamismo das atividades na região. As unidades de conservação de uso sustentável destacadas no período pré-instalação (UCUS-10 e UCUS-11) seguem registrando forte avanço das atividades agropecuárias captadas pela classe. Não há grandes variações registradas pela avaliação espacial para o período de operação, à exceção da ainda maior atenuação das dinâmicas registradas nas áreas ao sul de Santo Antônio e um incremento de áreas adentrando o Parque Nacional Guajará-Mirim (UCPI-4).

---

<sup>121</sup> Complementarmente, foi realizada uma análise de correlação (*Spearman*) entre as classes “vegetação natural” e “agropecuária”, para o plano celular do buffer de 150km a partir das barragens, para a variação acumulada dentro do período de planejamento. O valor foi de -0.94357, ou seja, muito próxima da conversão total.

<sup>122</sup> A correlação (*Spearman*) entre as variações das classes, para o período de instalação, ainda a partir das células do buffer de 150km, é de -0.90358.



Período de análise: Pré-Instalação

Janela temporal dos dados: 2003 a 2007

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe

"Agropecuária"



▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)

□ Limite Estados

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

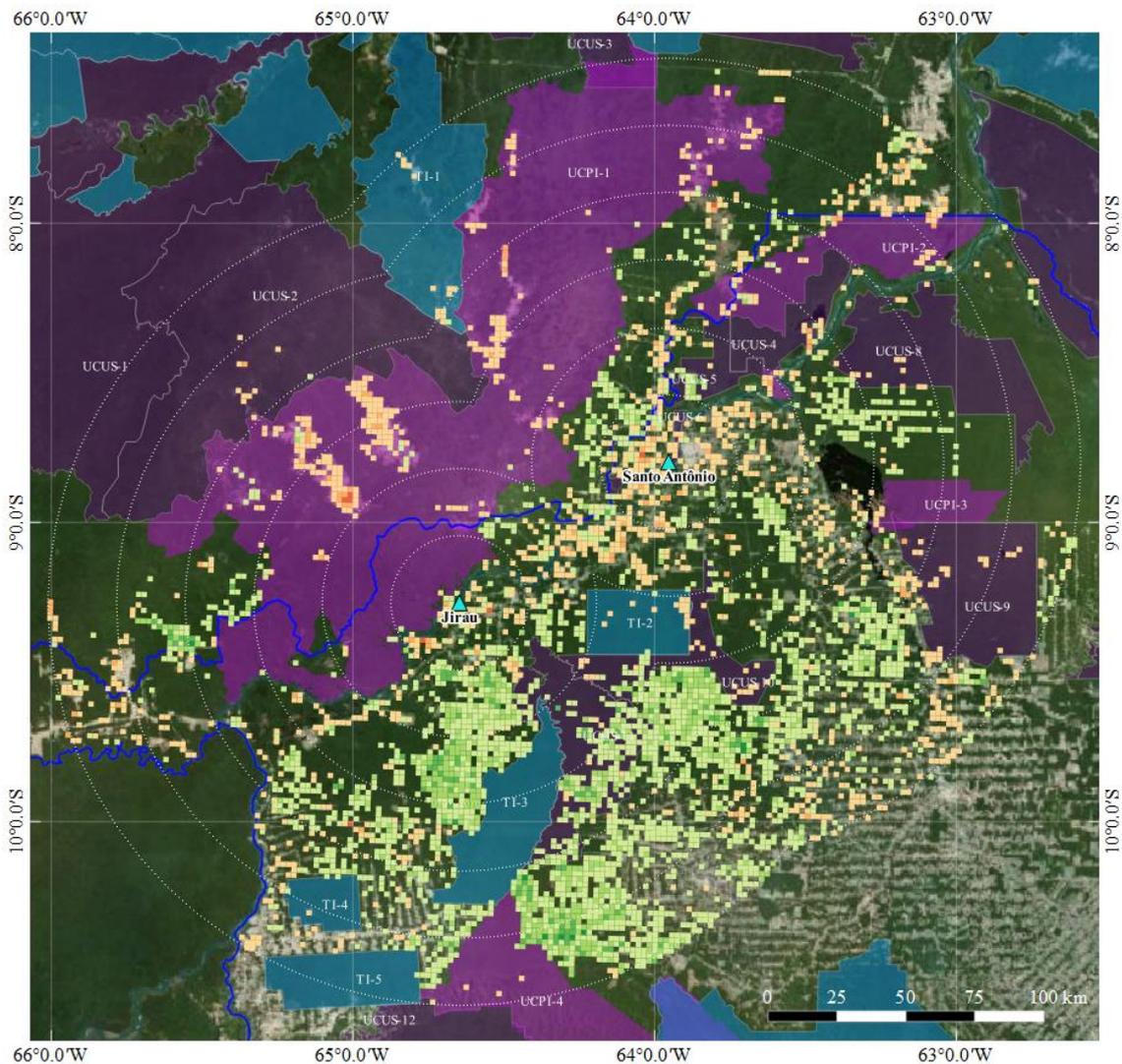
■ Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 45 - Variação da classe "Agropecuária" entre os anos de 2003 e 2007 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.



Período de análise: Instalação

Janela temporal dos dados: 2008 a 2013

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe  
"Agropecuária"



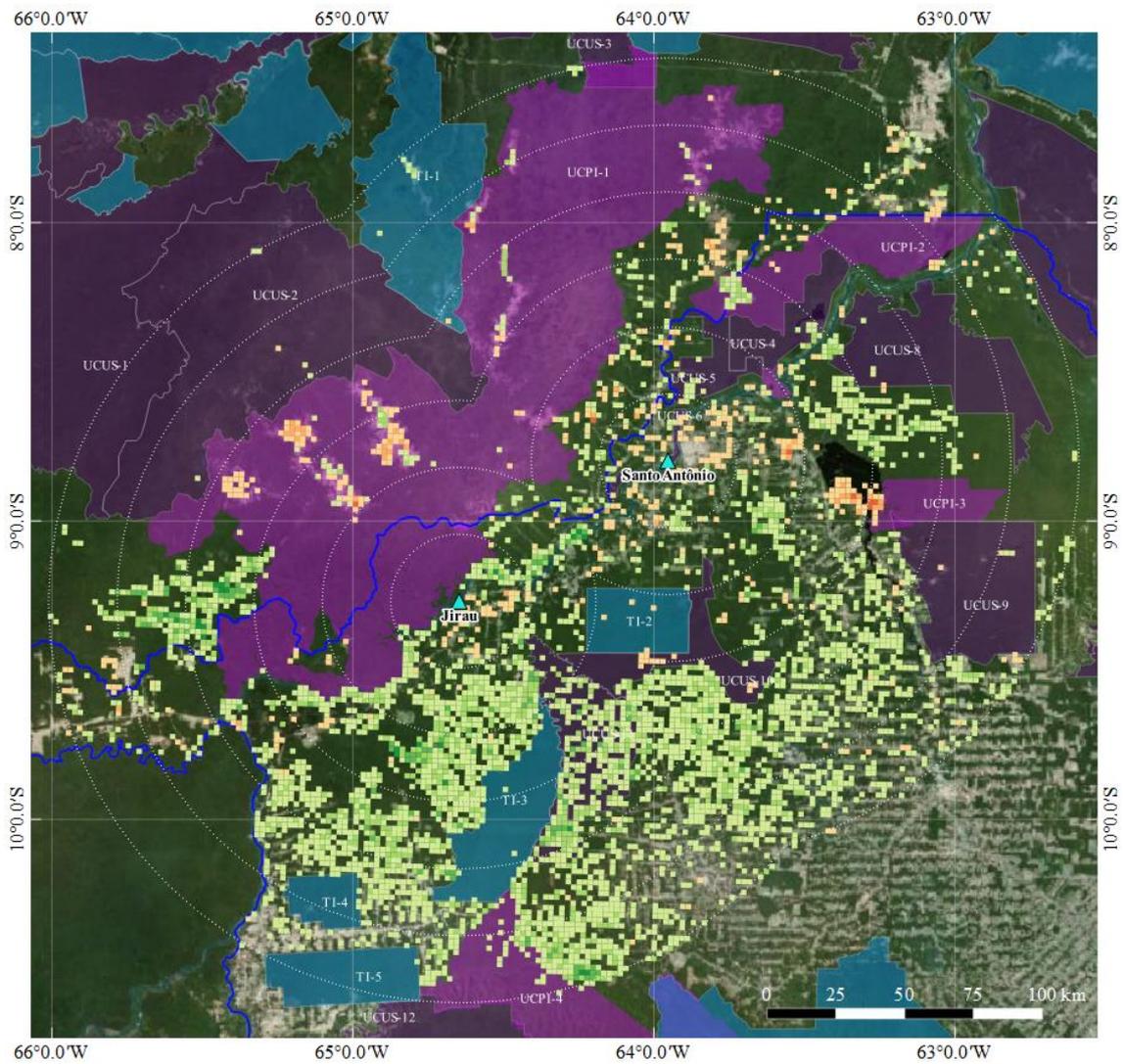
- Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)
- Limite Estados
- Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)
- Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)
- Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizados para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 46 - Variação da classe "Agropecuária" entre os anos de 2008 e 2013 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.



Período de análise: Operação

Janela temporal dos dados: 2014 a 2017

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe  
"Agropecuária"



▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)

□ Limite Estados

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

■ Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 47 - Variação da classe "Agropecuária" entre os anos de 2008 e 2013 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.

#### 4.2.1.3. Áreas Antropizadas

As trajetórias da classe são formadas, nas áreas de interesse, principalmente pelas classes “Infraestrutura urbana” e “Outras áreas não vegetadas”<sup>123</sup>. A classe “Mineração” possui uma representação virtualmente inexistente na série, em todas as janelas a partir das hidrelétricas. A Figura 48 apresenta as séries das classes para o *buffer* de 50km.

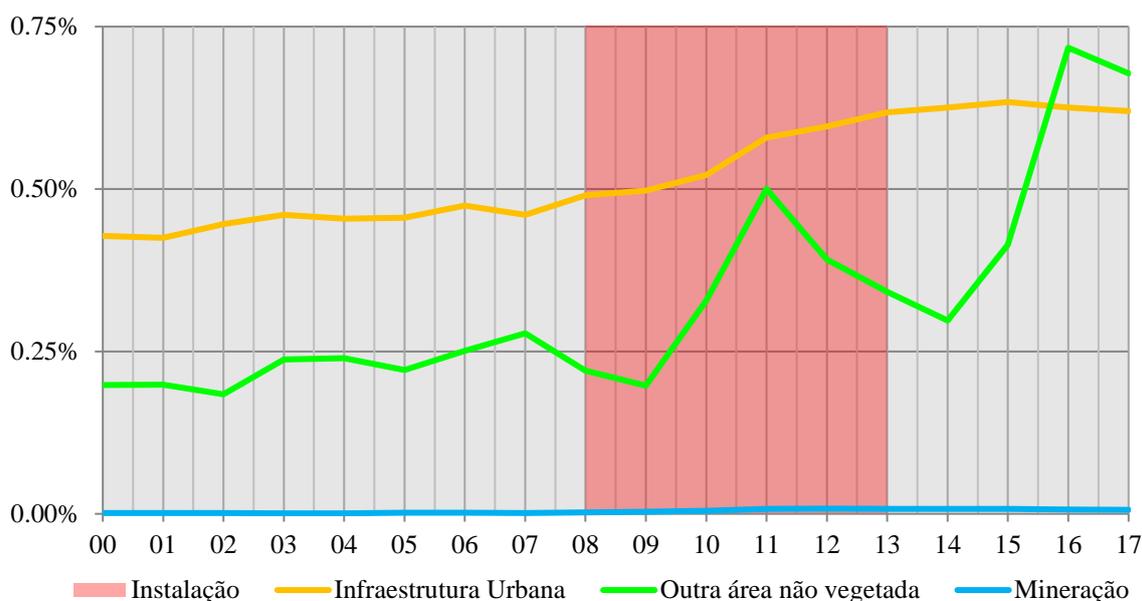


Figura 48 – Trajetórias das classes “Infraestrutura urbana”, “Outra área não vegetada” e “Mineração”, que compõe a classe “Áreas Antropizadas”, para o *buffer* de 50km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. A área hachurada refere-se ao período de instalação considerado para Jirau e Santo Antônio. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total do *buffer*. No eixo horizontal os anos da série considerada.

<sup>123</sup> Classe que congrega todo o conjunto de superfícies não permeáveis não mapeados em outras classes. Informações sobre a natureza das classes são apresentadas no Anexo 1 desta tese.

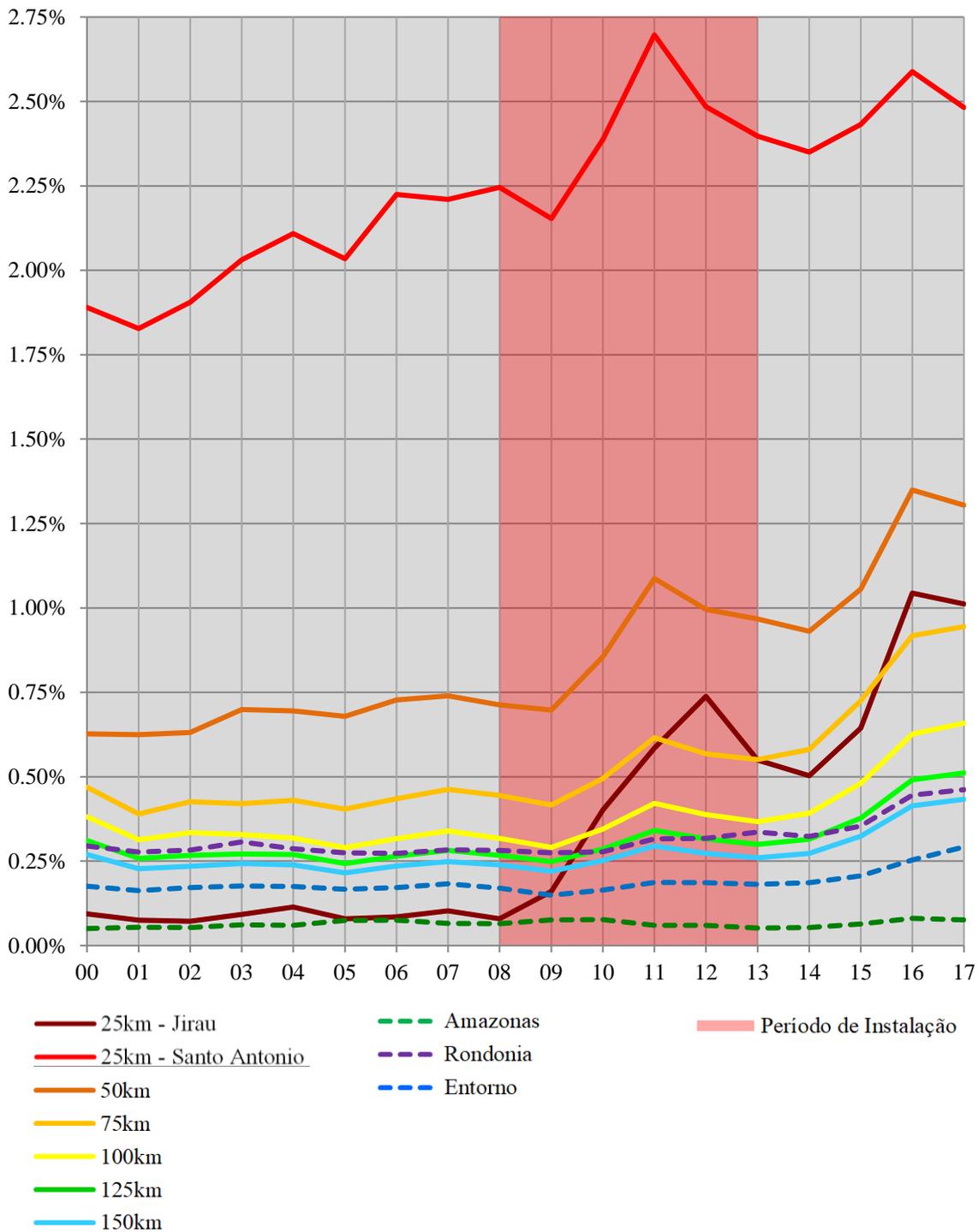


Figura 49 - Variação total (extensão) da classe “Áreas Antropizadas” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com as hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a porcentagem de área abarcada pela classe em cada ano.

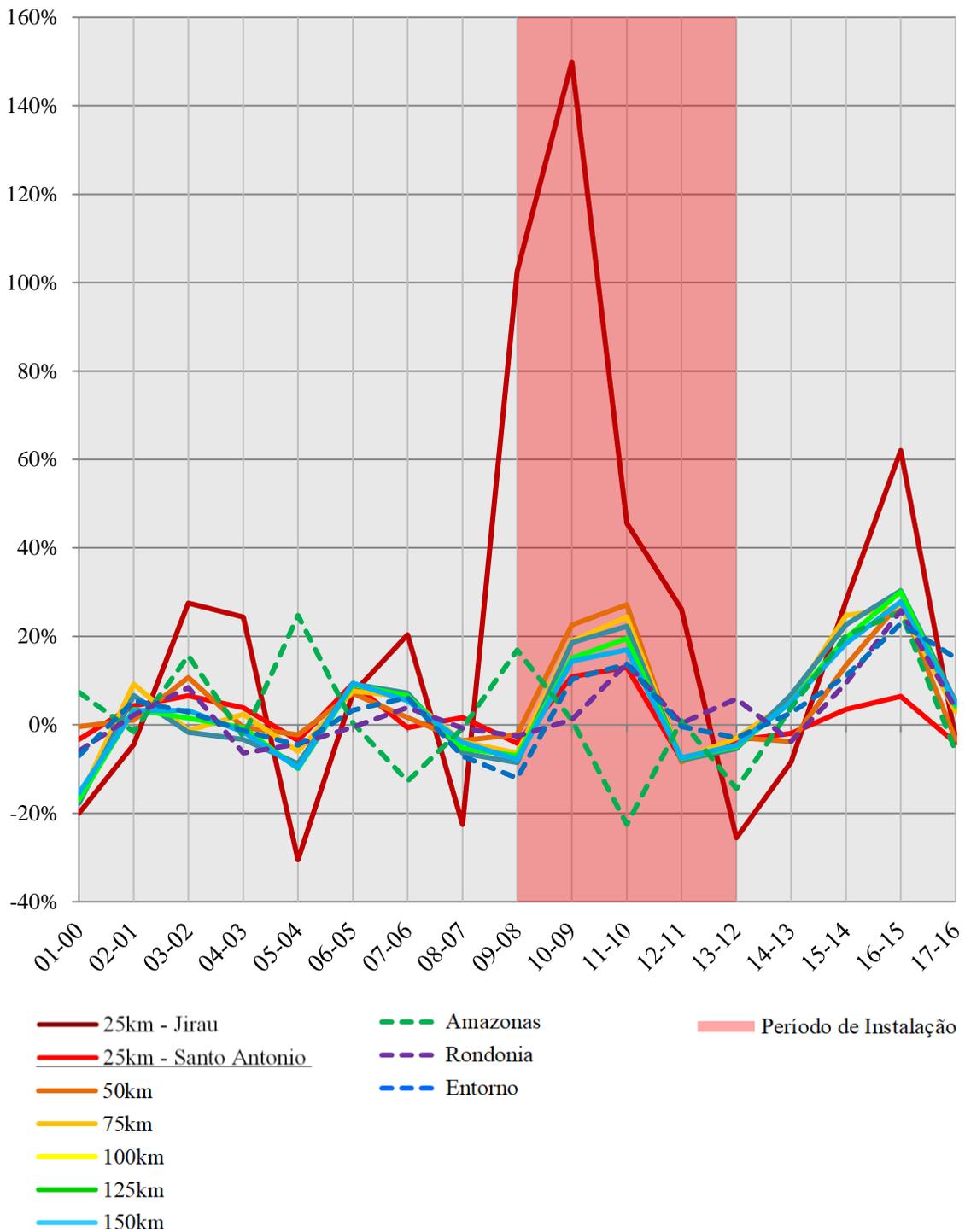


Figura 50 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Áreas Antropizadas” para cada ano, a partir de Jirau e Santo Antônio. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a taxa de variação para a classe em cada ano.

A análise das trajetórias da classe “áreas antropizadas” revela claramente a importância das regiões mais próximas às barragens e, neste sentido, o impacto direto dos empreendimentos. Uma análise a partir da Figura 49 indica que a variação a partir do

*buffer* de 25km de Santo Antônio é tão intensa (na extensão) que orienta a trajetória nos *buffers* maiores. Os incrementos se iniciam em 2010, com tardio já em 2011<sup>124</sup>.

Para o *buffer* de 25km a partir de Jirau, embora a expressão da classe em porcentagem de território seja muito baixa, a dinâmica apresenta taxas elevadas de abertura de novas áreas da classe<sup>125</sup> (Figura 49). Os referidos crescimentos são iniciados já em 2009, atingindo o pico em 2012, quando a dinâmica perde a intensidade, entretanto mantendo taxas altas, até o intervalo 2012-2013, quando registra decréscimos.

Em ambos os casos, após o atingimento deste ponto mais alto, fica evidente a perda do suporte de crescimento. Ainda, nota-se que a região mais próxima a Jirau apresenta, por toda a série, variações nas dinâmicas da classe mais intensas do que as demais janelas analisadas.

A análise das taxas acumuladas (incremento) dentro dos períodos reforça o quanto o período de instalação nas áreas mais próximas à hidrelétrica de Jirau é intenso e sem paralelo com as demais janelas de análise, atingindo a impressionante taxa de 591,67%, embora ainda com expressão espacial limitada (Figura 51).

Para o acumulado dentro do *buffer* de 25km a partir de Santo Antônio, as variações são muito sutis, passando de 8,84% no período de pré-instalação, para 6,74% no período de instalação, e 5,61% durante a fase de operação. Para todas as demais janelas a partir das barragens, há uma preponderância nos incrementos para o período de operação, seguindo o padrão regional.

---

<sup>124</sup> Importante destacar aqui a relação similaridade do comportamento dos incrementos com a estimativa da contratação da mão de obra apresentada no EIA das hidrelétricas, apresentado na figura 11 desta tese. Enquanto os dados de variação da classe indicam o pico em 36 meses do início das obras de Santo Antônio e 48 meses do início das obras de Jirau, a estimativa apontava que a contratação de mão-de-obra temporária para as obras deveriam atingir seu pico em 31 meses do início das obras (LEME ENGENHARIA, 2005).

<sup>125</sup> Para o *buffer* de 25km a partir de Jirau, a porcentagem de território ocupado pela classe parte de 0,079% no ano de 2008 e atinge 0,738% em 2012.

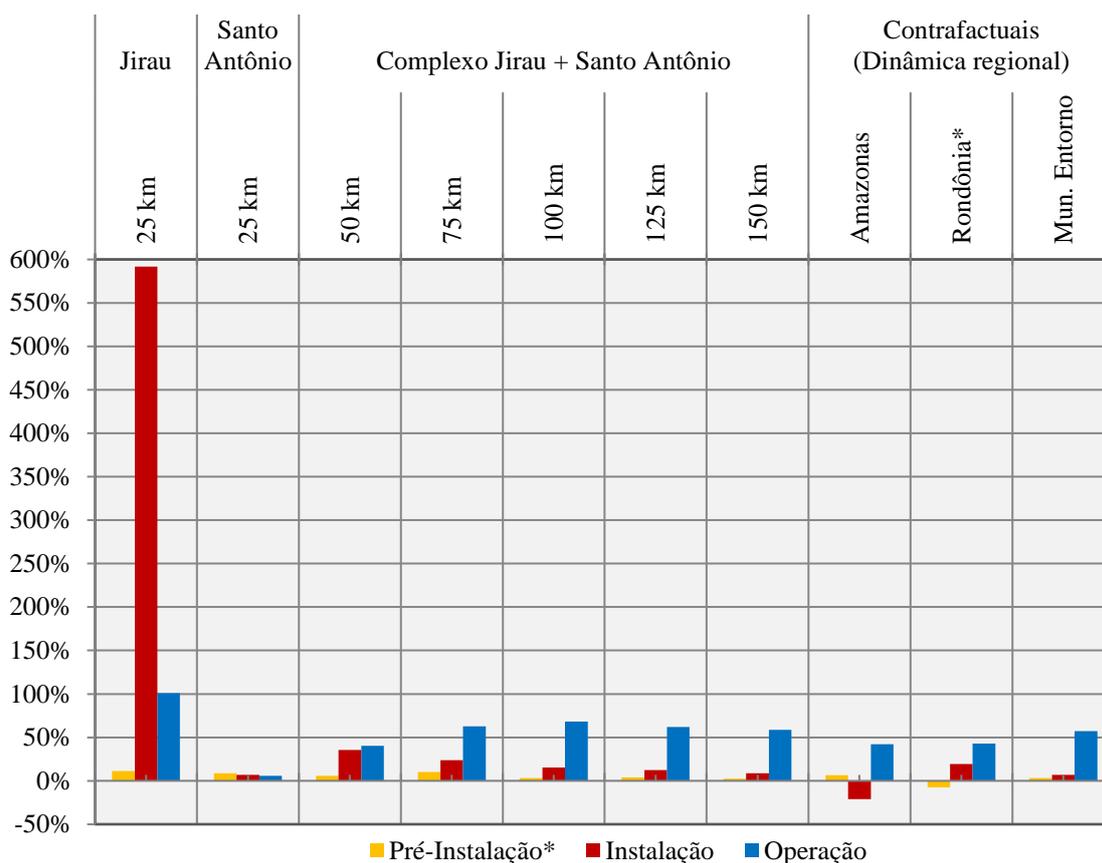


Figura 51 - Variação percentual ((área final - área inicial)/ área inicial), ou incremento, da classe “Áreas antropizadas”, agrupada para cada um dos períodos (planejamento 2003-2007, instalação 2008-2013 e operação 2014-2017) para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Tabela 11 – Diferença nas taxas de mudança entre os períodos para a classe “áreas antropizadas” para as janelas de observação a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio.

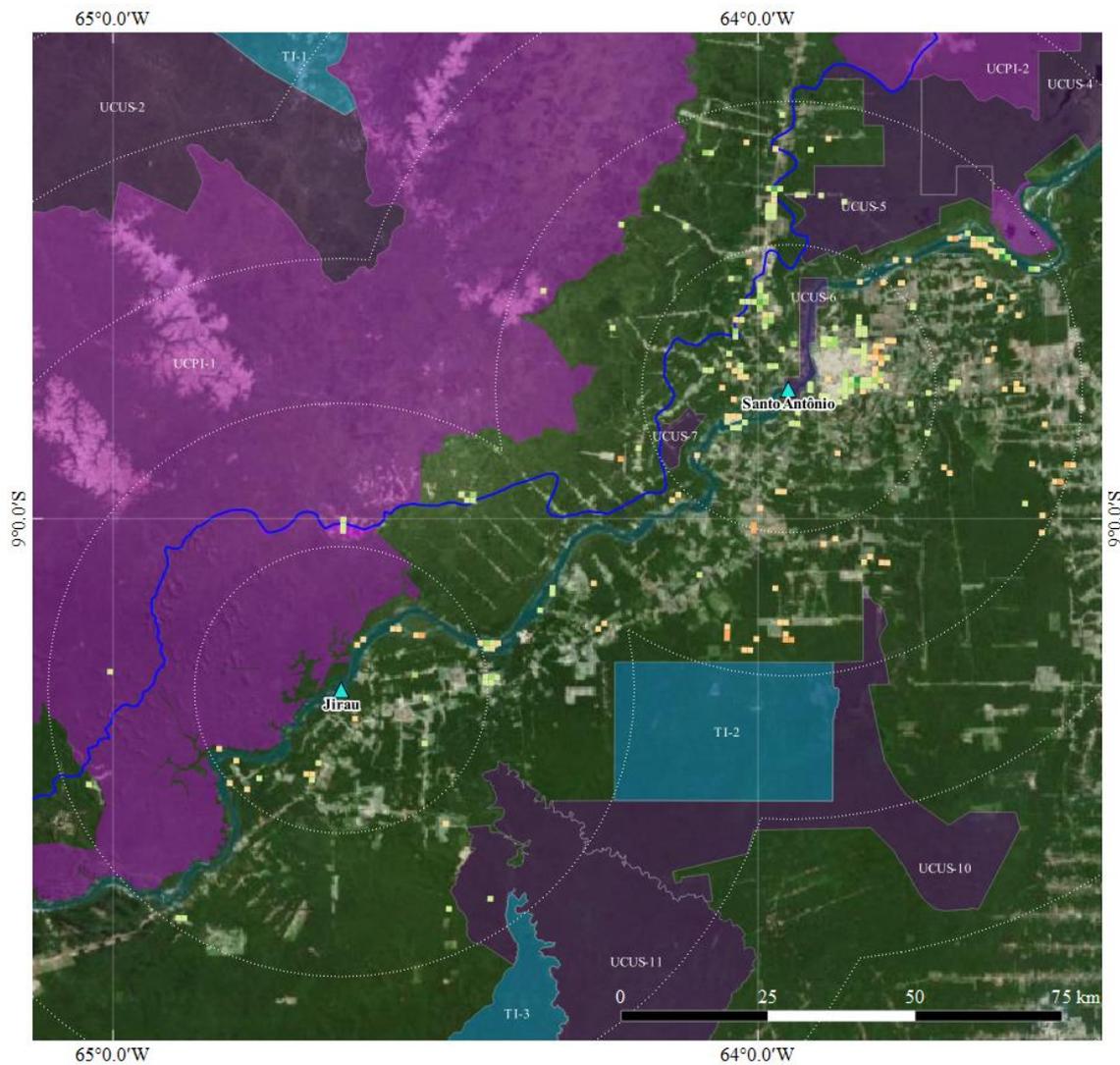
Janelas de Observação			Diferença entre os períodos pré-instalação e de instalação	Diferença entre os períodos de instalação e de Operação
<i>Buffers</i>	Jirau	25 km	580.224%	-490.654%
	Santo Antônio	25 km	-2.095%	-1.134%
	Complexo	50 km	29.828%	4.509%
		75 km	13.850%	38.668%
		100 km	12.180%	52.735%
		125 km	8.320%	49.777%
		150 km	6.373%	49.680%
Contrafactuais (Dinâmica regional)	Entorno		3.458%	50.354%
	Rondônia		26.702%	23.543%
	Amazonas		-27.410%	62.929%

Espacialmente, não é possível notar nenhum padrão para o acumulado no período de pré-instalação, com aberturas de novas áreas de maneira esparsa e pontual, conforme representado pela Figura 52. Nota-se, entretanto, uma ampliação das franjas do núcleo urbano de Porto Velho.

Para o acumulado dentro do período de instalação, a Figura 53 mostra a diferença dos impactos entre as áreas mais próximas de Santo Antônio e de Jirau. Para a primeira, nota-se o adensamento e espraiamento da mancha urbana de Porto Velho e proximidades, além de recuos em áreas marginais à BR-319 (Manaus - Porto Velho), próximo ao limite entre os Estados. Já nas áreas mais próximas à Jirau, é evidente o papel dos impactos diretos da remoção da vegetação nas margens do Madeira – à montante da barragem – bem como à abertura de projetos de reassentamento, com destaque para os projetos de Nova Mutum-Paraná e Vida Nova<sup>126</sup>. Ainda, percebe-se o adensamento das franjas no núcleo urbano em Jaci-Paraná. A Figura 54 apresenta as variações para o *buffer* de 50km a partir de ambas as barragens, no período de 2014 a 2017, e nota-se os impactos da ampliação das áreas alagadas por Jirau, com acréscimos de áreas em regiões marginais às novas áreas alagadas, principalmente dentro do Parque Nacional do Mapinguari (UCPI-01).

---

<sup>126</sup> De acordo com Roquetti (2018, p. 102–103), Nova Mutim-Paraná e Vila Nova são os únicos dois projetos de reassentamento relacionados a Jirau, e são inter-relacionados. Nova Mutum-Paraná é essencialmente urbano e conta com a infraestrutura de moradia. Vida Nova é um projeto de lotes rurais com infraestrutura básica para aproveitamento econômico, ou seja, havia uma intenção de fixar quem possuísse lotes em Vida Nova para morar em Nova Mutum-Paraná. O projeto contemplou um número estimado de 160 famílias, ou 480 pessoas compulsoriamente deslocadas.

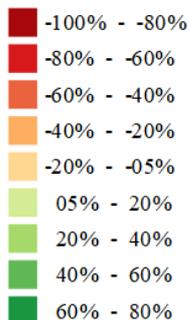


Período de análise: Pré-Instalação

Janela temporal dos dados: 2003 a 2007

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Variação (extensão) da classe  
"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)

□ Limite Estados

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

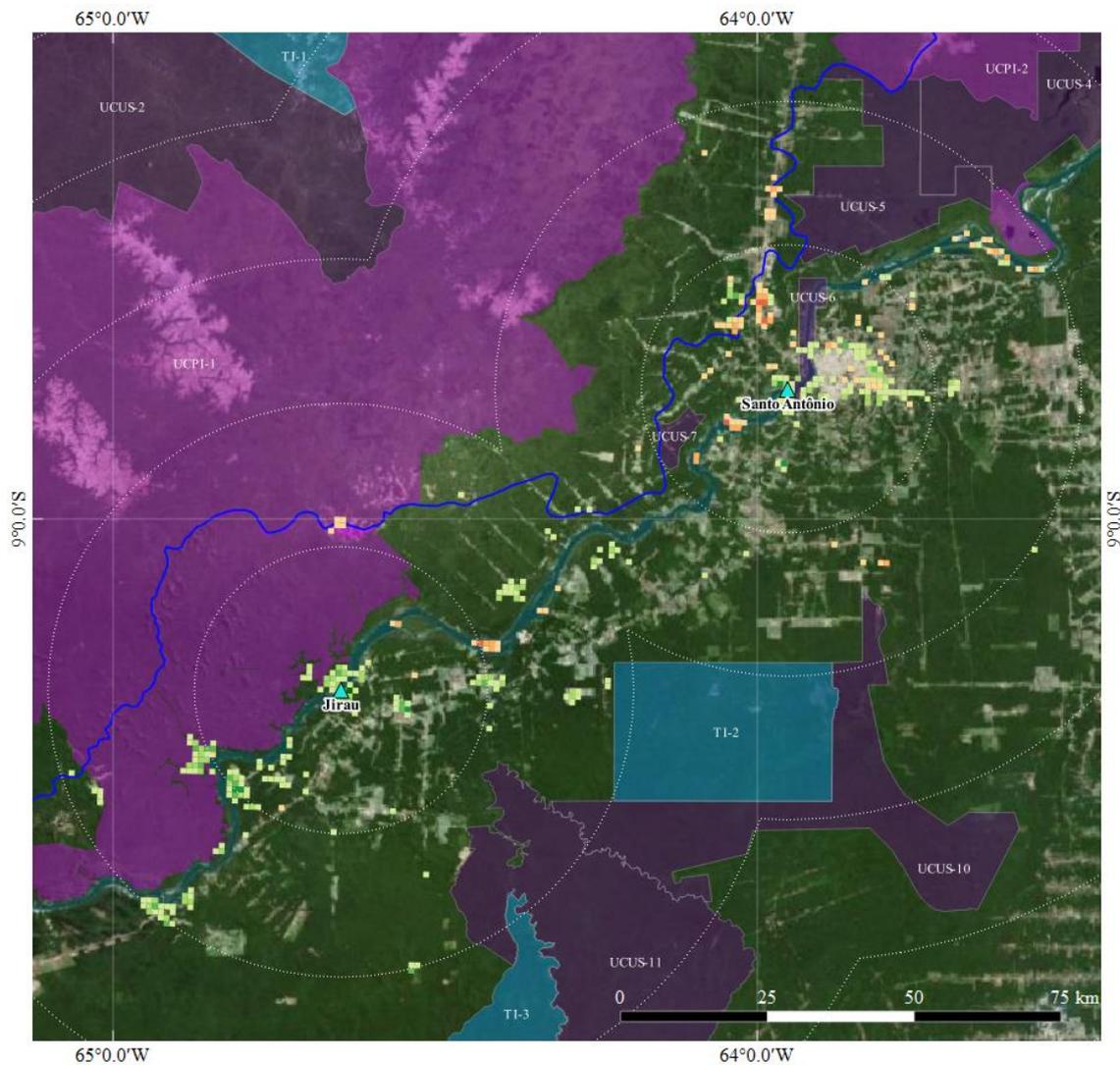
■ Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 52 - Variação da classe "Áreas Antropizadas" entre os anos de 2003 e 2007 dentro do *buffer* de 50 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.



Período de análise: Instalação

Janela temporal dos dados: 2008 a 2013

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe

"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)

□ Limite Estados

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

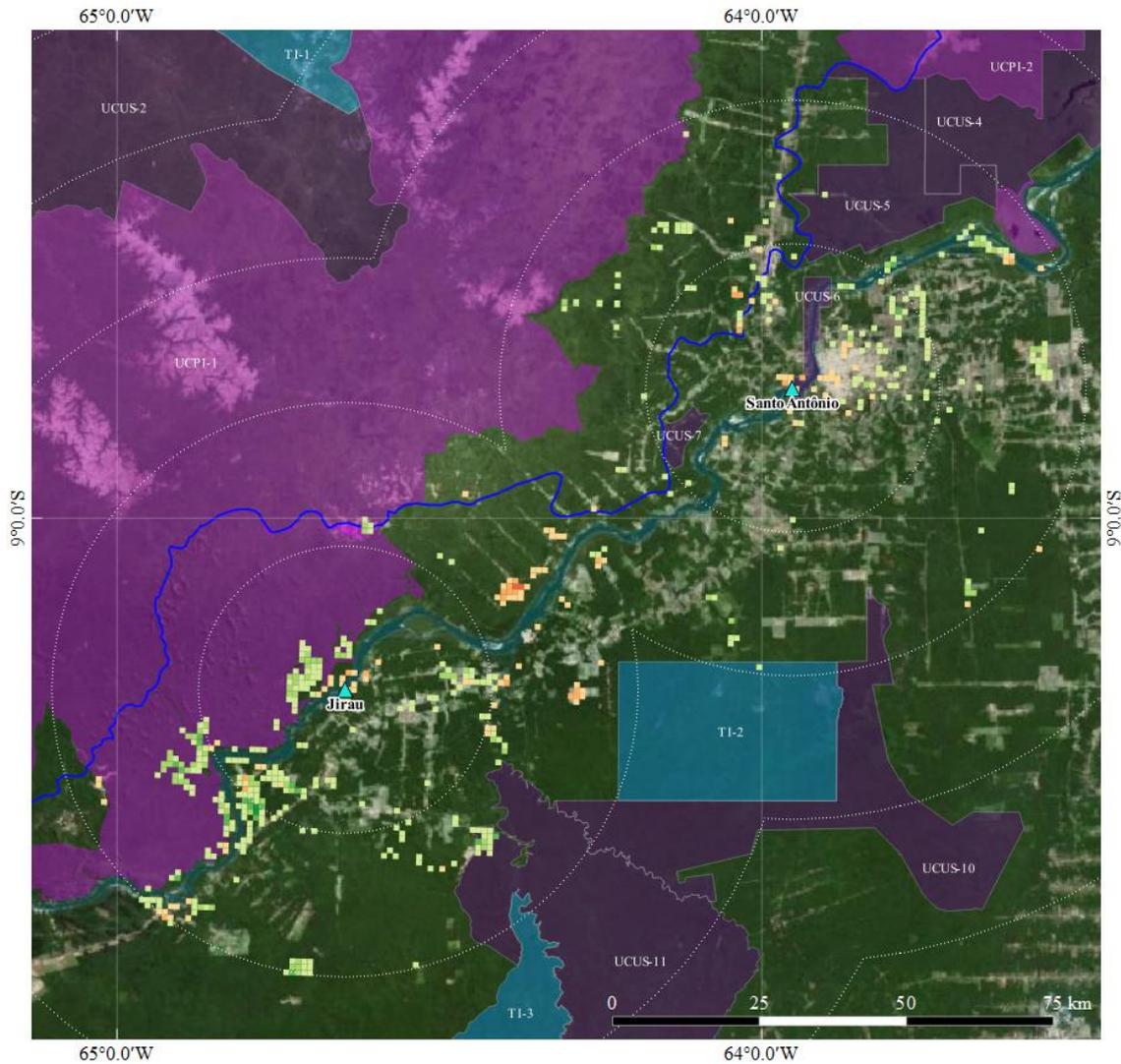
■ Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 53 - Variação da classe "Áreas Antropizadas" entre os anos de 2008 e 2013, dentro do *buffer* de 50 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.



Período de análise: Operação

Janela temporal dos dados: 2014 a 2017

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe  
"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio)

□ Limite Estados

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

■ Terras Indígenas

\* A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 54 - Variação da classe "Áreas Antropizadas" entre os anos de 2014 e 2017 dentro do *buffer* de 50 km a partir das barragens de Jirau e Santo Antônio. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.

## 4.2.2. Belo Monte

### 4.2.2.1. Vegetação Natural

Para as áreas consideradas a partir das barragens de Belo Monte, constata-se que a classe “vegetação natural” é formada quase que exclusivamente pela classe “Formação Florestal”. A classe “Formação natural não florestal” que compõe a classe “vegetação natural”, neste caso, não apresenta em nenhum *buffer* áreas maiores que 0,5% da área total sob análise. Posto isto, as Figuras 55 e 56 a seguir mostram o comportamento da classe nos *buffers* (linha sólida) e nas janelas definidas para a comparação com a dinâmica regional (linha pontilhada).

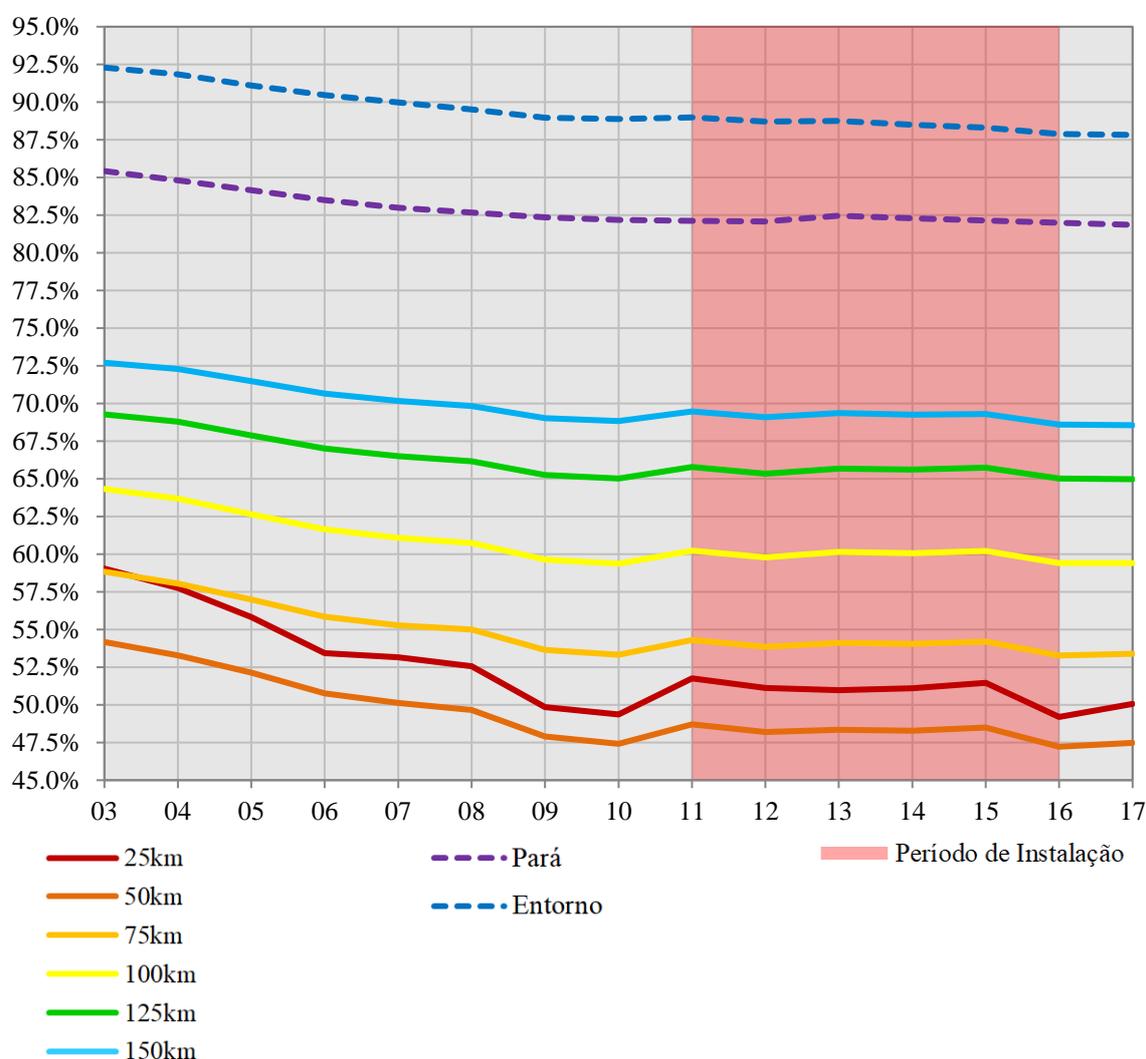


Figura 55 - Variação total (extensão) da classe “Vegetação Natural” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com a hidrelétrica de Belo Monte. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período considerado como de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a porcentagem de área abarcada pela classe em cada ano.

É possível notar um comportamento nos *buffers* discrepante do observado nas janelas utilizadas para avaliar as dinâmicas regionais (contrafactuais). Alguns pontos podem ser destacados da análise das séries:

- No período de 2008 a 2010, ou seja, dentro do período pré-instalação, percebe-se a perda de áreas da classe em todos os *buffers*, descolando da dinâmica verificada nas janelas regionais;
- Entre 2010 e 2011, ano de início da construção do empreendimento, a tendência é invertida, com alguma recuperação de áreas vegetadas;
- Há um novo descolamento das dinâmicas regionais a partir de 2015, na fase final do período de instalação, com novas perdas de áreas da classe para os *buffers* mais próximos – notadamente 25km e 50km;
- Para todos os casos, à medida que as áreas dos *buffers* crescem, nota-se a suavização da dinâmica, indicando que os *buffers* mais próximos de fato orientam o padrão percebido nas demais séries.

A figura 56 apresenta as variações incrementais, ano a ano, para todas as janelas de observação consideradas. Desta análise, é possível destacar:

- Evidências de alinhamento entre as taxas de variação entre os *buffers*;
- Proeminência dos *buffers* mais próximos;
- Descolamento da dinâmica dos *buffers* da dinâmica regional<sup>127</sup>.

---

<sup>127</sup> À exceção da variação entre os anos de 2012 e 2013.

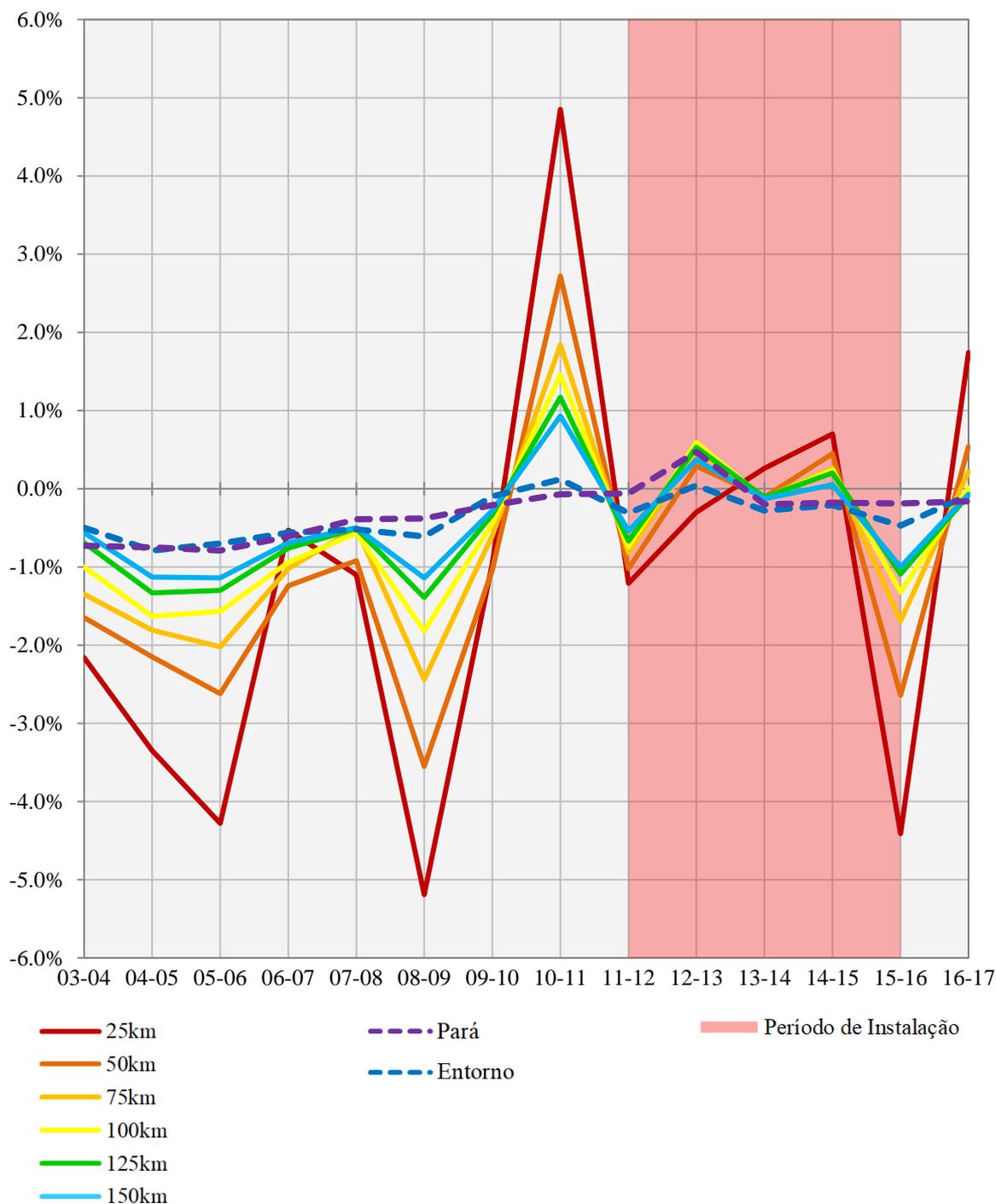


Figura 56 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Vegetação Natural” para cada ano, a partir de Belo Monte. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período de instalação das hidrelétricas.

Há, neste sentido, uma forte evidência da orientação dos comportamentos da classe pela influência da hidrelétrica. Ainda, há elementos para afirmar que tais impactos têm início ainda dentro do período pré-instalação, mais especificamente a partir de 2009, em um

movimento de antecipação às intensas mudanças que seriam disparadas pelo empreendimento na região.

De maneira agregada, a Figura 57 mostra as variações dentro dos períodos pré-instalação e de instalação.

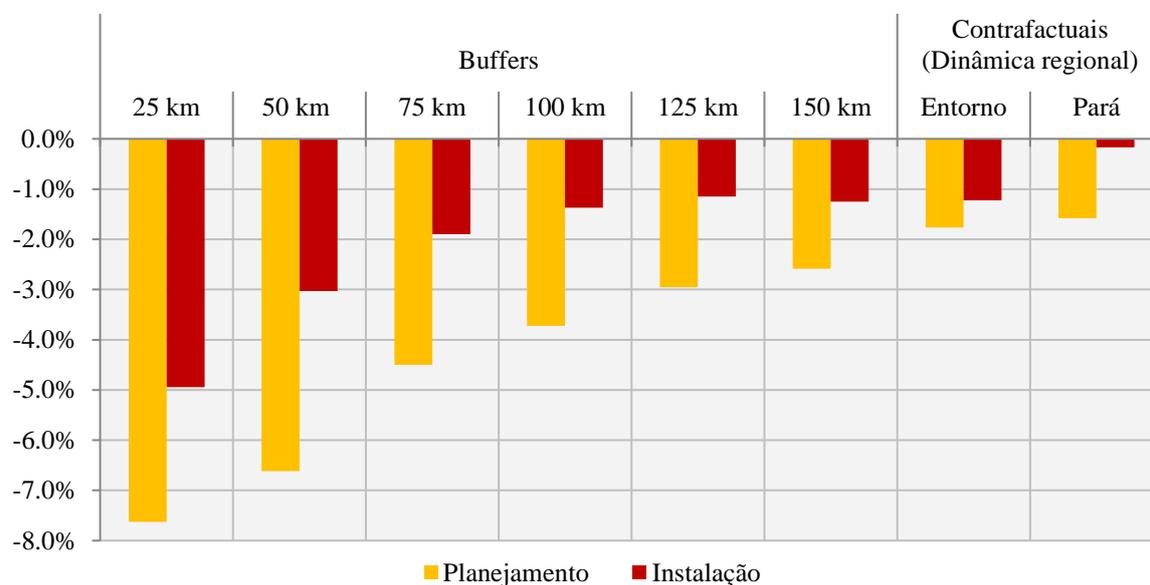


Figura 57 - Variação percentual da classe “vegetação florestal” para o agregado dos períodos pré-instalação (2006-2010) e de instalação (2011-2016), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Entretanto, considerando a informação de que é possível perceber influências bastante evidentes no período de 2008 a 2010, mostrou-se razoável decompor o período pré-instalação em intervalos menores. A Figuras 58 mostra a relação entre o comportamento agregado para os intervalos 2006-2008<sup>128</sup> e 2008-2010<sup>129</sup> e 2010-2011<sup>130</sup>.

Na Tabela 12 é possível comparar as diferenças entre as variações considerando os períodos (pré-instalação e instalação) e os intervalos (2006-2008 e 2008-2010). Tal comparação torna evidente que há elementos importantes que sustentam a hipótese de relação com o epicentro definido, reforçado pelo descolamento do sinal da tendência regional.

<sup>128</sup> Período onde ainda não é possível encontrar elementos que conectem as mudanças na classe à expectativa do empreendimento.

<sup>129</sup> Período onde há indícios da relação entre as mudanças na classe à expectativa do empreendimento.

<sup>130</sup> Intervalo imediatamente anterior ao início das obras, com evidências de inversão de tendência.

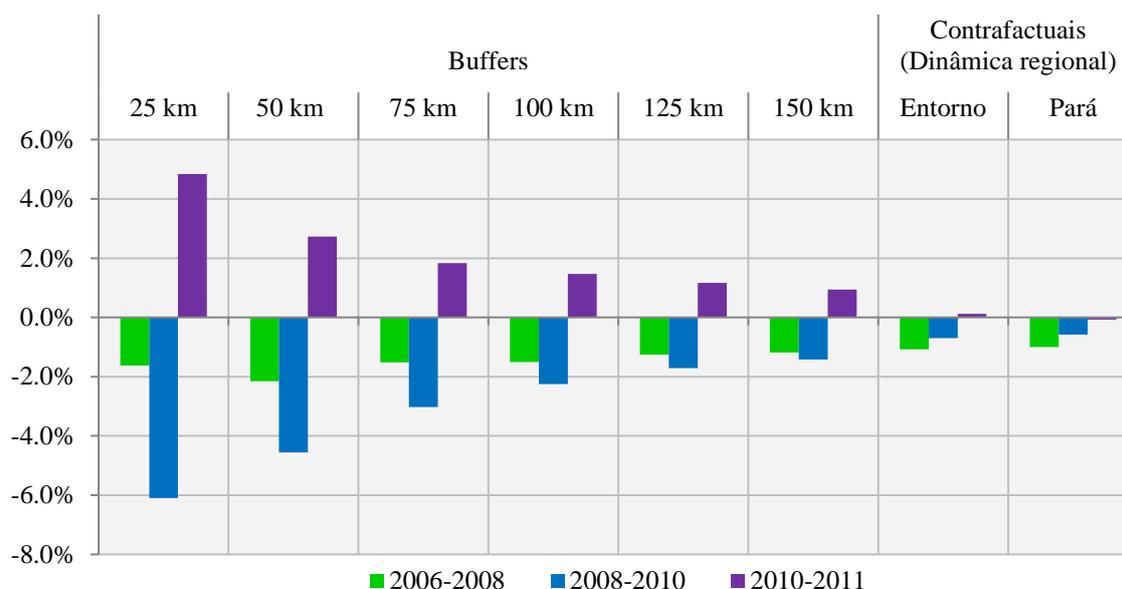


Figura 58 - Variação percentual da classe “vegetação florestal” para o agregado os períodos de (2006-2008), (2008-2010) e (2010-2011), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Tabela 12 – Diferença nas taxas de mudança entre diferentes intervalos, para a classe “Vegetação Natural” para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte.

Janelas de Observação		Diferença entre os períodos pré-instalação e instalação	Diferença entre os intervalos (2006-2008) e (2008-2010)
<i>Buffers</i>	25 km	2.68%	-4.468%
	50 km	3.59%	-2.402%
	75 km	2.60%	-1.509%
	100 km	2.35%	-0.747%
	125 km	1.80%	-0.457%
	150 km	1.34%	-0.235%
Contrafactuais (Dinâmica regional)	Entorno	0.54%	0.369%
	Pará	1.42%	0.419%

Para o período de operação, que compreende apenas um ano (2016-2017), há um indicativo de recuperação nas áreas de vegetação natural, com mais força nos *buffers* menores, tendo também o *buffer* de 100km como limite. A partir deste ponto, o comportamento inverte-se e segue o padrão regional. Há, entretanto, que se considerar que estes resultados, por sua baixa representação temporal, indicam um efeito pontual, e não uma tendência para o período. Tal verificação poderá ser confirmada com o monitoramento dos próximos anos.

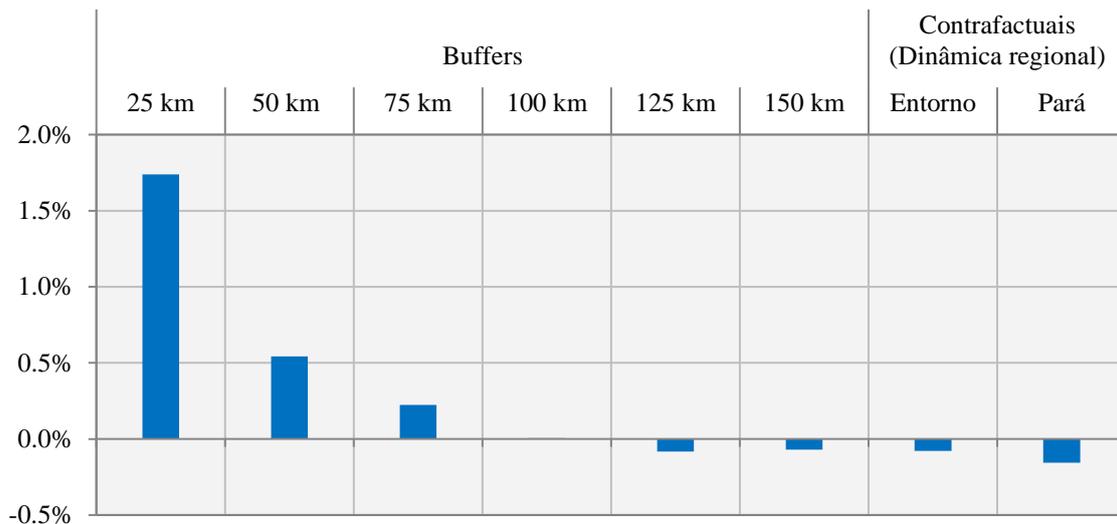


Figura 59 - Variação percentual da classe “vegetação florestal” para o agregado do período de operação (2016-2017), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Ainda, analisando as variações espaciais, mesmo no trecho do intervalo dentro do período pré-instalação sem qualquer evidência de relação das dinâmicas do uso e cobertura da terra com o empreendimento – tipicamente 2006 a 2008 – é notório o descontrole do desmatamento<sup>131</sup> por toda a região, à exceção das áreas às margens do Xingu, ao sul da Volta Grande, a partir da região próxima às terras indígenas Paquiçamba (TI-1) e Arara da Volta Grande (TI-2), onde se destaca a recuperação de áreas vegetadas, bem como em outras regiões próximas ao rio Xingu, mais à montante, no município de Altamira. A BR-230 (Transamazônica), mais especificamente em seu trecho que corta o norte do município de Anapu, configura-se como um importante vetor de orientação do desmatamento. A Figura 60 representa as variações na classe dentro do período.

Para o intervalo de 2008 a 2010, ainda dentro do período pré-instalação, as variações mais destacadas estão localizadas na região ao norte do município de Anapu, novamente seguindo o vetor da BR-230, onde é possível notar a concentração da dinâmica de perdas de áreas vegetadas. As terras indígenas mais próximas do rio Xingu – Paquiçamba (TI-1) e Arara da Volta Grande (TI-2) apresentam impactos de perda de áreas florestadas em suas áreas de bordas, notadamente nas regiões de interface com o

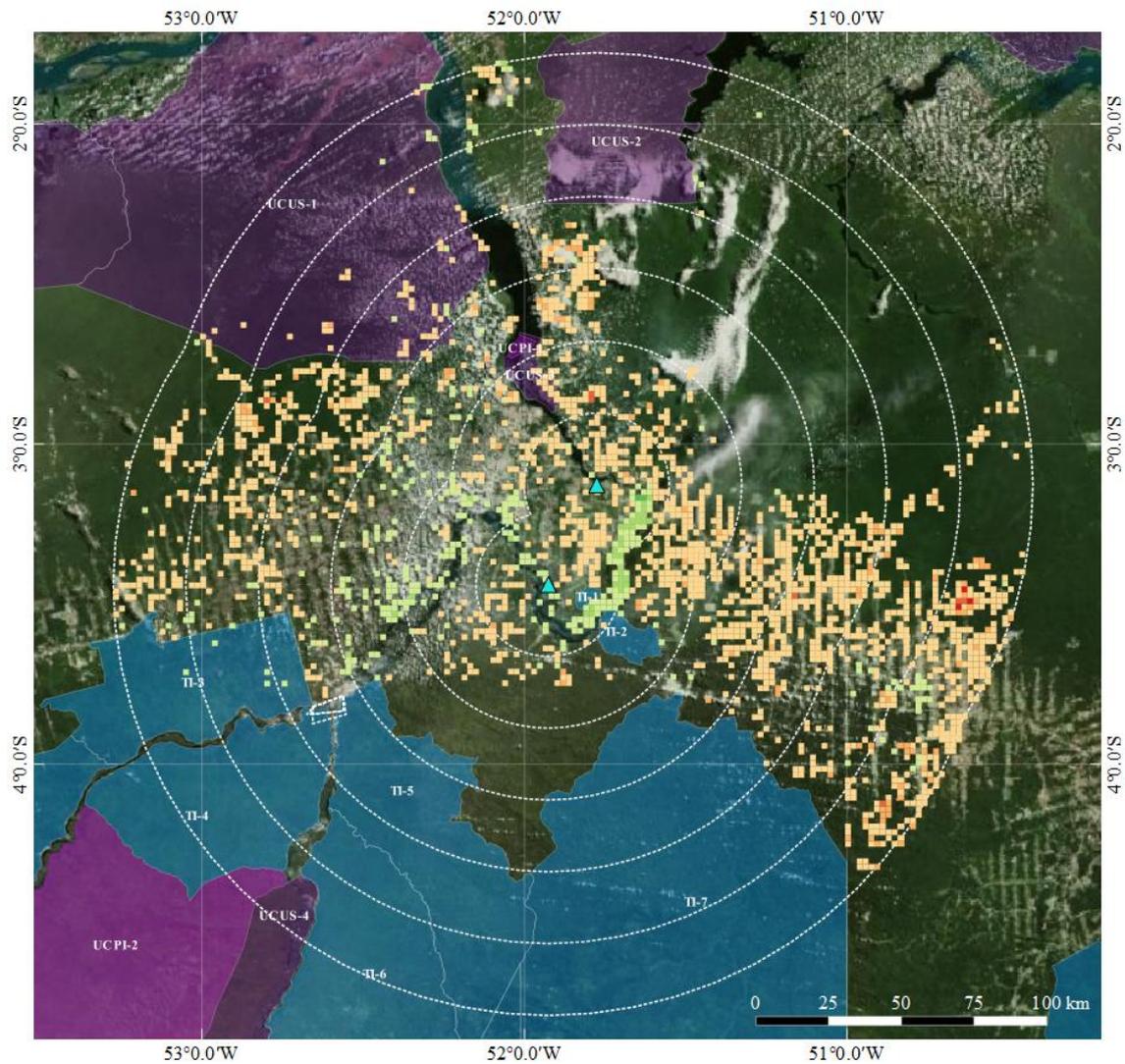
<sup>131</sup> Os municípios de Altamira, Anapu e Senador José Porfírio foram incluídos em 2008 na lista de municípios prioritários para ações de prevenção e controle do desmatamento no Bioma Amazônia (Portaria MMA n 28/2008), confirmando a situação de descontrole (MMA, 2012).

rio, invertendo o padrão identificado no período anterior. As Figuras 61 e 62 mostram as variações de áreas de vegetação natural a partir o *buffer* de 150km e 50km, respectivamente, para o intervalo 2008-2010.

Entretanto, para ambos os períodos, é importante ressaltar o papel das terras indígenas no controle do desmatamento, com destaque para as terras Arara do Pará (TI-3), Kararaô (TI-4), Koatinemo (TI-5), Araweté Igarapé Ipixuna (TI-6) e Trincheira Bacaja (TI-7).

Adentrando o período de instalação, em especial nos quatro primeiros anos das construções, indicadas pelas trajetórias como um período de aparente estabilidade, é possível identificar variações importantes na paisagem da região, com a manutenção do movimento de desmatamento em trechos do município de Senador José Porfírio, ao norte de Anapu, e ao sul da área urbana de Altamira, na margem oposta do Rio Xingu. Entretanto, a análise indica também a recuperação de áreas em todos os *buffers*, com destaque para áreas mais próximas à BR-230 (Figura 63).

Por fim, as Figuras 64 e 65 mostram, a partir dos *buffers* de 150km e 25km, as variações de vegetação natural para o período de 2015 a 2016, indicando pontos de forte variação negativa no trecho da construção do canal de derivação, além das próprias margens do Xingu, à montante da represa Sítio Pimental, remetendo aos impactos diretos da obra. Entretanto, a sudoeste e norte do *buffer*, é possível notar um novo movimento de espraiamento do processo de desmatamento, seguindo a tendência verificada no período anterior.



Período de análise: Pré-Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2006 a 2008

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

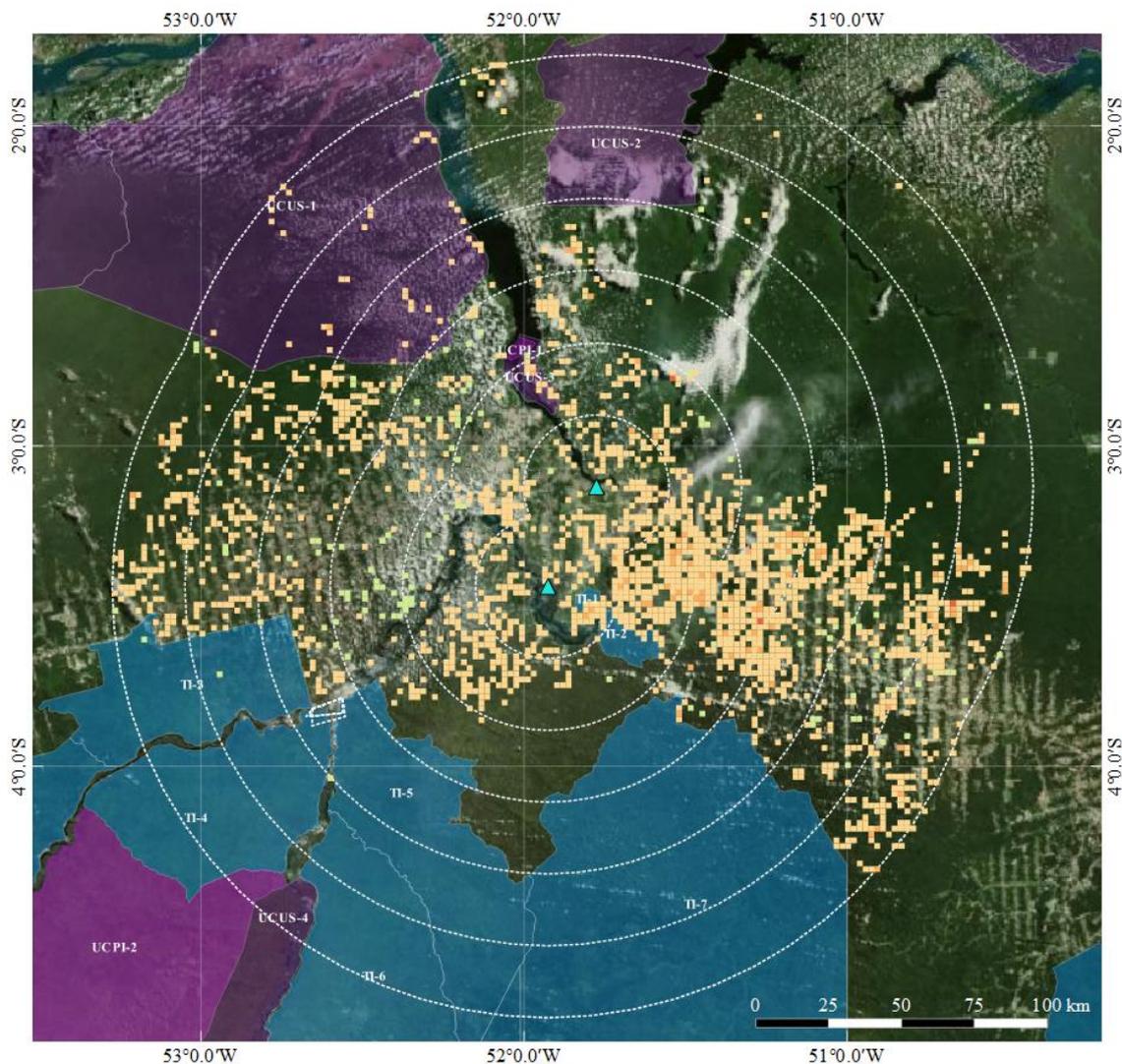
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 60 - Variação da classe "Vegetação Natural" entre os anos de 2006 e 2008 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



Período de análise: Pré-Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2008 a 2010

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

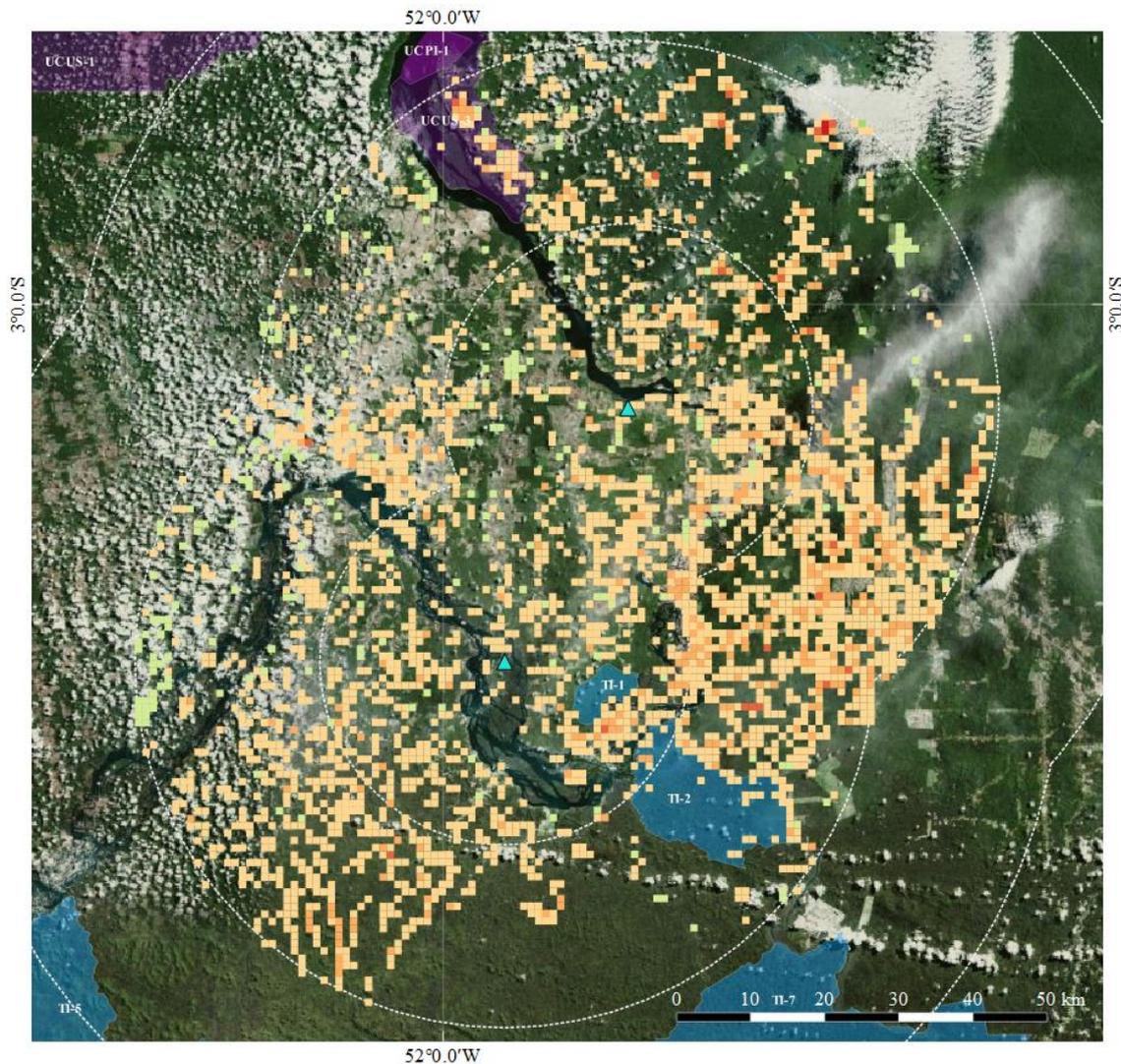
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 61 - Variação da classe "Vegetação Natural" entre os anos de 2008 e 2010 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



Período de análise: Pré-Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2008 a 2010

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

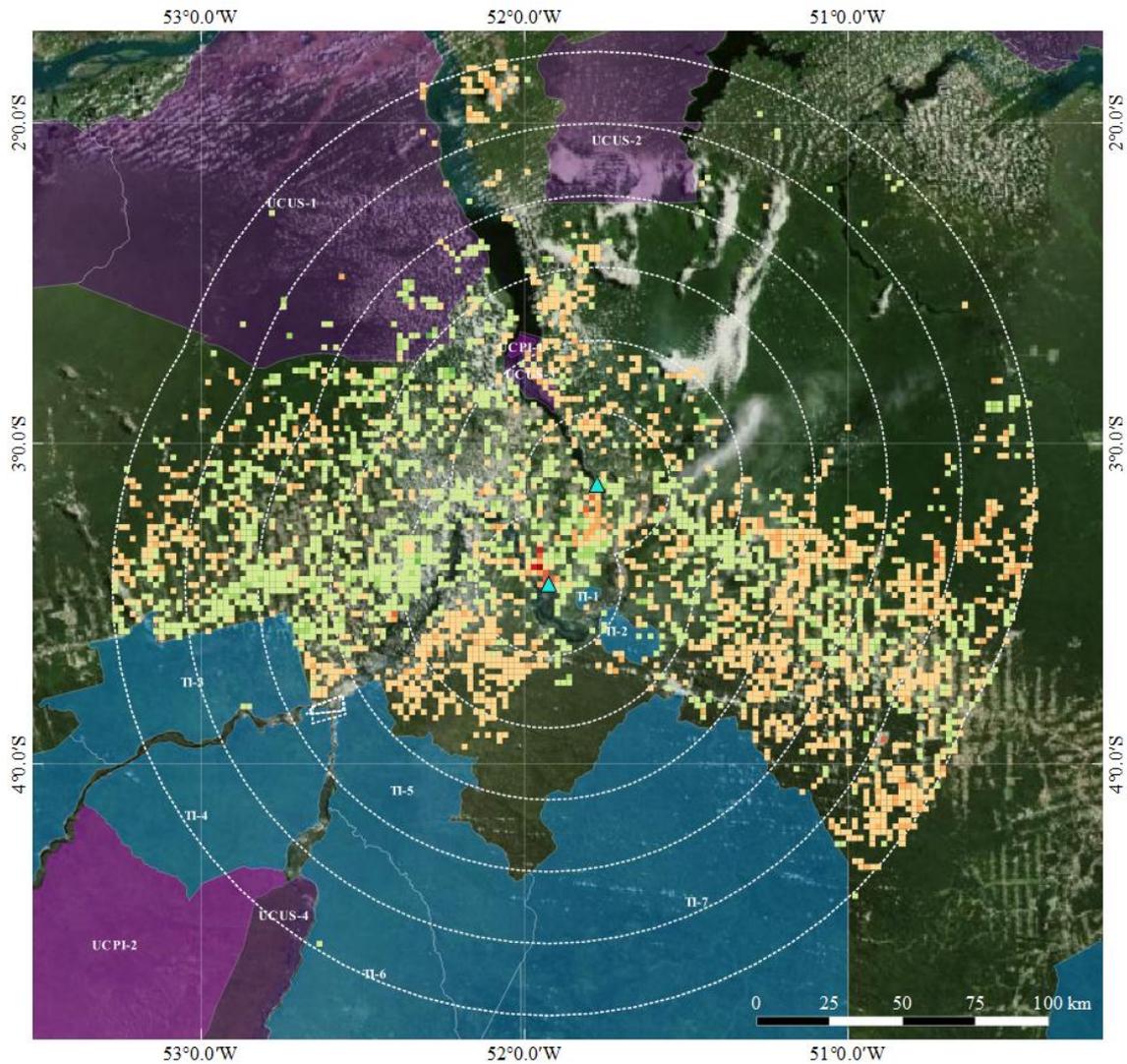
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 62 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2008 e 2010 dentro do *buffer* de 50 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



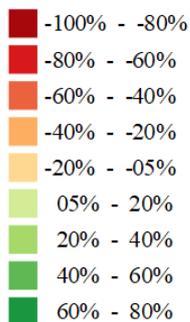
Período de análise: Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2011 a 2015

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Variação (extensão) da classe:

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

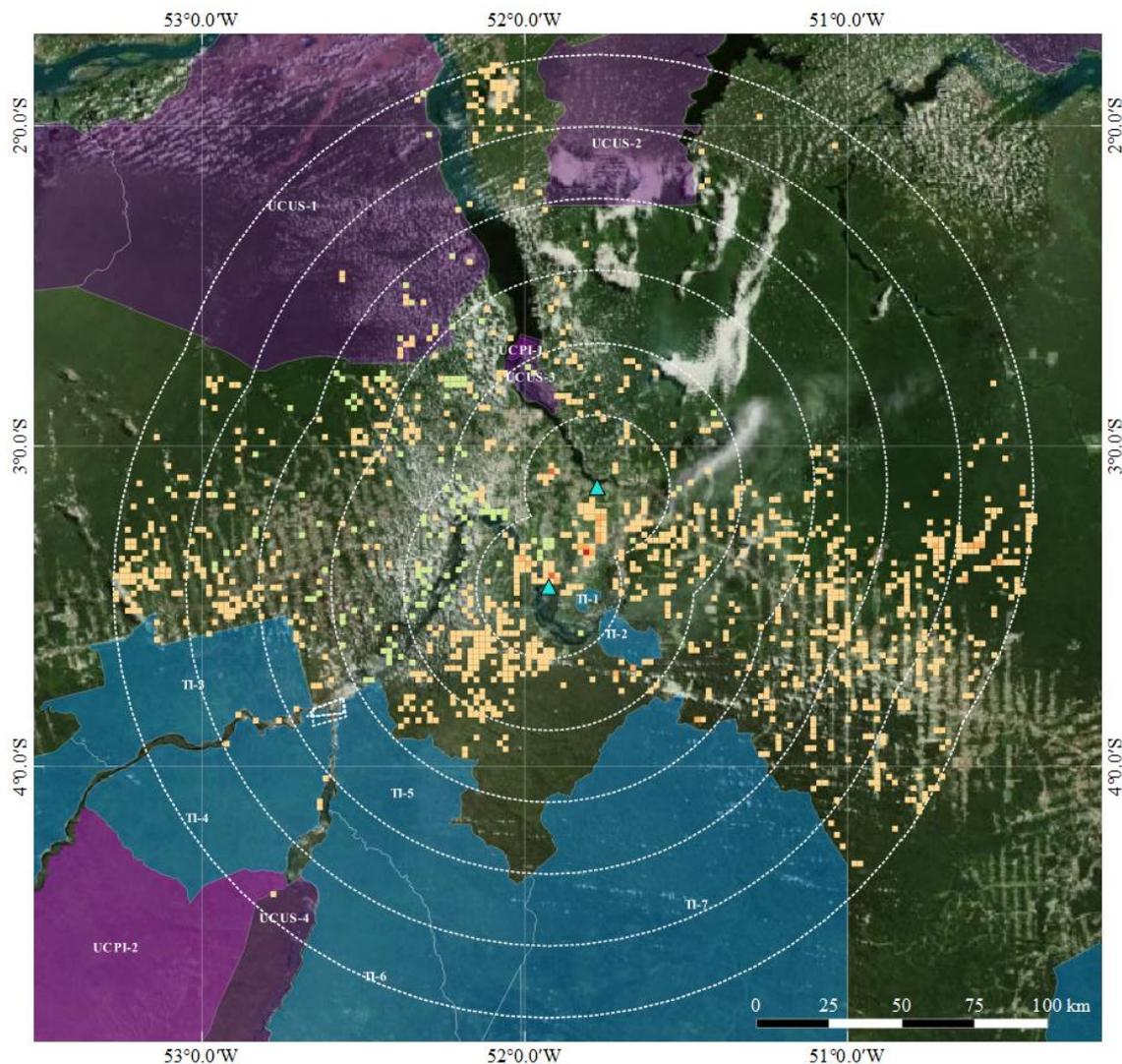
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 63 - Variação da classe "Vegetação Natural" entre os anos de 2011 e 2015 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



Período de análise: Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2015 a 2016

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

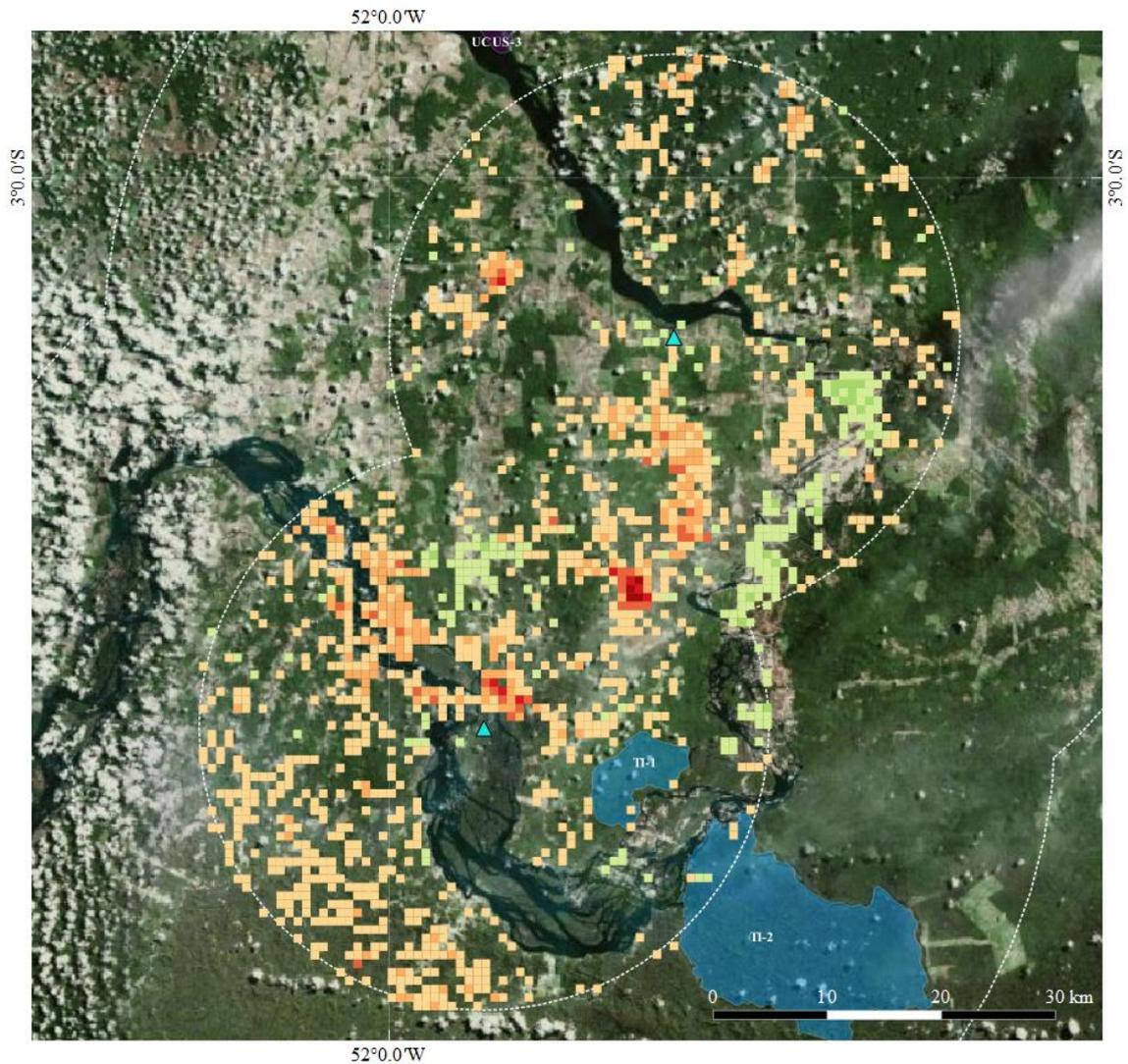
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 64 - Variação da classe "Vegetação Natural" entre os anos de 2015 e 2016 dentro do *buffer* de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



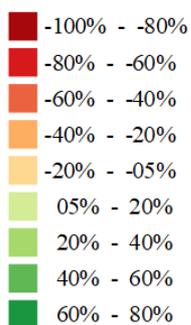
Período de análise: Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2015 a 2016

Maior Janela espacial (buffer) representada: 25km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Vegetação Natural"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 65 - Variação da classe “Vegetação Natural” entre os anos de 2015 e 2016 dentro do buffer de 25 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.

#### 4.2.2.2. Agropecuária

A classe “Agropecuária” é formada majoritariamente da classe “Pastagem” e, em menor representatividade<sup>132</sup>, pela classe “Mosaico de Agricultura ou Pastagem”<sup>133</sup>. Não foi encontrada representação da classe “agricultura”, tanto em sua subclasse “cultura anual e perene” quanto na subclasse “cultura semi-perene” em nenhum dos *buffers* considerados. A Figura 66 apresenta, para o *buffer* de 150km, a variação das sub-classes que compõe a classe “agropecuária”.

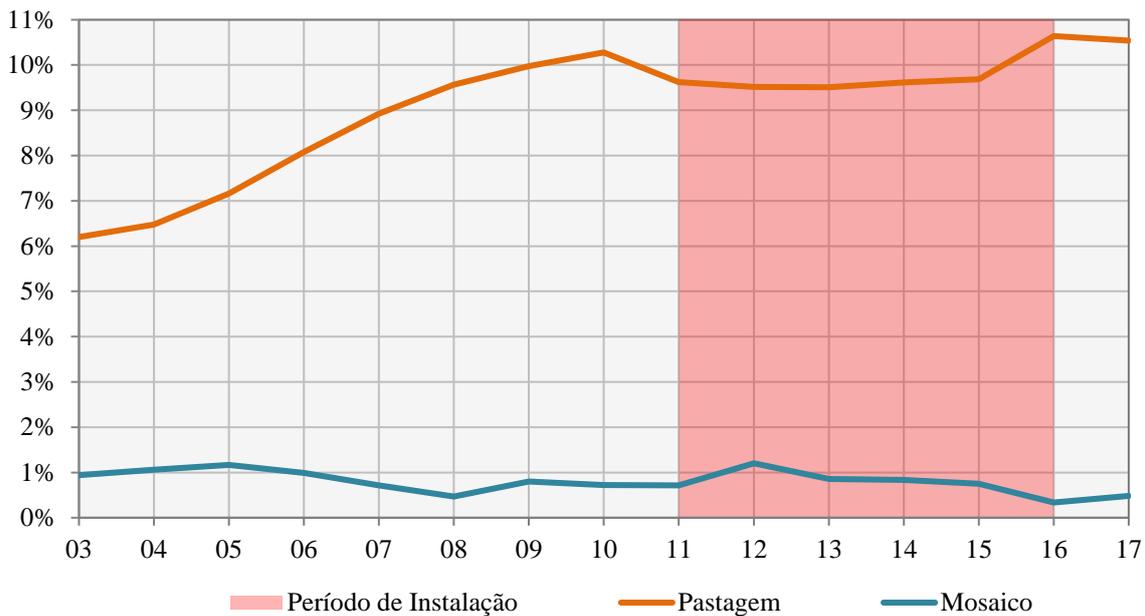


Figura 66 – Trajetórias das classes Pastagem, Cultura Anual e Mosaico de Agricultura com Pastagem, que compõe a classe “Agropecuária”, para o *buffer* de 150km a partir das barragens de Belo Monte. A área hachurada refere-se ao período de instalação de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total do *buffer*. No eixo horizontal os anos da série considerada.

<sup>132</sup> No maior pico da série, em 2012, para o *buffer* de 150km, a classe “mosaico de agricultura ou pastagem” ocupava 1,2% da área total do *buffer*.

<sup>133</sup> Segundo Mapbiomas (2018, p. 39), como “áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura”. As descrições das classes encontram-se no Anexo 1 desta tese.

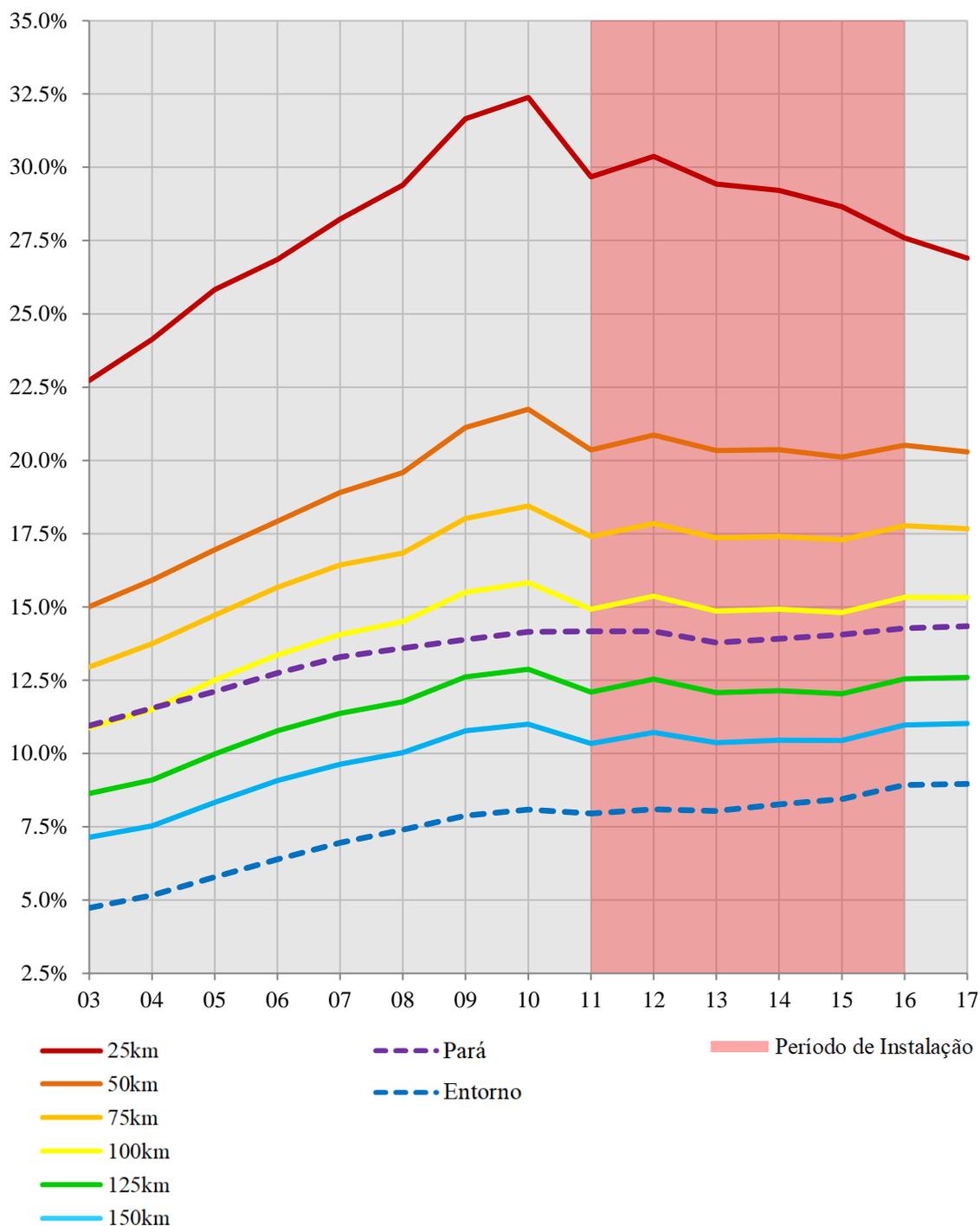


Figura 67 - Variação total (extensão) da classe “Agropecuária” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com a hidrelétrica de Belo Monte. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período considerado como de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a porcentagem de área abarcada pela classe em cada ano.

É possível identificar um paralelismo no comportamento da classe “agropecuária” em relação à classe “vegetação natural”<sup>134</sup>, com um movimento de expansão de áreas entre 2008 e 2010, seguidas de uma queda em 2011, marcando o início de um período de baixa dinâmica para todos os *buffers*. Para o *buffer* de 25km há, inclusive, um evidente declínio da representação das áreas pós 2012, apresentando uma tendência que segue até o final da série, adentrando no período de operação da hidrelétrica.

A Figura 68 apresenta as taxas de variação, ano a ano, para todas as janelas de observação consideradas. Desta análise, é possível destacar:

- Alinhamento entre as taxas de variação entre os *buffers*, com exceção do *buffer* de 25km nos anos finais do período de instalação;
- Descolamento da dinâmica da janela regional do Estado do Pará, com exceção dos períodos entre 2012-2013 e 2013-2014;
- As taxas de variação da classe para a janela regional dos municípios do entorno apresentam alguma relação com os *buffers* a partir das barragens. A hipótese que emerge é que a força das variações a partir dos *buffers* reflete e influencia as taxas da janela dos municípios do entorno.

---

<sup>134</sup> A correlação (*Spearman*) entre as variações nas classes “vegetação natural” e “agropecuária”, para o intervalo 2008-2010, dentro do *buffer* de 150km, é de -0.93016.

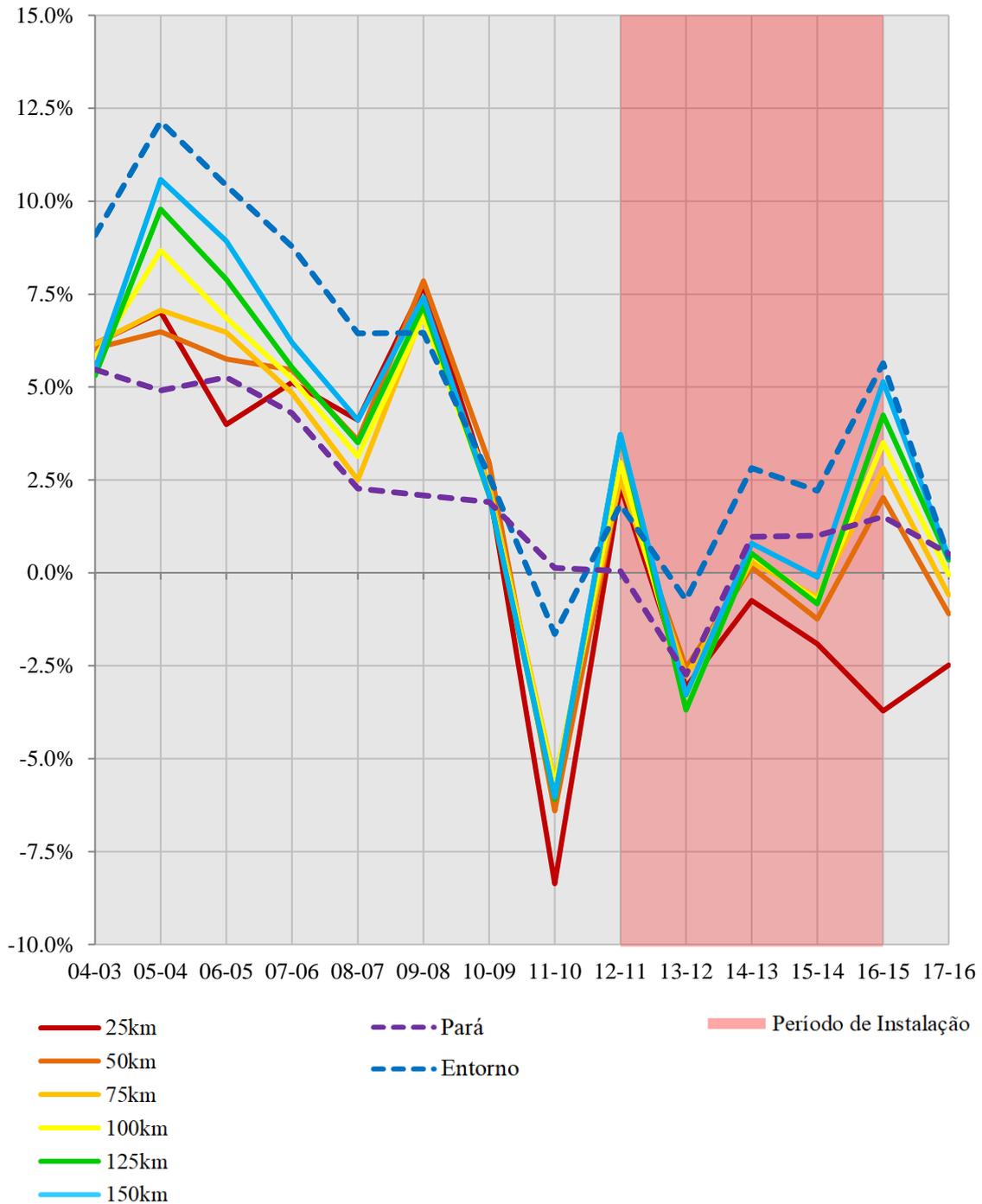


Figura 68 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Agropecuária” para cada ano, a partir de Belo Monte. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período de instalação das hidrelétricas.

A Figura 69 mostra a relação entre o comportamento agregado para os períodos pré-instalação e instalação. Há uma forte tendência de redução das taxas de variação da classe na passagem do período pré-instalação para o de instalação, para todas as janelas de observação, entretanto mais fortes para as mais próximas (25km e 50km) que,

novamente, parecem perceber alterações mais intensas. Há de se considerar, entretanto, a tendência de forte redução nas taxas entre os períodos considerados para o Estado do Pará.

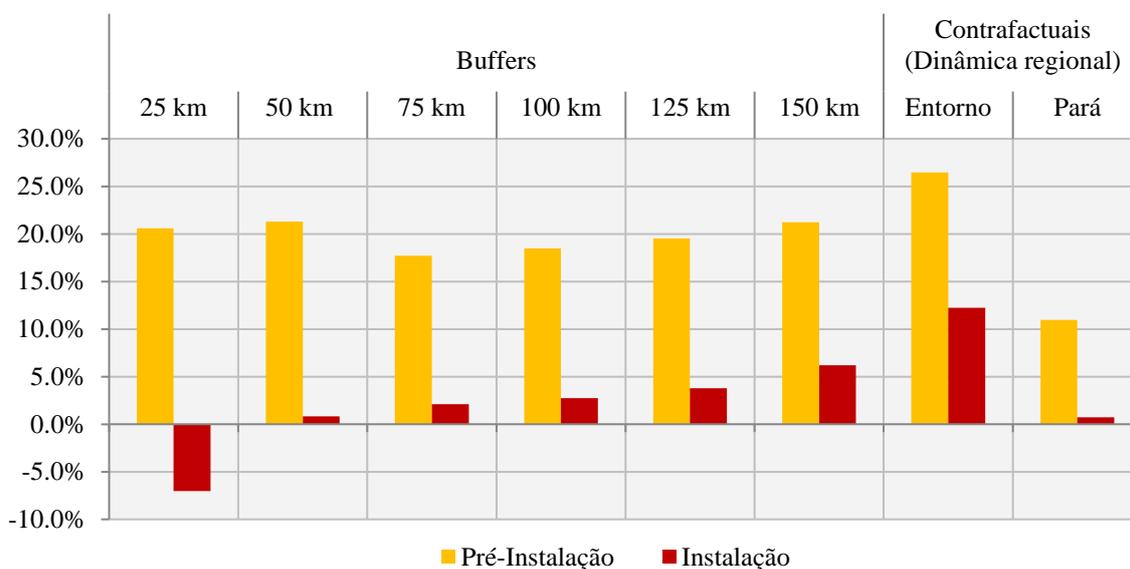


Figura 69 - Variação percentual da classe “agropecuária” para o agregado os períodos pré-instalação (2006-2010) e instalação (2011-2016), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Dividindo o período pré-instalação nos três intervalos com comportamentos distintos, ou seja, avaliando apenas o período de maior variação da série – 2008 a 2010 – e comparando com um intervalo anterior ainda sem indício de nenhuma relação com a mera expectativa do empreendimento – 2006 a 2008, e o intervalo que segue até o início da obra (2010-2011), fica evidente que, embora as variações não sejam tão abruptas e ordenadas como na classe “vegetação natural”, é possível notar uma preponderância do intervalo 2008-2010 em relação à sua contraparte anterior até o limite do *buffer* de 125km, com pico em 75km. Para o *buffer* de 150km inverte-se o padrão e a relação alinha-se com as janelas de observação regionais, que indicam a diminuição do avanço da classe para o período 2008-2010, tendência esta intensificada pelo intervalo 2010-2011, com perdas de áreas da classe em todos os *buffers*.

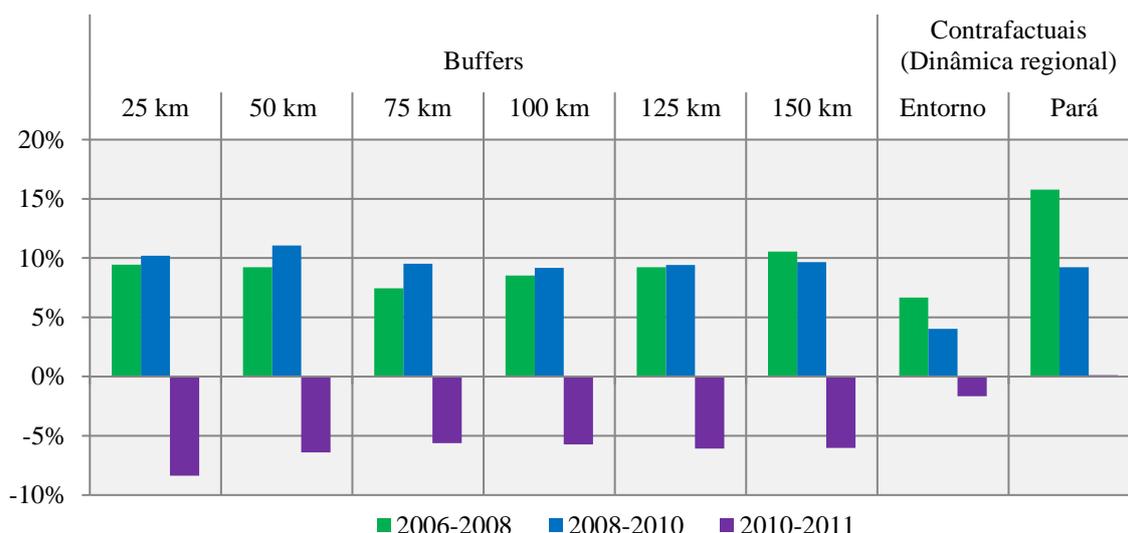


Figura 70 - Variação percentual da classe “agropecuária” para o agregado dos períodos pré-instalação (2006-2008), de instalação (2008-2010) e de operação (2010-2011), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Tabela 13 – Diferença nas taxas de mudança entre diferentes intervalos, para a classe “Agropecuária” para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte.

Janelas de Observação		Diferença entre os períodos pré-instalação e instalação	Diferença entre os intervalos (2006-2008) e (2008-2010)
<i>Buffers</i>	25 km	-27.613%	0.750%
	50 km	-20.495%	1.843%
	75 km	-15.580%	2.068%
	100 km	-15.730%	0.657%
	125 km	-15.725%	0.204%
	150 km	-15.063%	-0.891%
Contrafactuais (Dinâmica regional)	Entorno	-14.240%	-6.554%
	Pará	-10.222%	-2.634%

Para o período de operação, há um indicativo de sequência na tendência de diminuição das taxas, com mais força também nos *buffers* menores, mantendo também o *buffer* de 100km como limite. A partir deste ponto, o comportamento inverte-se e segue o padrão regional, com crescimentos muito sutis, com teto em 0,509% da área da janela de observação para o caso do Estado do Pará.

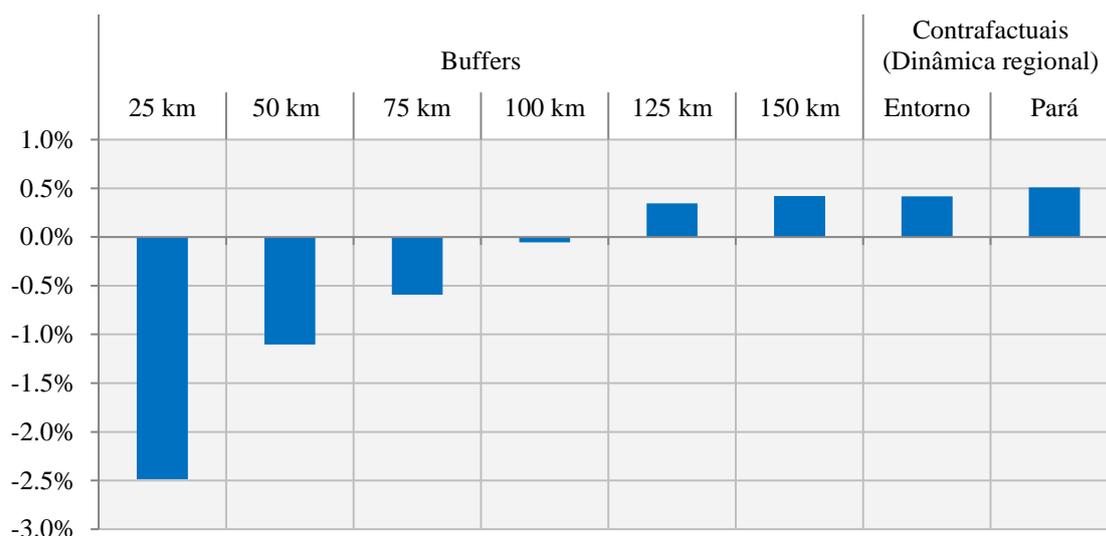
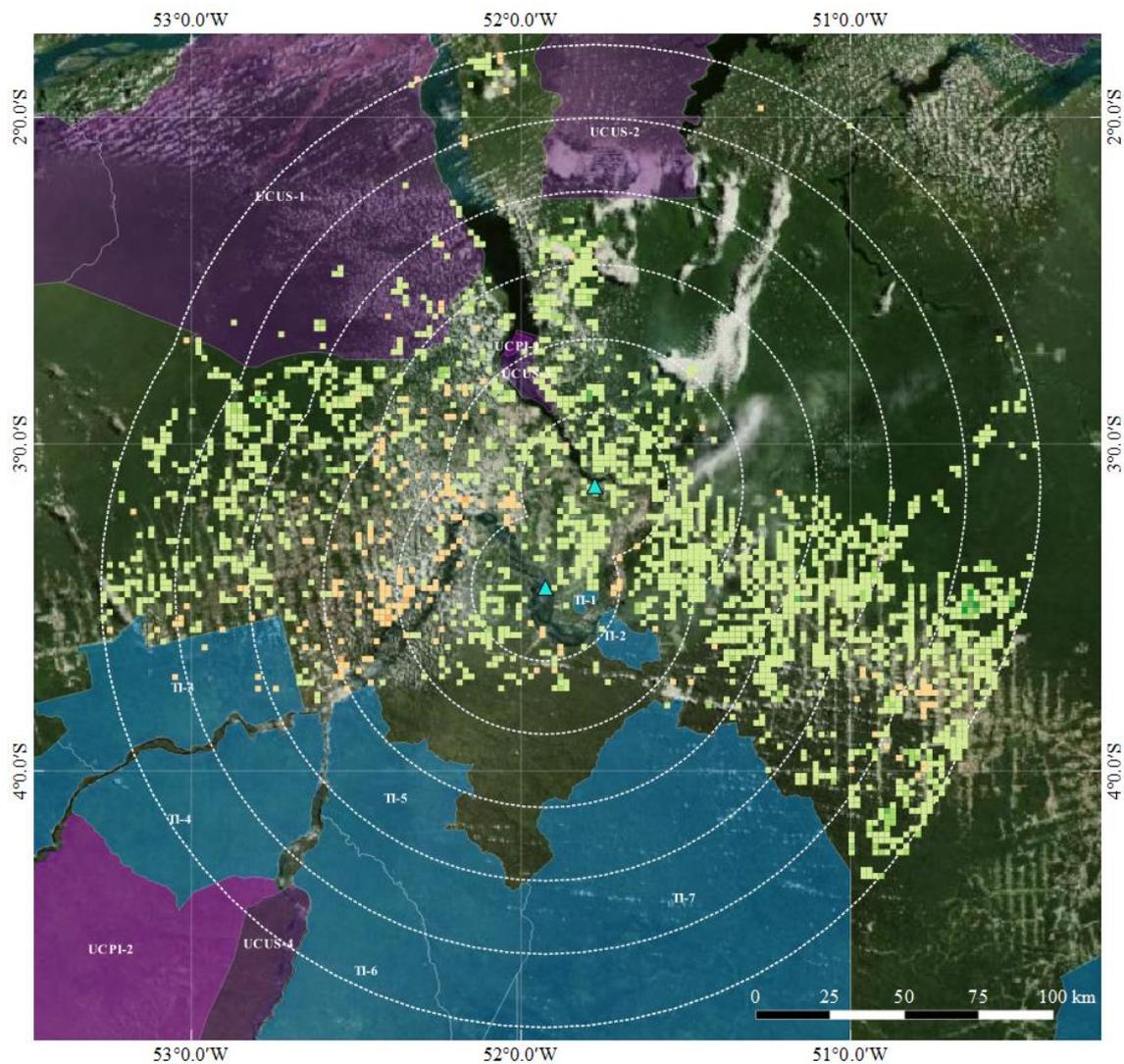


Figura 71 - Variação percentual da classe “agropecuária” para o agregado do período de operação (2016-2017), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Complementarmente, a análise espacial permite identificar diferenças entre as dinâmicas para os períodos de 2006-2008 (Figura 72) e 2008-2010 (Figura 73), com a concentração de abertura de novas áreas na região norte do município de Anapu, a sudeste da alça da Volta Grande do Xingu. Neste caso, é possível identificar aberturas de áreas mesmo dentro de áreas protegidas como as terras indígenas Paquiçamba (TI-1) e Arara da Volta Grande (TI-2). Verifica-se, entretanto, maiores acréscimos até o limite de 75km, principalmente em áreas lindeiras à BR-230.

Durante o período de instalação (Figura 74), embora os gráficos apresentem uma dinâmica muito próxima da estacionária, é possível notar um recuo da classe nas regiões próximas às barragens e um espraiamento da dinâmica, com destaque para a região de limite entre o município de Altamira e o norte do município de Senador José Porfírio, além da região a sudeste do *buffer* de 150km, nos municípios de Anapu e Pacajé.

Para a variação do único ano da série que contempla o período de operação, percebe-se de fato a diminuição da dinâmica em todos os *buffers*, com variações pontuais (Figura 75).



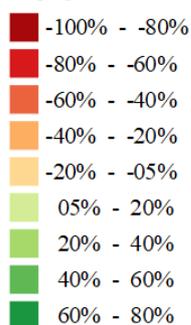
Período de análise: Pré-Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2006 a 2008

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Variação (extensão) da classe:

"Agropecuária"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

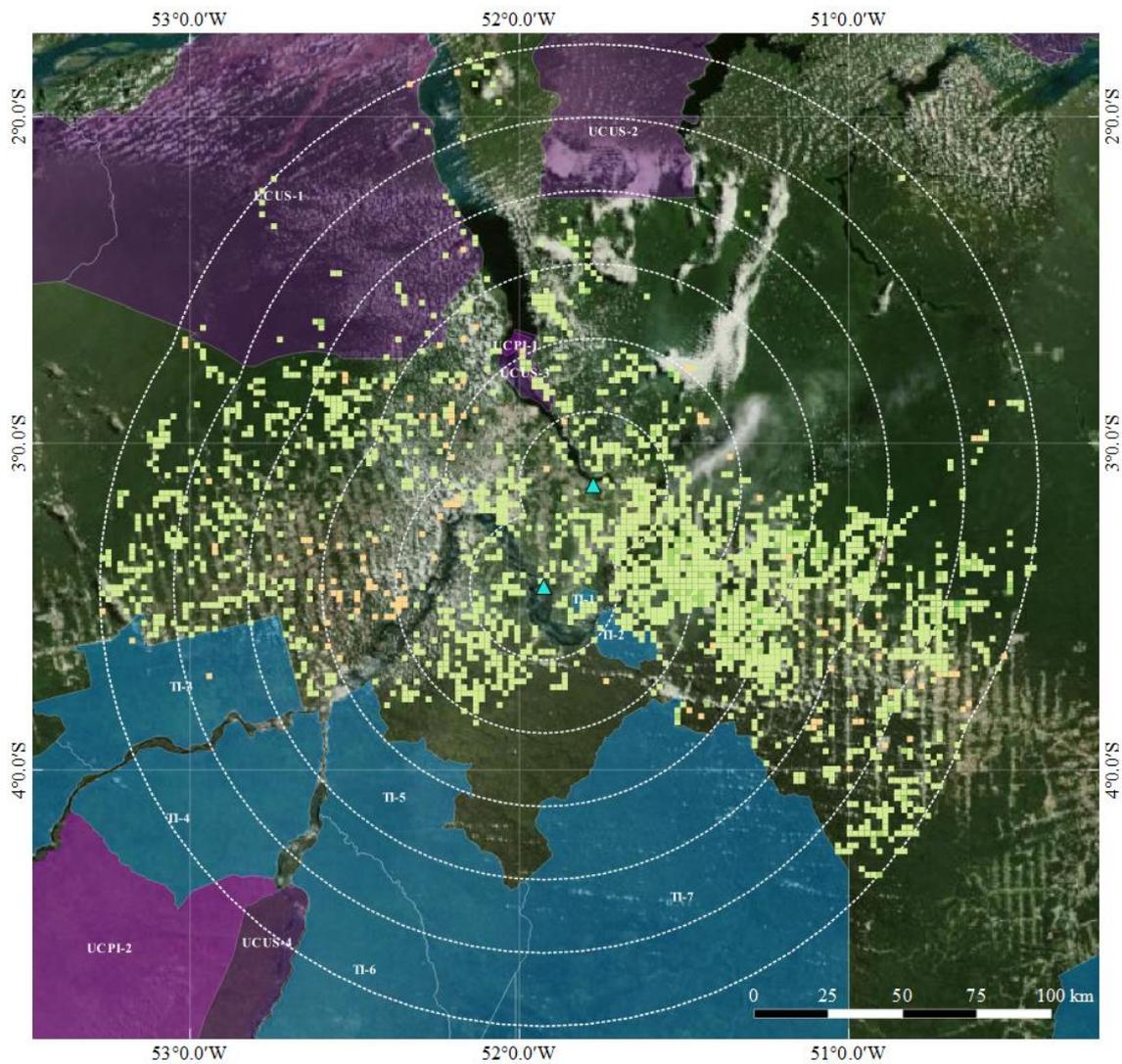
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 72 - Variação da classe "Agropecuária" entre os anos de 2006 e 2008 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



Período de análise: Pré-Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2008 a 2010

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Variação (extensão) da classe:

"Agropecuária"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

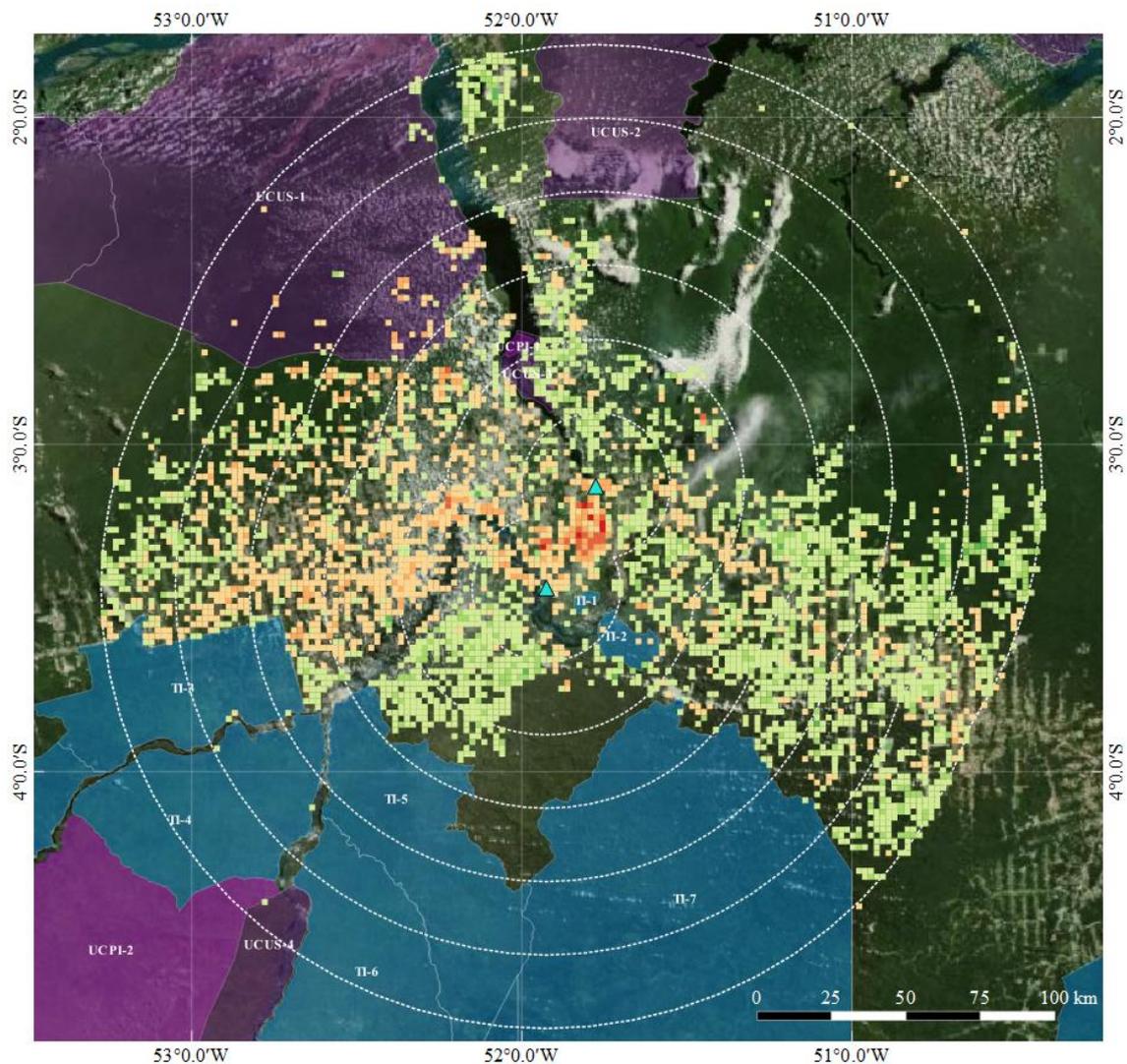
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 73 - Variação da classe "Agropecuária" entre os anos de 2008 e 2010 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



Período de análise: Instalação

Janela temporal dos dados: 2011 a 2016

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Agropecuária"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

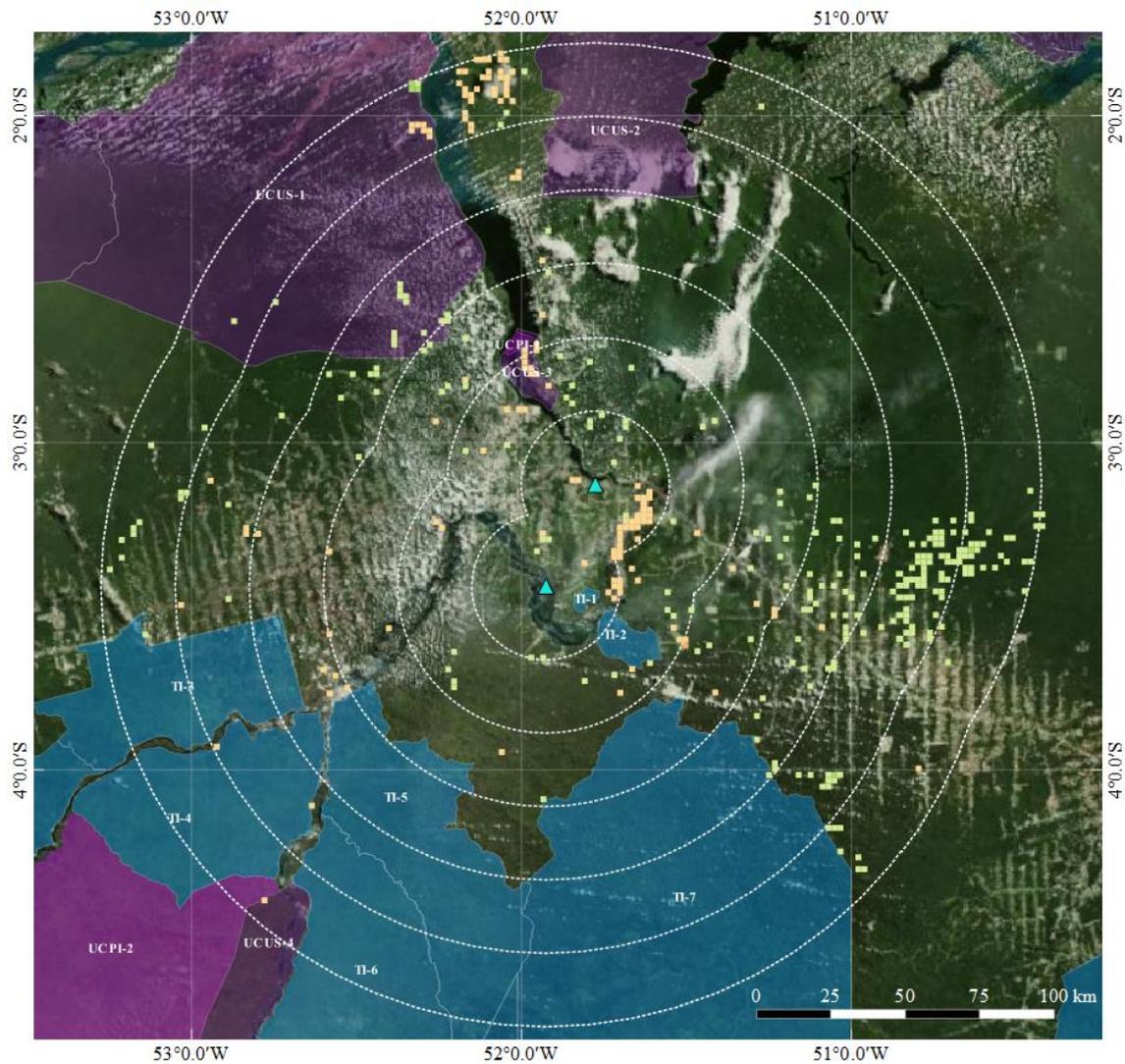
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 74 - Variação da classe "Agropecuária" entre os anos de 2011 e 2016 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.



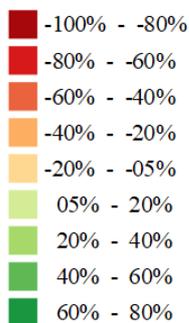
Período de análise: Operação

Janela temporal dos dados: 2016 a 2017

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Variação (extensão) da classe:

"Agropecuária"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 75 - Variação da classe "Agropecuária" entre os anos de 2016 e 2017 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. Elaboração do autor.

#### 4.2.2.3. Áreas Antropizadas

A classe “áreas antropizadas” é formada pela junção das classes “Infraestrutura urbana”, “Outras áreas não vegetadas” e “Mineração. Não há registro da presença da classe “Mineração” em nenhum dos *buffers* a partir das barragens. A Figura 76 traz a representação das trajetórias das classes infraestrutura urbana, outra área não vegetada e mineração para o *buffer* de 150km a partir das barragens de Belo Monte.

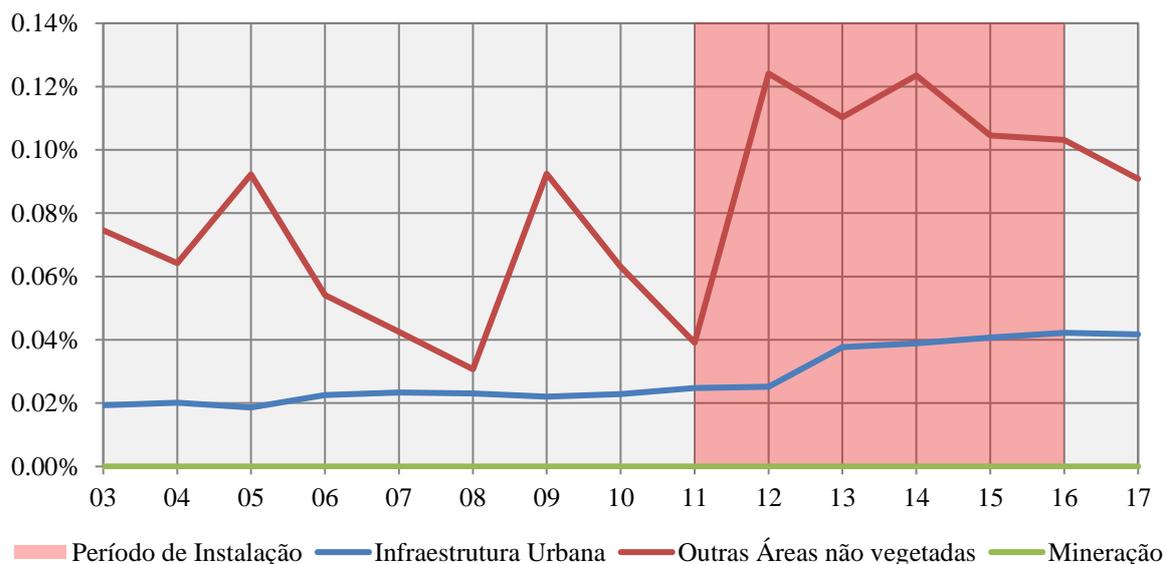


Figura 76 – Trajetórias das classes Infraestrutura urbana, outra área não vegetada e Mineração, que compõe a classe “Áreas Antropizadas”, para o *buffer* de 150km a partir das barragens de Belo Monte. A área hachurada refere-se ao período de instalação de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total do *buffer*. No eixo horizontal os anos da série considerada.

Isto posto, a partir da análise da Figura 77, é possível identificar dois picos muito bem definidos, sendo o primeiro em 2009, confirmando o padrão já identificado nas classes “vegetação natural” e “agropecuária”, e o segundo iniciando logo no segundo ano do início da obra, em 2012, com ponto mais alto em 2014.

Seguindo o mesmo padrão das demais classes analisadas, os *buffers* mais próximos parecem orientar as demais dinâmicas, que são suavizadas com a ampliação das janelas de observação. Da mesma forma como verificado para a classe “agropecuária”, as taxas de variação para o recorte dos municípios do entorno parecem ser influenciadas pelos dois picos citados, ressaltando sua força (Figura 78).

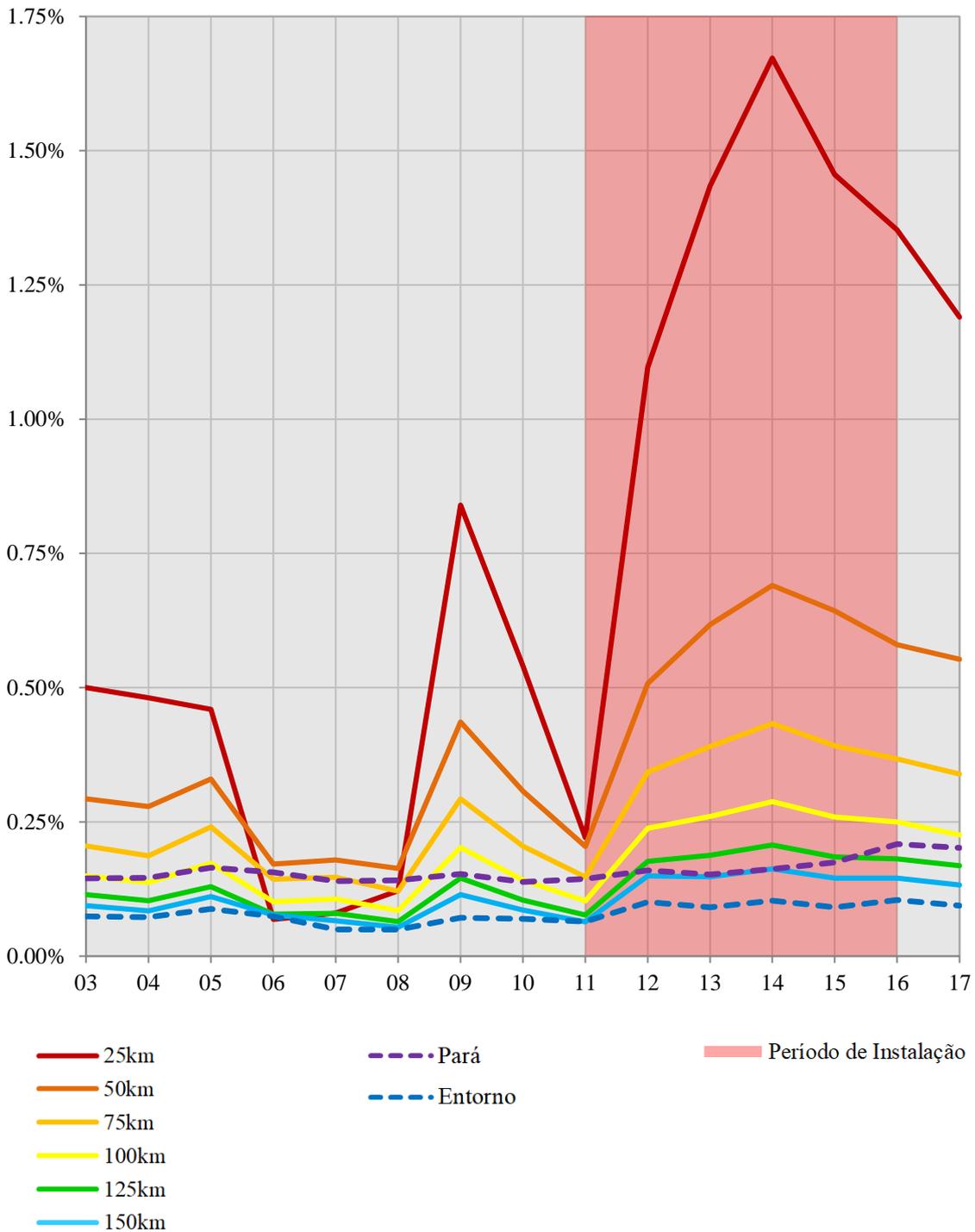


Figura 77 - Variação total (extensão) da classe “Áreas Antropizadas” nas diversas janelas de observação para a avaliação das relações com a hidrelétrica de Belo Monte. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período considerado como de instalação das hidrelétricas. No eixo horizontal os anos da série histórica considerada. No eixo vertical a porcentagem de área abarcada pela classe em cada ano

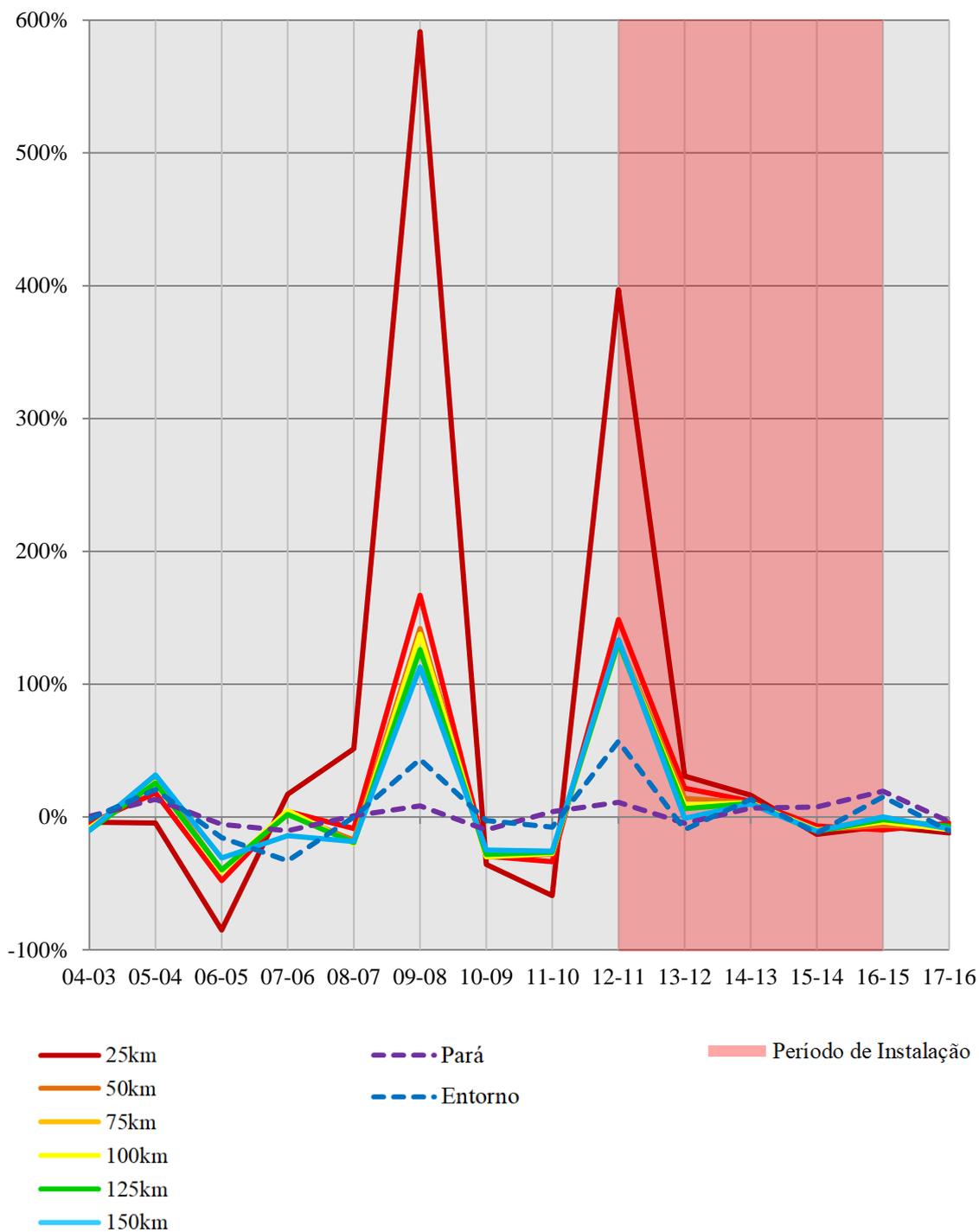


Figura 78 - Variação percentual, ou incremento, da classe “Áreas Antropizadas” para cada ano, a partir de Belo Monte. As linhas pontilhadas indicam as trajetórias da classe para os limites político-administrativos definidos para a avaliação da dinâmica regional. A área em vermelho indica o período de instalação das hidrelétricas.

Analisando as dinâmicas agregadas pelos períodos (Figura 79 e Tabela 14), é possível perceber a influência do pico de 2009 dentro do período pré-instalação, principalmente na avaliação do comportamento do *buffer* de 25km. Ainda, nota-se que a partir do *buffer* de 50km a dinâmica é invertida e o período de instalação ganha mais proeminência,

seguindo a dinâmica regional. Tal comportamento confirma que: i) de fato, o pico de crescimento da classe em 2008 está localizado dentro do *buffer* de 25km, e os efeitos identificados nos *buffers* maiores são reflexos das dinâmicas nas regiões mais próximas; ii) Para os demais *buffers*, mesmo considerando o ruído do pico de 2009 dentro do período pré-instalação, o período de instalação, ou seja, pós 2011, apresenta-se com variações mais fortes que o anterior.

Interessante notar que essa forte variação em 2009 não pode ter relação com os impactos diretos da obra, uma vez que ela antecede o efetivo início da mesma.

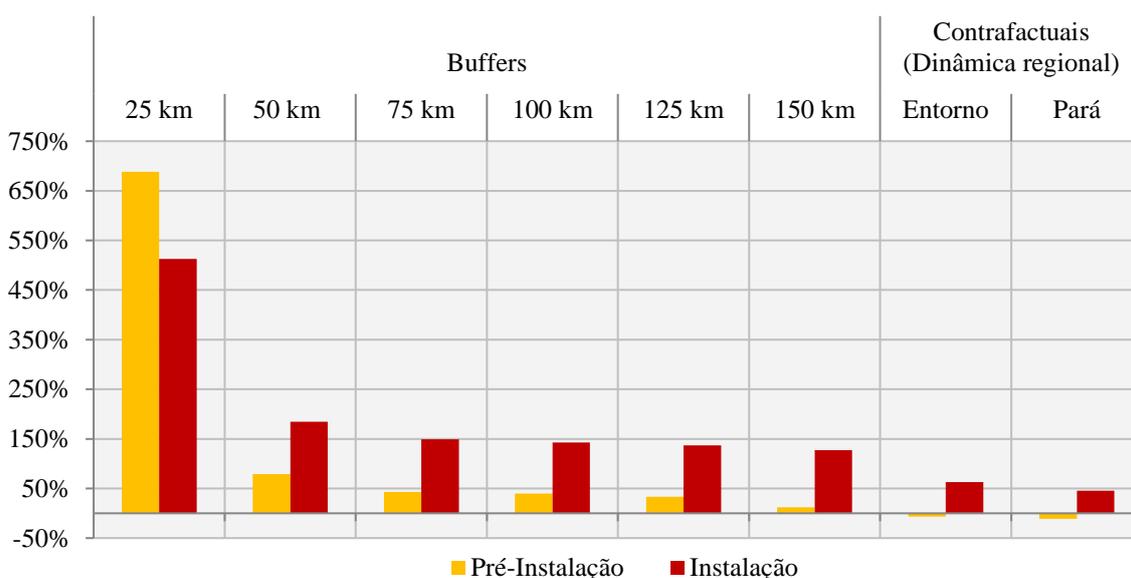


Figura 79 - Variação percentual da classe “áreas antropizadas” para o agregado dos períodos pré-instalação (2006-2010) e de instalação (2011-2016), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Tabela 14 – Diferença nas taxas de mudança entre os períodos para a classe “Áreas Antropizadas” para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte.

Janelas de Observação		Diferença entre os períodos pré-instalação e instalação	Diferença entre os intervalos (2007-2008) e (2008-2009)
<i>Buffers</i>	25 km	-175.683%	539.925%
	50 km	105.226%	175.716%
	75 km	106.539%	159.437%
	100 km	102.937%	157.672%
	125 km	103.361%	145.077%
	150 km	115.257%	131.304%
Contrafactuais (Dinâmica regional)	Entorno	69.538%	43.428%
	Pará	56.667%	7.540%

Descendo ao detalhe temporal para verificar, nas diferentes escalas, os comportamentos para os intervalos 2007-2008<sup>135</sup> e 2008-2009<sup>136</sup> (Figura 80 e Tabela 14), ratifica-se o papel do *buffer* de 25km como orientador das taxas e das dinâmicas da classe na região.

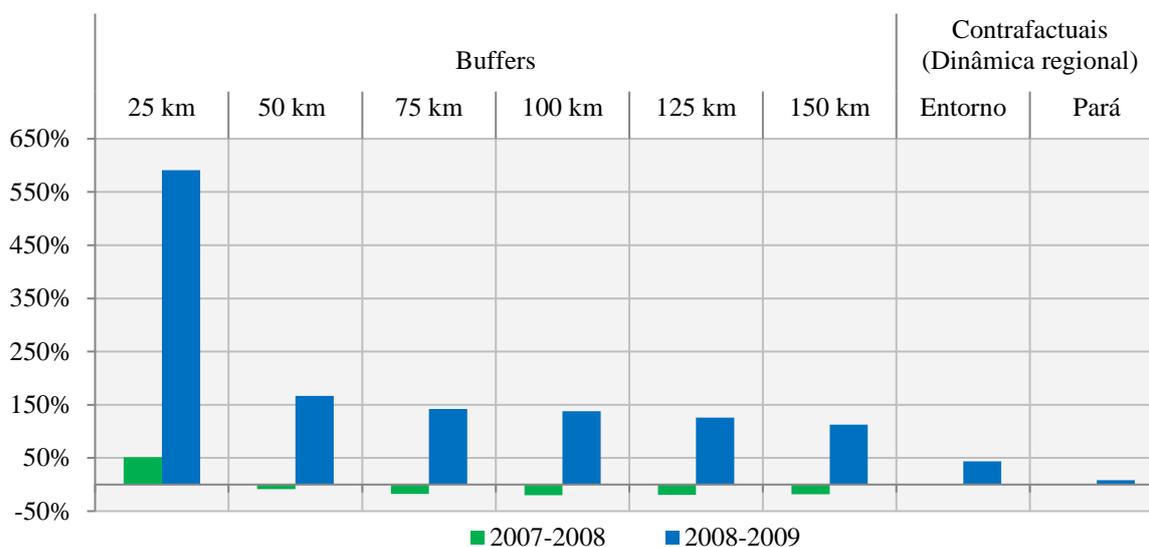


Figura 80 - Variação percentual da classe “áreas antropizadas” para o agregado dos períodos pré-instalação (2007-2008) e de instalação (2008-2009), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

Para o curto intervalo do período de operação, há redução na presença das áreas antropizadas em todas as janelas consideradas. Mantem-se em destaque, entretanto, o *buffer* de 25km, com os maiores valores de redução.

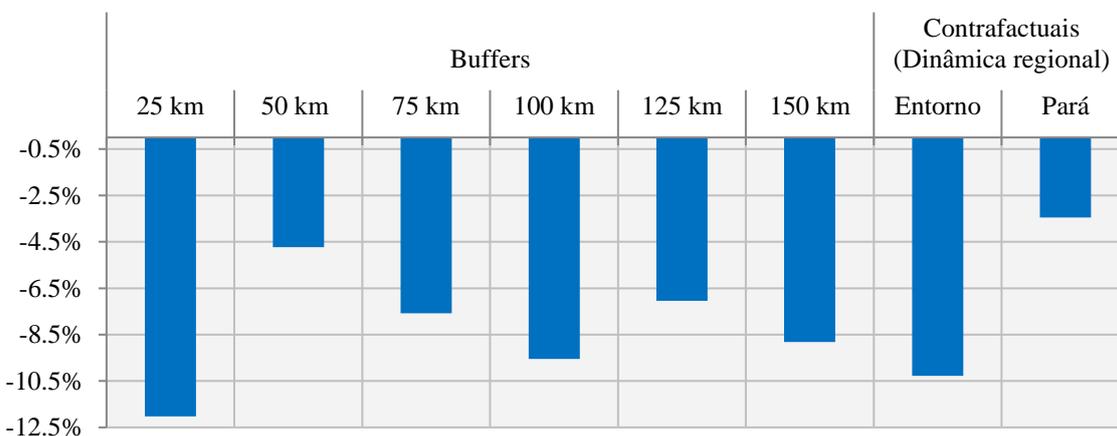


Figura 81 - Variação percentual da classe “áreas antropizadas” para o agregado do período de operação (2016-2017), para as janelas de observação a partir das barragens de Belo Monte. No eixo vertical as porcentagens em relação à área total de cada janela de observação. No eixo horizontal as janelas de observação consideradas.

<sup>135</sup> Período onde ainda não é possível encontrar elementos que conectem as mudanças na classe à expectativa do empreendimento.

<sup>136</sup> Período onde há indícios da relação entre as mudanças na classe à expectativa do empreendimento.

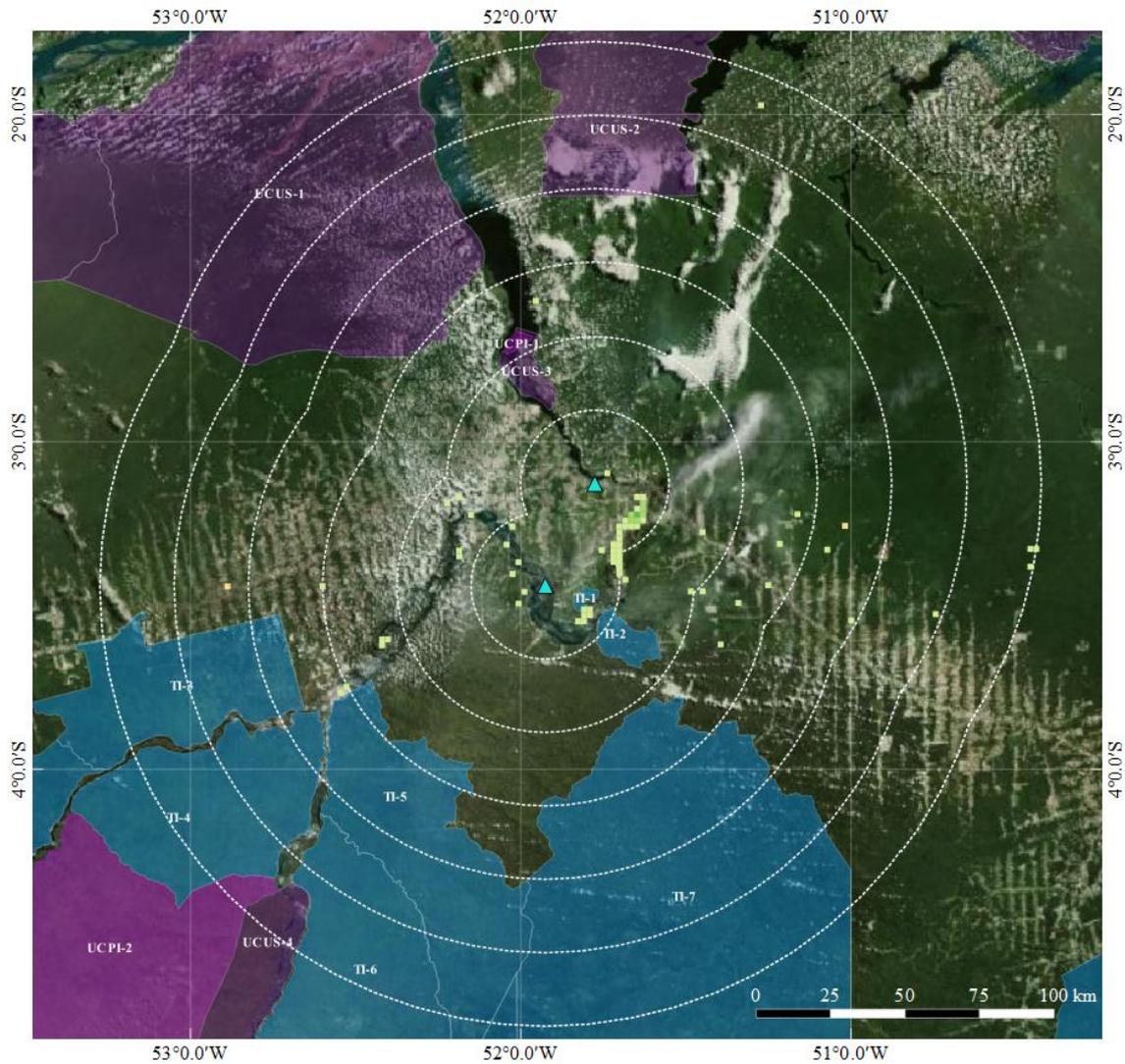
A avaliação espacial permite identificar a localização destas variações. Neste sentido, as variações mais intensas e localizadas para o pico entre os anos de 2008 e 2009 (Figura 82) e a queda entre 2009 e 2011 (Figuras 83 e 84) ocorreram majoritariamente em regiões muito próximas ao rio Xingu, na região entre as Terras Indígenas de Paquiçamba e Arara da Volta Grande, e mais a jusante, até regiões mais próximas à BR-230. Considerando que não é possível identificar variações significativas e com concentrações similares nas outras classes analisadas, é muito provável que tais variações sejam explicadas pelos ciclos de cheia e vazão do rio Xingu<sup>137</sup>, com a exposição de bancos de areia.

Já para o início do período de instalação (Figuras 85 e 86), fica evidente o impacto direto das obras do canal de derivação e das próprias barragens, bem como a intensificação da classe ao redor dos núcleos urbanos de Altamira e de Vitória do Xingu.

As Figuras 86 e 87 apresentam o período final de instalação e o único ano do período de operação. As perdas de área da classe representam exatamente o início do período de alagamento dos reservatórios e do canal de derivação, com o consequente aumento de áreas de solo exposto no trecho mais ao sul e sudeste da Volta Grande do Xingu, em decorrência dos desvios das águas e alteração do regime do rio. Desta forma, observa-se que, mesmo com os valores relativamente altos descritos na Figura 77, não é possível identificar variações significativas além daquelas diretamente decorrentes da obra.

---

<sup>137</sup> De fato, é possível encontrar alguns padrões entre a classe “Áreas antropizadas” e “Corpos D’água”, esta última não considerada na análise sistemática realizada pela presente pesquisa.



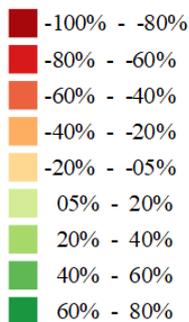
Período de análise: Pré-Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2008 a 2009

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

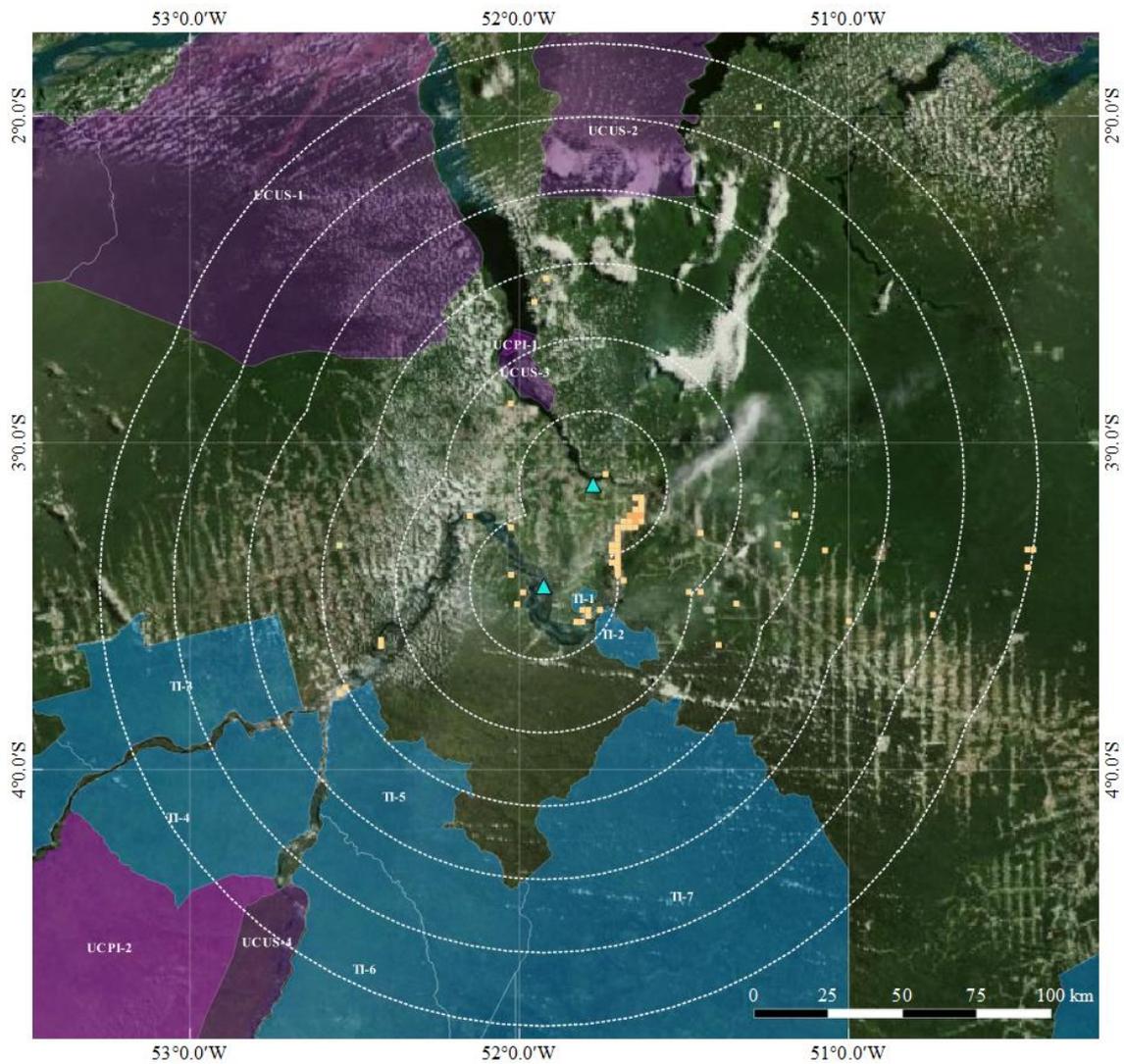
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 82 - Variação da classe "Áreas Antropizadas" entre os anos de 2008 e 2009 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



Período de análise: Pré-Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2009 a 2011

Maior Janela espacial (buffer) representada: 150km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

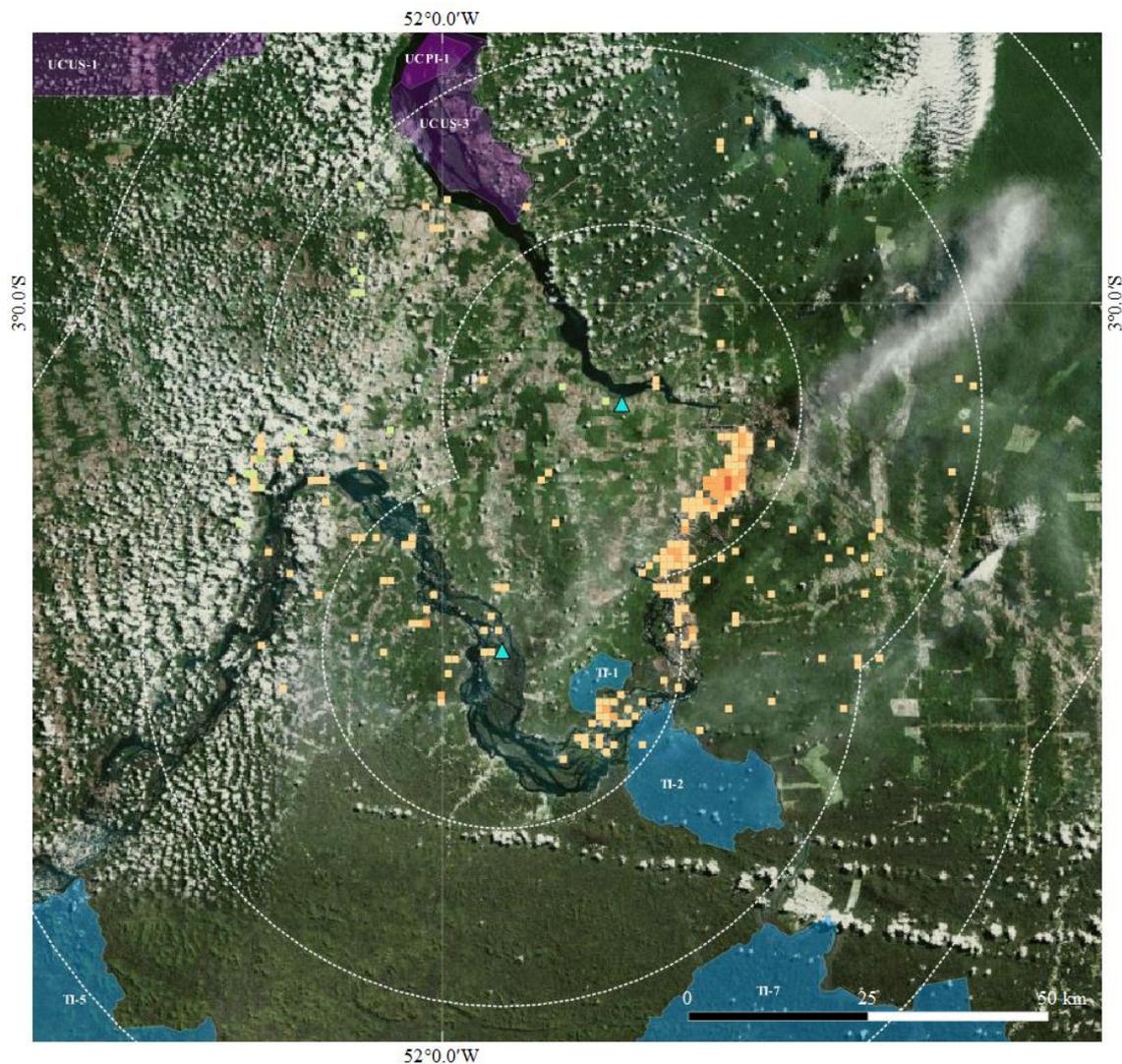
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 83 - Variação da classe "Áreas Antropizadas" entre os anos de 2009 e 2011 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



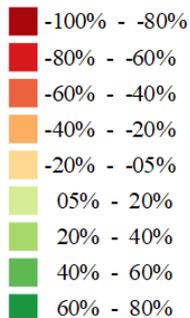
Período de análise: Pré-Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2009 a 2011

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Variação (extensão) da classe:

"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

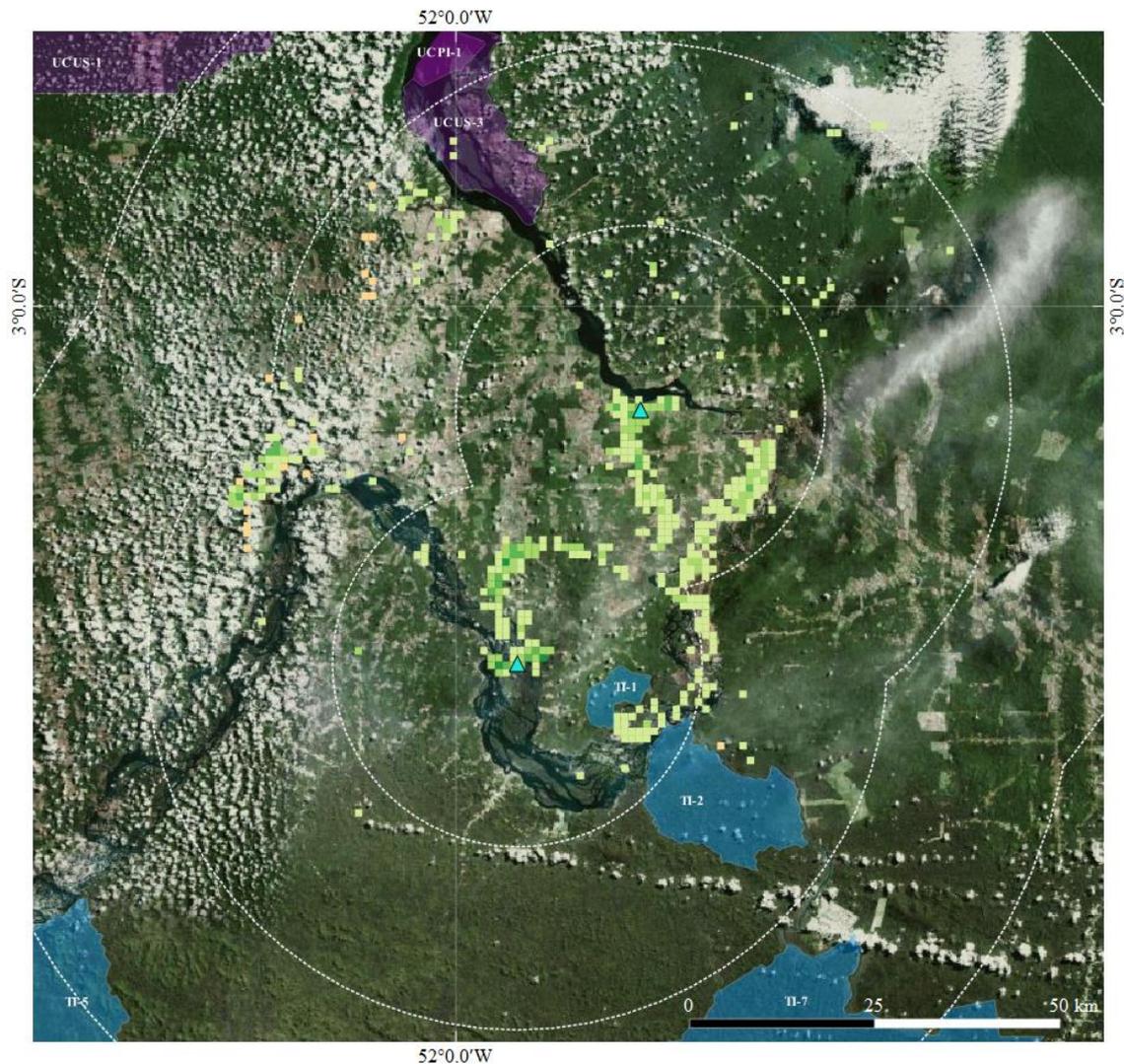
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 84 - Variação da classe "Áreas Antropizadas" entre os anos de 2009 e 2011 dentro do buffer de 50 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



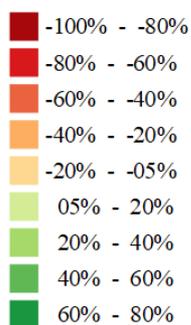
Período de análise: Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2011 a 2014

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

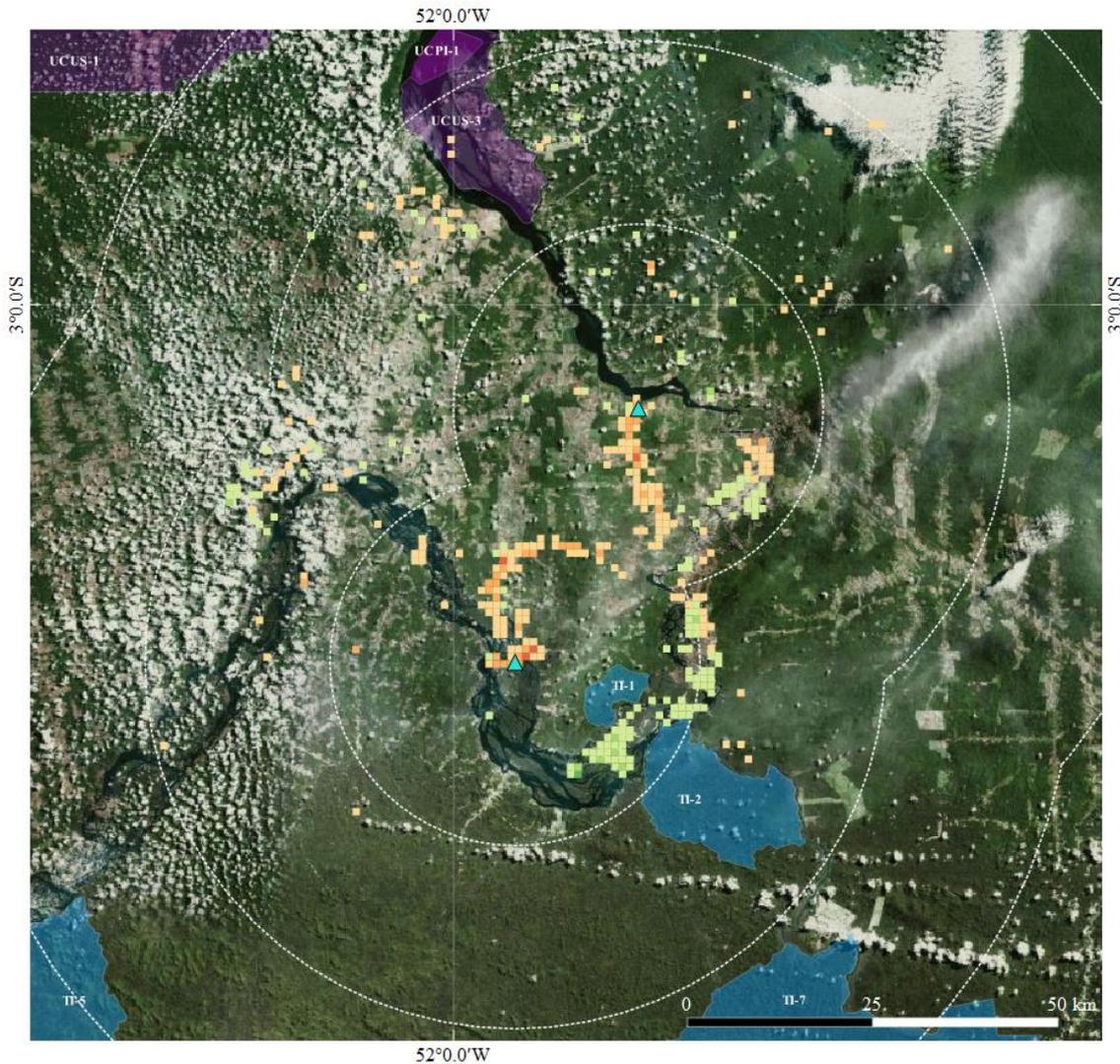
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 85 - Variação da classe "Áreas Antropizadas" entre os anos de 2011 e 2014 dentro do buffer de 50 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



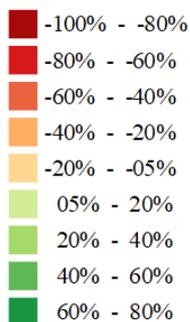
Período de análise: Instalação\*

Janela temporal dos dados: 2014 a 2016

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Variação (extensão) da classe:

"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

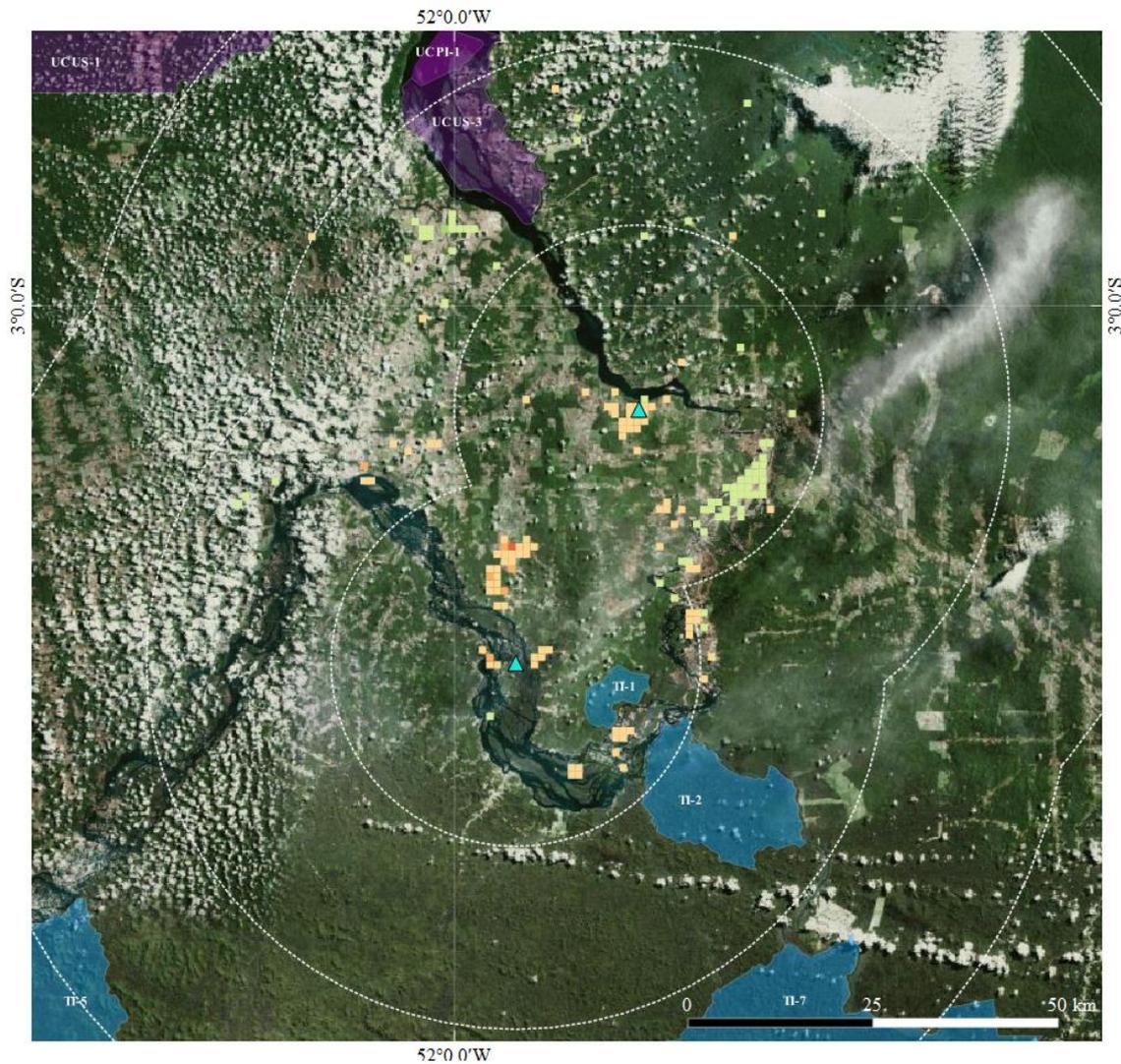
■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 86 - Variação da classe "Áreas Antropizadas" entre os anos de 2014 e 2016 dentro do buffer de 50 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.



Período de análise: Operação

Janela temporal dos dados: 2016 a 2017

Maior Janela espacial (buffer) representada: 50km a partir das barragens

Varição (extensão) da classe:

"Áreas Antropizadas"



▲ Barragens (Sítio Pimental e Belo Monte)

■ Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais e Estaduais)

■ Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Federais e Estaduais)

■ Terras Indígenas

A referência aos códigos utilizadas para identificar as áreas protegidas podem ser encontrados no Anexo 3 desta tese.



Coordenadas Geográficas  
Datum SIRGAS 2000

Figura 87 - Variação da classe “Áreas Antropizadas” entre os anos de 2016 e 2017 dentro do buffer de 150 km a partir das barragens de Belo Monte. Omitidos da representação as variações de menos de 5% (positivos e negativos), para cada célula. Fontes: BING, IBGE e FUNAI. \* Intervalo parcial dentro do período. Elaboração do autor.

### 4.3. Síntese dos achados e discussões

Um dos resultados mais importantes da aplicação do método para os dois casos de estudo é justamente as diferenças entre eles, indicando que o método possui sensibilidade suficiente para captar e avaliar variações a partir dos padrões e trajetórias de uso e cobertura da terra, quando estas de fato existirem. Ainda, a opção pela análise multiescalar se mostrou adequada para a compreensão da relação entre o elemento sob análise – os empreendimentos hidrelétricos - e as dinâmicas de uso e cobertura da terra, uma vez que permitiu identificar diferentes tendências e mudanças de padrão entre as janelas, lançando luz sobre um aspecto complexo e pouco explorado dentro dos processos de avaliação de impacto.

Em alinhamento com as evidências empíricas encontradas em Rufin *et al.* (2019), que estabelecem que os impactos de barragens nos sistemas terrestres são frequentemente limitados aos achados em estudos de caso, emerge diretamente das análises realizadas a questão da especificidade decorrente do cruzamento de cada empreendimento com sua respectiva localidade, reforçando o caráter de pesquisa localmente orientada<sup>138</sup>.

Para o caso de Jirau e Santo Antônio, embora a conclusão geral seja que, a partir do método adotado e dos dados utilizados, de maneira geral, não há elementos para embasar a hipótese de que as hidrelétricas induzem alterações das classes para além daquelas esperadas e produto direto das intervenções. De toda forma, algumas questões emergem como especificidades, conforme descrito no Quadro 15.

---

<sup>138</sup> Tradução livre para *place-based research*.

Quadro 15 – Síntese dos resultados para Jirau e Santo Antônio.

Classe	Período	Buffer	Padrão	Aspectos complementares a considerar		Evidências
Vegetação Natural	Planejamento	25km	≈			Variação generalizada por todos os <i>buffers</i> , seguindo a dinâmica regional - Figuras 32 e 33.
		50km	≈			
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
		150km	≈			
	Instalação	25km	⇓	Santo Antônio	Taxas de variação superior ao período de operação, descolando da tendência dos <i>buffers</i> maiores e das janelas regionais.	Análise agrupada por período - Figura 34 e Tabela 9. Figuras 36 e 37.
		50km	≈		Segue o padrão encontrado nos contrafactuais (dinâmica regional)	Variação generalizada por todos os <i>buffers</i> , seguindo a dinâmica regional - Figura 32.
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
	150km	≈				
	Operação	25km	⇕	Jirau	Recuperação de áreas dentro do <i>buffer</i> de 25km a partir de Jirau	Figura 34 e 39. Tabela 9.
		50km	≈		Ampliação da pressão sobre as bordas das Unidades de Conservação Parque Nacional do Mapinguari e Parque Estadual de Guajará-Mirim.	Figura 39.
		75km	≈			
100km		≈				
125km		≈				
150km	≈					
Agropecuária	Planejamento	25km	≈		Incrementos na classe superior aos demais períodos, entretanto seguindo o padrão dos contrafactuais.	Figuras 40 e 43.
		50km	≈			
		75km	≈			
		100km	≈			
		150km	≈			
	Instalação	25km	⇓		Quase estacionário para Jirau e decrescimentos para Santo Antônio a partir de 2011	Figura 40, 41 e 43.
		50km	≈		Incrementos na classe superior aos demais períodos, entretanto seguindo o padrão dos contrafactuais.	
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
	150km	≈				
	Operação	25km	⇓		Perda de áreas da classe nos <i>buffers</i> de 25km a partir de Jirau e de Santo Antônio.	Figura 40 e 47.
		50km	≈		Incrementos seguindo o padrão dos contrafactuais.	Figuras 40 e 41.
		75km	≈			
		100km	≈			
125km		≈				
150km	≈					

Quadro 15 – continuação.

Áreas Antropizadas	Planejamento	25km	↑↑	Santo Antônio	Incremento para o <i>buffer</i> de 25km a partir de Santo Antônio a partir de 2006 (2 anos antes da instalação). Ampliação das franjas do núcleo urbano de Porto Velho	Figuras 48 e 52.
		50km	≈	Apenas variações pontuais e isoladas		Figura 52.
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
		150km	≈			
	Instalação	25km	↑↑	Santo Antônio	Incrementos, com pico em 2011. Adensamento e espraiamento da mancha urbana de Porto Velho e proximidades	Figuras 48, 49 e 51. Tabela 11.
				25km a partir de Jirau	Incrementos, com pico em 2012. Remoção da vegetação nas margens do Madeira, à montante da barragem. Abertura dos projetos de reassentamento de Nova Mutum-Paraná e Vida Nova. adensamento das franjas no núcleo urbano em Jaci-Paraná.	
		50km	≈	Apenas variações pontuais e isoladas	Figura 53.	
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
	Operação	25km	↑↑	Jirau	Acréscimos de áreas em regiões marginais às novas áreas alagadas, principalmente dentro do Parque Nacional do Matinguari (UCPI-01).	Figuras 48, 49 e 54.
		50km	≈	Apenas variações pontuais e isoladas	Figura 54.	
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
		150km	≈			

≈ Não há elementos para embasar a hipótese de que as hidrelétricas induzem alterações para além daquelas esperadas e produto direto das intervenções.

↑↑ Incrementos com evidências de relação a partir das hidrelétricas e desalinhadas da série e da dinâmica regional.

↓↓ Decrementos com evidências de indução a partir das hidrelétricas e desalinhadas da série e da dinâmica regional.

Muitos dos resultados ora apresentados estão alinhados com algumas das previsões que compunham a matriz de previsão de impactos do EIA dos empreendimentos<sup>139</sup> como, por exemplo, a previsão de perda de áreas para agricultura durante a fase de operação, definido como de abrangência local e alteração profunda. De fato, as análises realizadas indicam que apenas dentro do *buffer* de 25km foi possível identificar tais alterações.

Dentre os aspectos complementares indiretos mais importantes, destacam-se a amplificação dos efeitos de bordas em unidades de conservação e o adensamento e espraiamento de núcleos urbanos existentes. Tais impactos, embora previsíveis<sup>140</sup> e importantes para a compreensão de como empreendimento deste tipo se conectam com as realidades locais, dentro do contexto da extensão das áreas analisadas, possuem baixa representatividade espacial e, desta forma, são diluídos se avaliados apenas a partir das trajetórias.

Desta forma, e considerando que as alterações mais marcadas estão relacionadas a ações e atividades diretamente relacionadas às obras e infraestrutura de apoio, todas previsíveis do ponto de vista da avaliação de impactos ambientais, conclui-se que as análises realizadas são suficientes para o teste do método e para melhor compreender as relações entre as hidrelétricas do Madeira e as dinâmicas nas classes avaliadas. Como conclusão, infere-se que os impactos diretos estão todos abarcados pelo *buffer* de 25km a partir das hidrelétricas e que os indiretos, seguindo as recomendações de Sánchez (2006), não podem ser definidos em razão da ausência donexo causal, ou seja, não é possível, a partir do desenho metodológico testado, garantir a contribuição das hidrelétricas.

Importante destacar aqui que tais resultados, de forma alguma, devem ser tomados como uma afirmação sobre a inexistência de impactos a partir de Jirau e Santo Antônio. As conclusões estão circunscritas aos limites do objeto analisado, considerando todas as definições metodológicas adotadas. Há uma importante literatura acerca de impactos outros não adequadamente captados ou avaliados pelo processo de avaliação de impacto ambiental do empreendimento (CRUZ et al., 2009; KATSURAGAWA et al., 2009; FEARNSSIDE, 2014, 2015a; COCHRANE et al., 2017; BARCELLOS et al., 2018;

---

<sup>139</sup> Conforme apresentado no tópico 3.3.4 – Quadro 9.

<sup>140</sup> A matriz de previsão de impactos do EIA de Jirau e Santo Antônio apresentou, como impacto, a “interferência em Unidades de Conservação” (3.29), com abrangência regional, durante a fase de operação (Quadro 9, tópico 3.3.4).

CAMASMIE ABE; MIRAGLIA, 2018; DOS SANTOS et al., 2020; LEITE LIMA et al., 2020).

Já para os *buffers* a partir das barragens de Belo Monte, são três os achados mais relevantes:

- i) Existência de significativos indícios da influência do empreendimento na alteração das três classes verificadas, confirmadas por meio do ordenamento entre as trajetórias dos *buffers* analisados, mais intensas nos mais próximos e atenuadas com a ampliação das áreas;
- ii) Impactos relevantes orientados pelo epicentro definido mesmo antes do início efetivo das obras, com marcos bem definidos entre 2009 e 2010, ou seja, dois anos antes do efetivo início das obras;
- iii) Atenuação das dinâmicas durante boa parte do período de instalação, considerando a somatória das alterações dentro dos *buffers*, refutando a hipótese de que o empreendimento, durante os anos de instalação, em razão das enormes mudanças induzidas nas dimensões demográfica e econômica na região, poderia alavancar processos de mudança no uso e cobertura da terra em áreas sob sua influência.

O Quadro 16 apresenta a síntese dos achados para os *buffers* a partir de Belo Monte.

Quadro 16 – Síntese dos resultados para Belo Monte.

Classe	Período	Buffer	Padrão	Aspectos complementares a considerar		Evidências
Vegetação Natural	Planejamento	25km	⇓	Perdas de áreas de vegetação natural entre os anos de 2008 e 2010, orientada pelos <i>buffers</i> mais próximos.	Recuperação entre os anos de 2010 e 2011	Figuras 55, 56 e 58. Tabela 12.
		50km	⇓			
		75km	⇓			
		100km	⇓			
		125km	⇓			
		150km	⇓			
	Instalação	25km	≈	Trajetória próxima do estacionário, com virtual equilíbrio entre recuperação de áreas em células mais próximas à BR-230 e perda de áreas vegetadas em regiões mais distantes.		Figuras 55, 56, 63 e 64.
		50km	≈			
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
		150km	≈			
	Operação	25km	⇑	Sinais de sutil recuperação de áreas vegetadas, mais fortes nos <i>buffers</i> mais próximos.	Intervalo de apenas 1 ano. Não há elementos suficientes para inferir nenhuma relação com a dinâmica regional ou mesmo com a série temporal.	Figura 55.
		50km	⇑			
		75km	⇑			
		100km	≈	Dinâmica seguindo o padrão regional.		
		125km	≈			
		150km	≈			
Agropecuária	Planejamento	25km	⇑	Incrementos entre os anos de 2008 e 2010, orientados pelos <i>buffers</i> mais próximos.	Recuos entre os anos de 2010 e 2011	Figura 67, 68, 70, 72 e 73.
		50km	⇑			
		75km	⇑			
		100km	⇑			
		125km	⇑			
		150km	⇑			
	Instalação	25km	⇓	Alterações relacionadas a consequências diretas das obras.		Figura 69 e 74.
		50km	≈	Trajetória próxima ao estacionário, com virtual equilíbrio inversamente proporcional ao verificado para a classe “vegetação natural”.		
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
		150km	≈			
	Operação	25km	≈	Desaceleração da dinâmica, com apenas variações pontuais e isoladas		Figura 75.
		50km	≈			
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
		150km	≈			

Quadro 16 – continuação.

Áreas Antropizadas	Planejamento	25km	↑↑	Pico em 2009, com evidências de orientação pelos <i>buffers</i> mais próximos.	Recuos em 2010, 1 ano antes do início efetivo das obras.	Figuras 77, 78, 82, 83 e 84.
		50km	↑↑			
		75km	↑↑			
		100km	↑↑			
		125km	↑↑			
		150km	↑↑			
	Instalação	25km	↑↑	Incrementos fortes no intervalo 2012-2014. Baixa representatividade espacial nos <i>buffers</i> maiores. Relação com impactos direto das obras, além do adensamento e espraiamento das manchas urbanas de Altamira e de Vitória do Xingu.	Figuras 77, 78, 85 e 86.	
		50km	↑↑			
		75km	↑↑			
		100km	↑↑			
		125km	↑↑			
		150km	↑↑			
	Operação	25km	≈	Sinais tardios de intervenções diretas do empreendimento. Manutenção da tendência de espraiamento do núcleo urbano de Vitória do Xingu. Apenas variações pontuais e isoladas nos <i>buffers</i> maiores.	Figura 87.	
		50km	≈			
		75km	≈			
		100km	≈			
		125km	≈			
		150km	≈			

≈ Não há elementos para embasar a hipótese de que as hidrelétricas induzem alterações para além daquelas esperadas e produto direto das intervenções.

↑↑ Incrementos com evidências de indução a partir das hidrelétricas e desalinhadas da série e da dinâmica regional.

≈≈ Decrementos com evidências de indução a partir das hidrelétricas e desalinhadas da série e da dinâmica regional.

Sobre a classe “Áreas antropizadas”, resta destacar que as variações mais fortes percebidas junto às margens do Xingu, ao sul e sudoeste da Volta Grande, a jusante da região entre as Terras Indígenas Paquiçamba (TI-1) e Arara da Volta Grande (TI-2), bastante representativas das alterações, podem indicar a exposição de banco de areia em períodos de vazante, ou seja, aportam ruídos às análises quantitativas.

Retomando a questão do início das influências da hidrelétrica em um momento anterior ao efetivo início de suas obras, emerge a necessidade de reenquadramento dos marcos temporais e dos períodos considerados para a avaliação que se pretende realizar a seguir. Dentro do período de instalação, há elementos que remetem à influência dos empreendimentos, embora agora sob o ponto de vista do controle. Do período de operação, não se pode afirmar nada, em razão de baixa representatividade temporal.

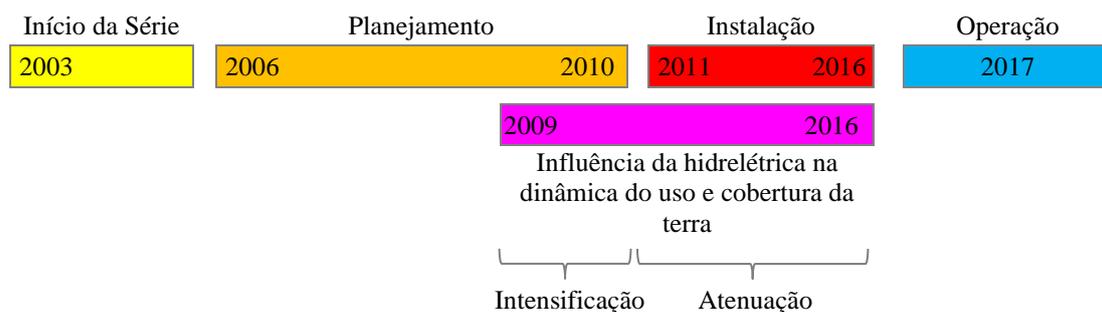


Figura 88 - Reenquadramento dos marcos temporais para a classe "vegetação natural".  
Elaboração do autor.

Redefinidos os marcos temporais, resta ainda identificar a abrangência espacial de tais influências. Para tal, foram definidos dois recortes temporais: 2008-2010 e 2011-2016 para a verificação das correlações entre a variação das classes e as distâncias euclidianas às hidrelétricas<sup>141</sup>. Considerando a questão da representatividade espacial, foram utilizadas apenas as classes “vegetação natural” e “agropecuária”. Os valores são apresentados na Figura 89.

Conforme verifica-se, o *buffer* de 75km apresenta os maiores índices de correlação com as distâncias para o período de 2008-2010, ou seja, os maiores valores para associações positivas para a vegetação natural e negativas para agropecuária<sup>142</sup>. Mesmo com valores relativamente baixos há que se considerar que não se trata de um experimento controlado, ou seja, é possível considerar como relevantes os valores para o *buffer* de 75km.

Dentro do período de instalação, as associações são muito mais baixas, virtualmente inexistentes, com exceção das variações da classe agropecuária para o *buffer* de 25km.

Considerando a magnitude das variações nas trajetórias, suas representações no território, e as correlações com as distâncias às barragens, há elementos para sustentar a escolha do *buffer* de 75km como adequado à captação das mudanças. Interessante notar que tal limite está em linha com os achados de Alencar et al. (2014).

<sup>141</sup> O cálculo das distâncias, por célula, foi realizado por meio do gerenciador de scripts FillCell 2.1, por meio do operador “*distance*”, utilizando como referencial os pontos das barragens.

<sup>142</sup> Quanto mais próximo (menores os valores de distância), menores as porcentagens de vegetação natural e maiores as porcentagens da classe agropecuária. Mesmo não sendo possível inferir causalidade a partir da correlação, a associação entre os comportamentos das variáveis traz elementos adicionais importantes às análises.

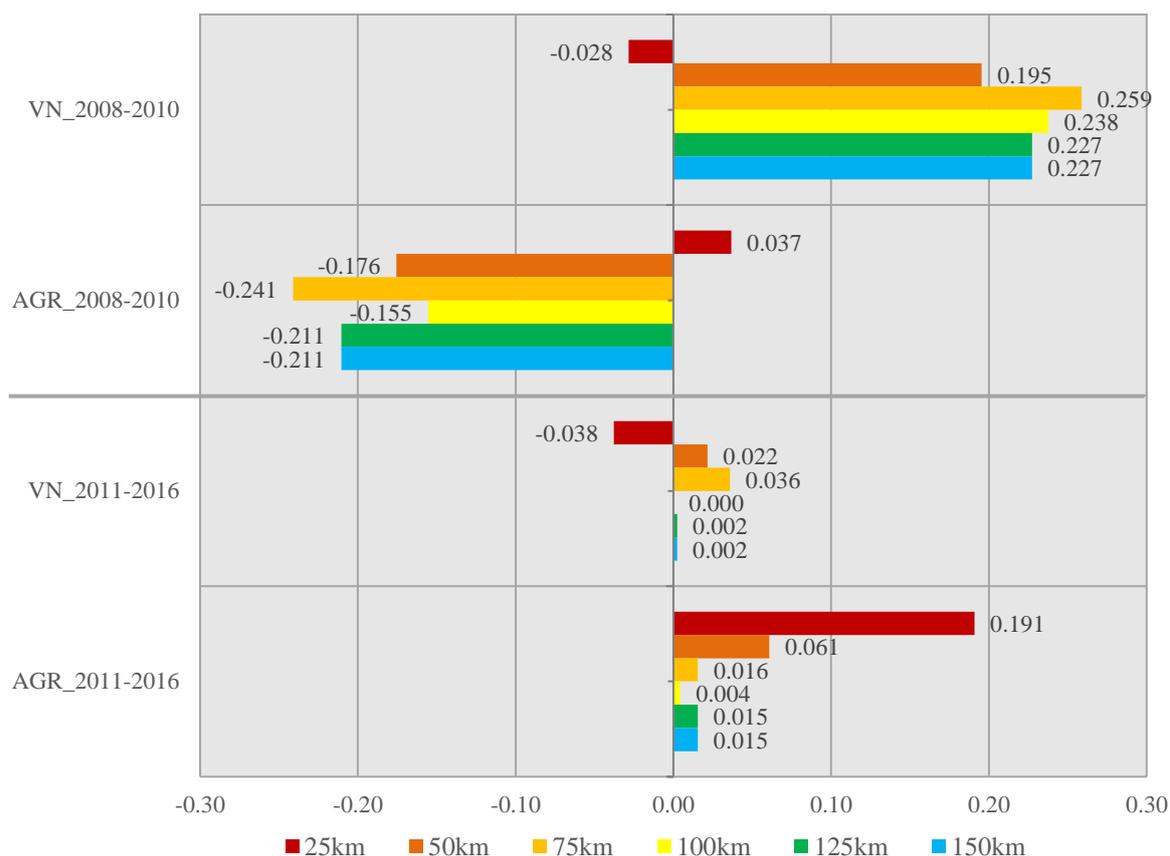


Figura 89 - Correlações entre as distâncias às barragens e a variação nas classes vegetação natural e agropecuária. As duas primeiras linhas verificam as correlações para o período de 2008 a 2010. As duas últimas, para todo o período de instalação - 2011-2016.

Tais achados permitem definir que apenas o caso de Belo Monte oferecerá elementos para a análise da avaliação da contribuição do empreendimento no cumulativo expresso pelo padrão de uso e cobertura, apresentada no tópico seguinte desta tese. Jirau e Santo Antônio não seguirão em razão da ausência de elementos mínimos que permitam inferir algum nexos causal entre os efeitos indiretos e os empreendimentos. Entretanto, antes de avançar ao próximo passo metodológico, é importante refletir sobre questões que decorrem da presente análise, como:

- a) Quais as razões que podem explicar comportamentos tão distintos entre os empreendimentos?
- b) Quais fatores podem estar na origem da dinâmica pré-instalação para o caso de Belo Monte?

Para responder à primeira questão, é importante revisitar o histórico das áreas de interesse apresentados no tópico 3.2 desta tese, reforçado pelos próprios dados da série histórica aqui construída, ou seja, muito embora ambas as regiões estejam entre as mais vulneráveis ao desmatamento na Amazônia – vide a evolução da lista de municípios

prioritários do PPCDAM e os próprios dados do Prodes, a região de Porto Velho possui um histórico de ocupação mais antigo – é considerada uma cidade antiga, na classificação de Silva (2010), com processos de colonização muito diferentes do caso de Altamira (MORAN, 1991) e, conseqüentemente, com padrões espaciais mais bem consolidados.

A Figura 90 apresenta a extensão das classes “vegetação natural” e “agropecuária” para os Estados de Rondônia e Pará, para os anos de 2000 e 2008, de modo a ilustrar estas diferenças. Para as duas classes, Rondônia parte de valores menores de vegetação natural e valores mais expressivos para a classe agropecuária do que o Estado do Pará. Ainda, as dinâmicas (diferenças entre os anos) são mais significativas para o primeiro Estado.

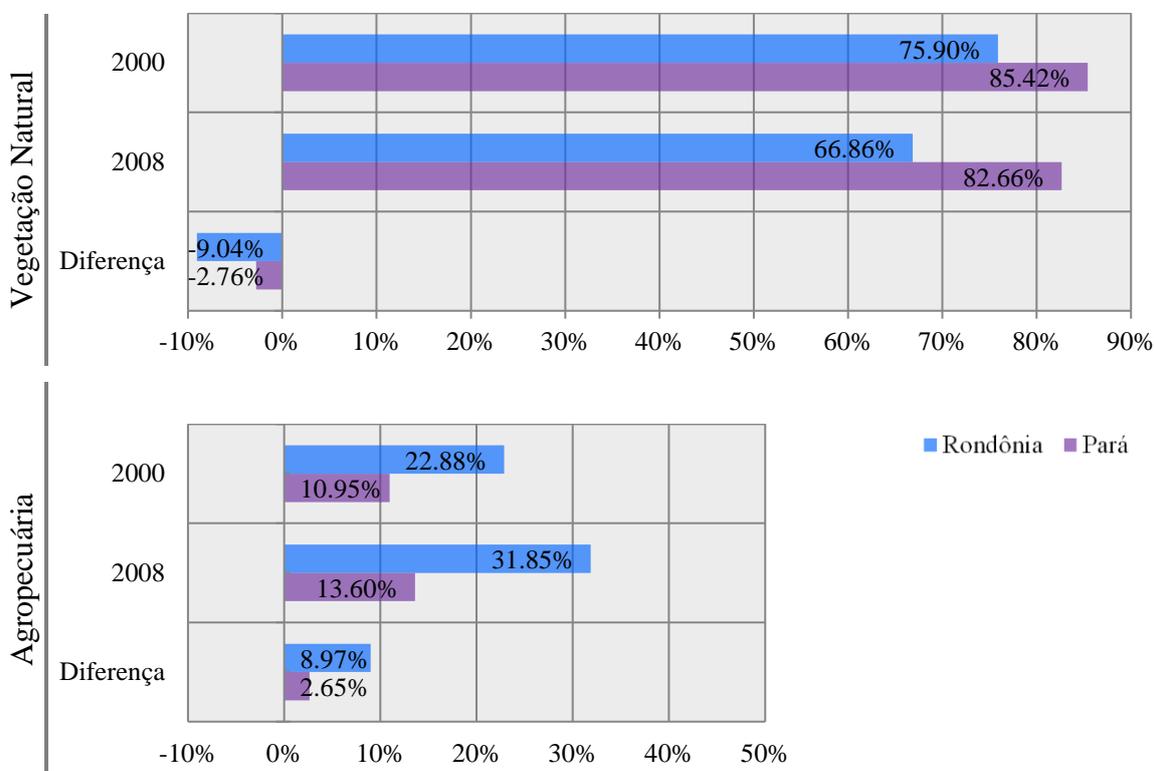


Figura 90 – Percentual de cobertura das classes “vegetação natural” e “agropecuária” para os Estados de Rondônia e Pará, nos anos 2000 e 2008.

Ainda, para o caso de Belo Monte, e realizando um exercício de reflexão a partir da incorporação da segunda questão, há de se considerar um conjunto de aspectos importantes:

- i) Menor cobertura das regiões investigadas por áreas protegidas<sup>143</sup>, como unidades de conservação e terras indígenas. Para o caso de Jirau e Santo Antônio, dentro do *buffer* de 150km, 43,55% do território é protegido de alguma forma. Para o *buffer* de 150km a partir de Belo Monte, apenas 33,88% do território é coberto por algum tipo de área protegida, ou seja, é uma região mais vulnerável.
- ii) A cumulatividade do empreendimento com a BR-230, amplificando e orientando as dinâmicas. Os estudos realizados pelo MMA (2016a) já alertavam para a importância dos dois elementos de infraestrutura na tendência de desmatamento, conforme apresentado na Figura 3. De fato, parece bastante nítido que a presença da BR-230 reforça e orienta as dinâmicas endereçadas a partir da hidrelétrica.
- iii) O suposto controle durante o período de instalação também deve ser avaliado sob o prisma de influência do empreendimento, que pode ser desdobrado em duas dimensões distintas:
  - a. A importância de Belo Monte no debate nacional, materializada pelo longo histórico de tentativas de viabilizar o empreendimento<sup>144</sup>, pelo seu papel dentro das estratégias de desenvolvimento do governo federal e pela sua maciça presença nas mídias, atraindo a atenção para possíveis aspectos negativos mais visíveis do empreendimento;
  - b. O papel do empreendedor – a Norte Energia – para além do empreendimento propriamente dito, nas dinâmicas políticas e esferas de tomada de decisão, bem como no monopólio de informações essenciais a respeito das dinâmicas disparadas pelo empreendimento, em detrimento de “administradores públicos locais e agentes de órgãos federais”, conforme verificado por Monzoni e Pinto (2016, p. 191). Neste sentido, parece importante resgatar os alertas de Vainer e Araújo (1992) sobre a possibilidade de formação de enclaves a partir de Grandes Projetos de Investimento (GPI), vistos como instrumentos ativos do (re)ordenamento territorial, desarticulando e mesmo capturando espaços políticos e de decisão, “conformando, em alguns casos, verdadeiros territórios sob a jurisdição do empreendimento” (Ibid., p. 38).

---

<sup>143</sup> Não estão computadas aqui as áreas de reserva legal ou áreas de preservação permanente.

<sup>144</sup> Rever tópico 3.4

Neste sentido, levanta-se a hipótese do papel do enclave político e econômico<sup>145</sup> no controle de efeitos mais severos sobre o padrão de uso e cobertura da terra durante o período de maior influência do empreendimento/empreendedor. Tal hipótese, entretanto, deverá ser definida como uma recomendação para pesquisas futuras.

Elementos adicionais que podem contribuir para o entendimento do deslocamento temporal do início dos impactos em relação às obras podem ter relação com a linha do tempo do empreendimento, conforme tópico 3.3.2 e, mais especificamente, por alguns momentos importantes como:

- Requerimento da licença prévia pela Eletrobrás em março de 2009;
- Realização de vistoria técnica na área do projeto pelo Ibama em abril de 2009;
- Protocolo do EIA/RIMA em maio de 2009;
- Realização de quatro audiências públicas para debater o empreendimento em setembro de 2009;
- Rumores – amplificados pela mídia – da antecipação tanto do leilão para licitar a concessão de Belo Monte a partir de novembro de 2009 (SILVA, 2012);
- Concessão da licença prévia ‘parcial’ pelo Ibama em fevereiro de 2010;
- Realização do leilão de concessão de Belo Monte em abril de 2010.

Tais elementos, tanto os concretos quanto os abstratos, remetem à emergência e iminência do empreendimento e, neste sentido, criam expectativas cada vez mais fortes sobre as oportunidades que poderão ser geradas pela hidrelétrica. Este momento, entretanto, ainda não indica a presença expressiva de atores do estado ou mesmo do empreendimento, ou seja, mantem-se os mesmos níveis (frágeis) de fiscalização e controle. Embora estas inferências não possam ser efetivamente comprovadas, tais elementos emitem sinais importantes que, considerando o alinhamento temporal, podem estar na base dos processos diagnosticados.

Importante resgatar algumas premissas identificadas durante as reflexões a partir dos campos teóricos considerados. A questão da hidrelétrica como um *driver* subjacente – com efeitos localmente endereçados, para além do *driver* imediato, merece uma

---

<sup>145</sup> O trabalho de Calvi (2019) traz elementos importantes para a compreensão dos processos disparados pela presença de Belo Monte no declínio de lavouras temporárias voltadas a cultivos alimentares e a reorientação das atividades agropecuárias para o gado e o cacau, associadas, entre outros, à escassez na mão de obra no campo, em decorrência da competição promovida pela oferta de vagas nas obras da hidrelétrica.

discussão. Os resultados indicam que, ao contrário do que era esperado, a presença do empreendimento/empreendedor, mesmo frente aos intensos aportes de contingentes humanos e recursos econômicos, agiu no sentido de conter as dinâmicas durante um período muito bem marcado – tipicamente definido por grande parte do período de instalação.

Ou seja, especificamente para o caso de Belo Monte, corrobora-se a premissa da hidrelétrica atuando como um *driver* subjacente, complementando o *framework* de Geist e Lambin (2001). Seu papel, entretanto, foi de operar no sentido contrário à indução de novas mudanças.

Sobre a questão da hidrelétrica enquanto empresa-motriz transitória, os resultados abrem novas hipóteses. Retomando o sintetizado por Tolosa (1972) e apresentado no Quadro 3 (tópico 2.2), e dado o caráter de contenção das dinâmicas, os efeitos relacionados à economias de aglomeração e de localização, bem como os efeitos técnicos para trás e para frente não encontram respaldo ou respostas espaciais a partir de Belo Monte. A hipótese que emerge é que a hidrelétrica poderia atuar a partir dos efeitos sobre a demanda, ou seja, alterando propensões a poupar, a consumir, ao lazer e às inovações, bem como – e principalmente – promovendo alterações institucionais. Tal ponto dialoga com Vainer e Araújo (1992) com o cooptação/captura da região pelo empreendimento, alterando lógicas e estruturas de poder e de decisão. Tais pontos, entretanto, escapam ao escopo da presente pesquisa e indicam futuros caminhos de desenvolvimentos nesta frente de análise.

Por fim, o Quadro 17 apresenta as conclusões finais, retomando as questões que orientaram a proposição deste passo metodológico:

Quadro 17 – Síntese dos resultados para Jirau / Santo Antônio e Belo Monte.

Questões de pesquisa	Jirau / Santo Antônio	Belo Monte	
Há elementos que permitam identificar a influência das hidrelétricas sobre as dinâmicas de uso e a cobertura da terra?	Não - Apenas os diretamente associados às intervenções nos <i>buffers</i> mais próximos	Sim	Trajetórias a partir das séries históricas das classes selecionadas
É possível indicar qual o período mais crítico em relação às mudanças de uso e cobertura da terra nas áreas ao redor as hidrelétricas?	Não Aplicável	Sim	2009 - 2010      Intensificação
			2011-2016      Atenuação
Quais são as classes de uso e cobertura da terra com variações mais significativas?	Não Aplicável	Vegetação Natural	Índices de correlação altos
		Agropecuária	
		Áreas Antropizadas	Baixa relevância espacial
Qual a extensão da abrangência da influência mais adequada para a representação espacial dos impactos?	Não Aplicável	75km a partir das represas	

## 5. CENÁRIOS RETROSPECTIVOS COMO INSTRUMENTO DE REFLEXÃO SOBRE IMPACTOS CUMULATIVOS: EXERCÍCIOS PARA UMA REGIÃO A PARTIR DE BELO MONTE

Partindo dos resultados do tópico metodológico anterior, esta etapa pretende construir elementos para a reflexão da medida da influência da hidrelétrica de Belo Monte sobre os padrões e dinâmicas de uso e cobertura da terra, em áreas próximas, tomando por premissa os marcos temporais e espaciais definidos anteriormente. Para tal, a pesquisa faz a opção pelo uso da ferramenta de cenários retrospectivos, ou avaliação *ex-post* - como estratégia metodológica. Neste sentido, pretende-se simular cenários hipotéticos da não ocorrência<sup>146</sup> da hidrelétrica e confrontar os resultados com os dados observados para, desta forma, oferecer subsídios à reflexão acerca da contribuição do empreendimento no resultado final impresso sobre o território, como uma dimensão da cumulatividade dos impactos na dinâmica do uso e cobertura da terra.

### 5.1. Métodos

Esta etapa metodológica foi realizada a partir de fases subsequentes, conforme a Figura 91.

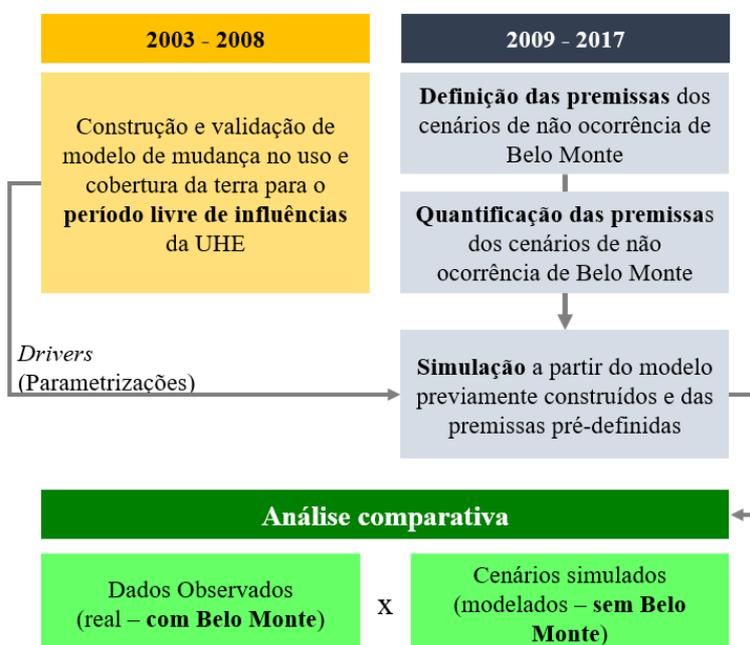


Figura 91 - Etapas metodológicas para a análise a partir de cenários retrospectivos (etapas identificadas pelas cores)

<sup>146</sup> O termo ‘ocorrência’ e não ‘instalação’ é utilizado em razão do deslocamento do marco temporal do início da influência de Belo Monte para dois anos antes do efetivo início de suas obras.

Os tópicos que seguem detalham os desenvolvimentos metodológicos das fases de modelagem e de cenários.

#### 5.1.1. Construção do modelo de mudança do uso e cobertura da terra

A primeira etapa consiste na construção de um modelo de mudança no uso e cobertura da terra que simule o comportamento observado para o período de 2003 a 2008, ou seja, o período considerado sem sinais da influência do empreendimento. O modelo aqui proposto é utilizado para representar processos passados, com o objetivo de simular e reproduzir com algum nível de similaridade o padrão observado, de modo a criar condições e definir os parâmetros para os processos de modelagem dos cenários.

Parte-se neste sentido, da afirmação de Trivelato (2016), que diz que quando um modelo é considerado como uma representação válida de um sistema, informações significativas sobre sua dinâmica e desempenho podem ser identificadas.

O modelo foi construído a partir do arcabouço de modelagem LUCC-ME<sup>147</sup> (AGUIAR et al., 2012), que é uma extensão do ambiente de modelagem TerraME<sup>148</sup>, e permite a construção de modelos multiescalares de uso e cobertura da terra, especialmente explícitos, baseado na combinação três componentes: demanda, potencial de transição e alocação.

A primeira componente está relacionada aos fatores que orientam a magnitude ou quantidade de mudança. A segunda está associada à localização das mudanças, ou à propensão de uma determinada locação a mudanças, materializada por meio de mapas de probabilidade de transição, orientada pela relação com fatores determinantes ou *drivers*. A terceira é baseada em algoritmos para a determinação da distribuição espacial das mudanças (DALLA-NORA, 2014).

---

<sup>147</sup> *Land Use and Cover Change Modelling Environment* - desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST/INPE) e colaboradores. Disponível em [lucme.ccst.inpe.br](http://lucme.ccst.inpe.br)

<sup>148</sup> Ambiente de programação para modelagem dinâmica espacialmente explícita, desenvolvido pelo INPE e parceiros.

A quantidade das mudanças, para o caso em específico ora tratado, é inserida na componente de demanda de maneira pré-computada<sup>149</sup>, considerando os dados quantificados, para cada classe e para cada ano do intervalo 2003 a 2008.

Um ponto importante e que merece destaque foi a decisão de desconsiderar a classe “Áreas Antropizadas” e trabalhar apenas com as classes “Vegetação Natural” e “Agropecuária”. As justificativas de tal medida estão ancoradas na razão da baixa relevância espacial da classe, bem como a possibilidade de ruídos na classificação<sup>150</sup>. Tal configuração indicou a necessidade de bloquear a classe “Áreas Antropizadas”, juntamente com outras classes que não eram de interesse, como “Corpos d’água” e “Áreas Não observadas”.

Neste sentido, foi criada uma máscara que agregou a soma das classes “Áreas Antropizadas”<sup>151</sup>, “Corpos D’água” e “Áreas não observadas”, para todos os anos do intervalo 2003 a 2008. Os processamentos foram realizados a partir dos dados em formato raster do projeto Mapbiomas, utilizando-se o algoritmo de reclassificação<sup>152</sup> e a calculadora de raster do software QGIS 3.4.13. A máscara criada foi utilizada para sobrepor os mapas de uso e cobertura da terra do Mapbiomas e definir a classe “Outros”, também a partir das ferramentas do QGIS. Este processamento contribuiu com a otimização dos processos realizados para a componente potencial, tornando os modelos de regressão mais ajustados ao comportamento das classes.

Considerando os novos mapas gerados pela sobreposição da máscara “Outros”, houve uma redução do ruído, mas também a redução da área disponível para o processo de modelagem. A Figura 92 apresenta as trajetórias a partir dos dados totais e dos dados resultados do uso da máscara. Embora haja mudança na quantidade, os padrões da trajetória são preservados.

Isto posto, os mapas foram novamente utilizados como entrada para o procedimento de preenchimento de células, mantendo as definições apresentadas na Tabela 8 (tópico 4.1). Os valores referentes à quantidade de mudança foram calculados e incorporados ao modelo a partir da componente “demanda”. Os dados estão dispostos na Tabela 15.

---

<sup>149</sup> Componente “*Pre Computed Values*” do LUC-C-ME.

<sup>150</sup> Mistura da classe com áreas de bancos de areia, por exemplo, conforme apontado no tópico metodológico anterior.

<sup>151</sup> Ou “Áreas não vegetadas”, conforme Quadro 7 desta tese e a nomenclatura oficial utilizada pelo projeto mapbiomas.

<sup>152</sup> Algoritmo *r.class*, do GRASS/QGIS.

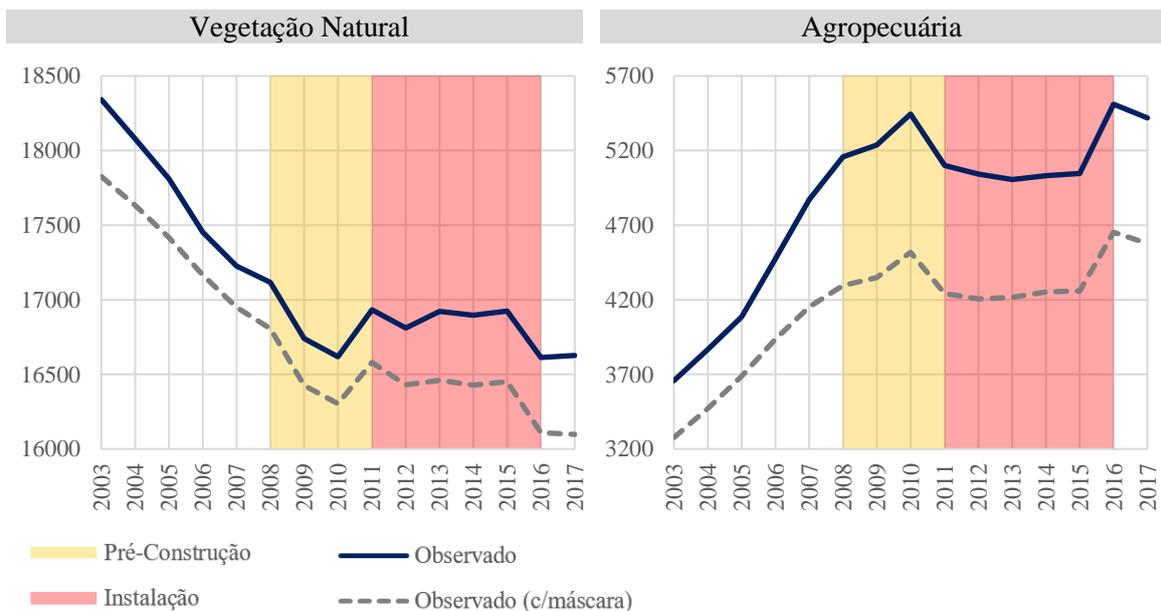


Figura 92 - Trajetórias observadas - original e com máscara para as classes "vegetação natural" e "agropecuária".

Tabela 15 - Quantificação de áreas para a componente "demanda" do modelo de uso e cobertura da terra. Valores expressos em km<sup>2</sup>. VN – Vegetação Natural; AGR – Agropecuária; OUT – Outros.

Ano	VN	AGR	OUT
2003	17825.779	3277.519	2523.264
2004	17631.826	3471.473	2523.264
2005	17416.029	3687.269	2523.264
2006	17166.165	3937.133	2523.264
2007	16950.115	4153.183	2523.264
2008	16806.788	4296.511	2523.264

A componente “potencial” é materializada com a definição dos valores dos *betas* das variáveis explicativas dentro dos modelos de regressão multivariada com melhor ajuste à variável dependente (classes de uso e cobertura da terra), considerando os valores de R<sup>2</sup> e significância. Entretanto, tal processo é construído em passos sequenciais, conforme segue:

- i) Preparação do banco de dados espaciais:
  - a. Aquisição de dados espaciais referente aos diversos fatores explicativos em potencial, para cada uso considerado;
  - b. Padronização de projeção e *datum* (reprojeções) e recortes para o perímetro de estudo;
  - c. Preenchimento de plano celular (previamente construído com as variáveis dependentes – de uso e cobertura da terra), para cada variável explicativa em

potencial, materializando o banco de dados espacial, utilizando o gerenciador de scripts FillCell;

ii) Realização de análises estatísticas exploratórias:

- a. Análise da matriz de correlações entre as variáveis dependentes e independentes inseridas no banco de dados espacial<sup>153</sup>;
- b. Seleção do conjunto de variáveis com maiores valores de correlação em relação às classes de uso e cobertura da terra, e exclusão de variáveis independentes (*drivers* em potencial) com maiores valores de autocorrelação (tipicamente valores maiores que 0.6);

iii) Construção de modelos de regressão multivariada:

- a. Testes com regressões múltiplas lineares e espaciais (*spatial lag*) por meio dos softwares R e GeoDa;
- b. Definição do modelo mais ajustado e coerente a partir da análise de resíduos, dos valores de AIC, R<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> ajustado e significância.

Optou-se por rodar regressões lineares utilizando-se o método *stepwise* (JOHNSSON, 1992) e, a partir da definição do conjunto de variáveis com maiores valores de significância e R<sup>2</sup>, adotá-las para os testes no modelo *spatial lag*.

A componente de alocação que atua na interface das componentes de demanda e potencial, distribui espacialmente as mudanças baseada na competição entre as classes de uso para cada célula, em cada passo de tempo, dentro de um erro máximo admitido previamente (BEZERRA, 2016), foi parametrizada e ajustada de maneira iterativa, de modo a encontrar o arranjo que melhor se ajuste aos dados reais. De acordo com Bezerra (2016), o processo de alocação pode ser descrito como:

$$\text{Uso alocado}_{x,y,t,u} = \% \text{ uso}_{x,y,t-1} + \text{Potencial}_{x,y,t,u} * \text{ITF}_u$$

Sendo:

- u: classe de uso ou cobertura da terra;
- x e y: localização da célula no plano celular;
- t: passo de tempo;
- ITF<sub>u</sub>: fator de ajuste proporcional à diferença entre a área alocada, a demanda informada e a direção da mudança.

---

<sup>153</sup> O anexo 4 apresenta a planilha com as todas as variáveis consideradas e seus valores de correlação.

Por fim, foram avaliados os resultados das diferentes parametrizações testadas (considerando os diferentes modelos de regressão aceitos) a partir das métricas de validação adaptadas de Costanza (2017), já incorporadas ao arcabouço Lucc-ME. Tal métrica verifica o nível de similaridade entre os mapas real e simulado, em diferentes resoluções, utilizando janelas de amostragem que aumentam a cada passo de tempo (BEZERRA, 2016), tanto em relação ao aspecto da extensão, que considera todo o espaço celular e avalia todo o padrão histórico acumulado, quanto às diferenças, que avalia apenas as áreas efetivamente modificadas (AGUIAR et al., 2017). A Figura 93 ilustra a métrica de validação por meio da comparação por janelas de amostragem.

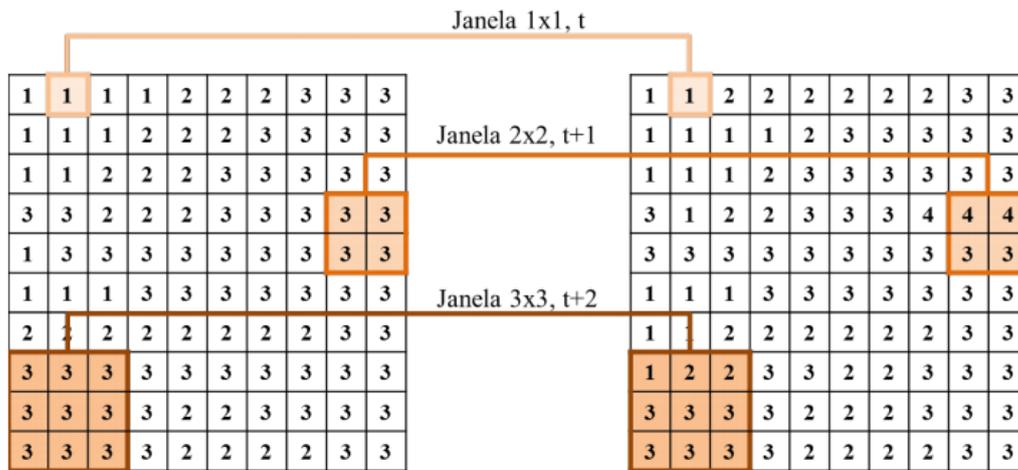


Figura 93 – Representação do esquema de validação por múltiplas resoluções (janelas de amostragem). Fonte: Aguiar et. al. (2017).

A Figura 94 indica a relação entre as componentes.

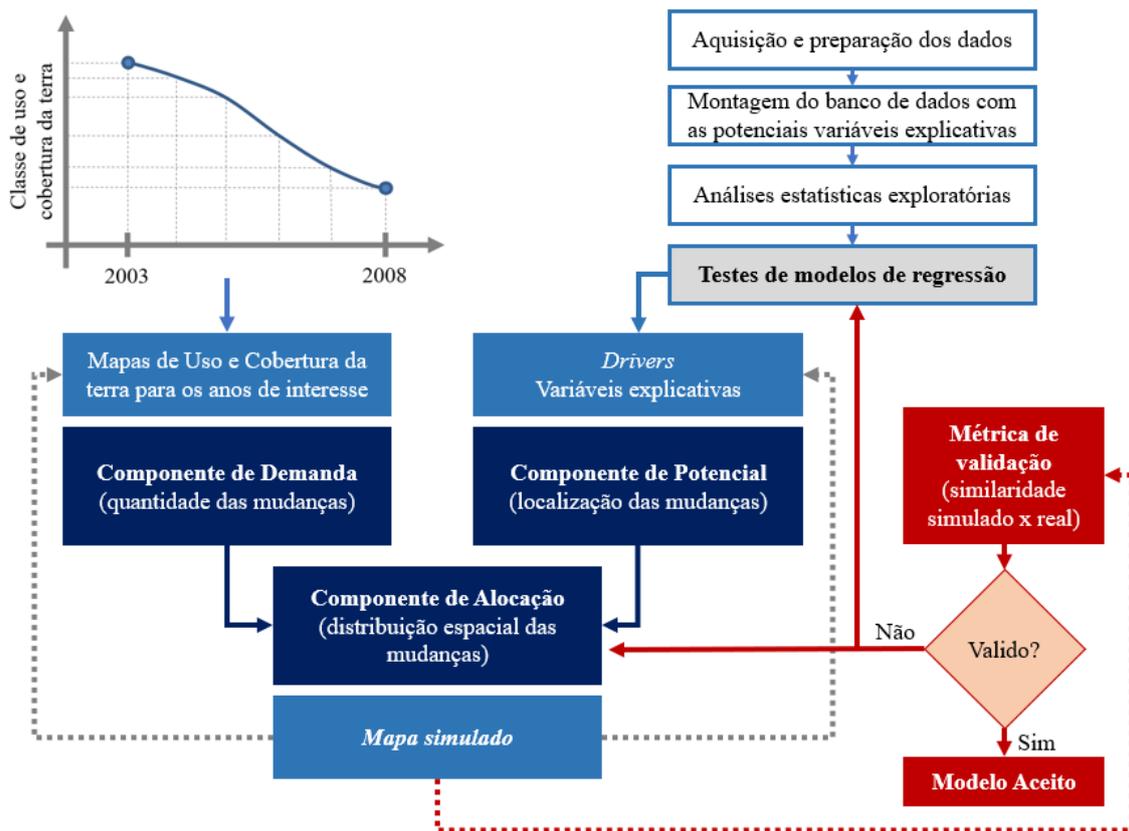


Figura 94 - Relação entre os componentes no arcabouço de modelagem LUCC-ME. Adaptado de Aguiar *et al.* (2012). Elaboração do autor.

### 5.1.2. Cenários retrospectivos: premissas e quantificação

Visando avaliar os possíveis caminhos que as classes de uso e cobertura da terra consideradas no modelo poderiam seguir na hipótese de não ocorrência de Belo Monte, tomando como marco temporal o ano de 2008, adotou-se a construção de cenários como estratégia metodológica.

Embora haja uma ampla gama de definições na literatura para o termo “cenários”, a presente pesquisa adota o conceito de Raskin (2005), que o conceitua como estórias plausíveis de como o futuro pode se desenvolver a partir de padrões existentes, novos fatores e decisões humanas, e pode ser contadas em palavras ou números. Cenários, desta forma, não são ferramentas de previsão ou projeção. Pelo contrário, cenários são utilizados para refletir sobre como o futuro pode se desenvolver, considerando caminhos alternativos, porém consistentes e coerentes (ibid), e principalmente, incorporando as incertezas e complexidades inerentes aos fatores que podem influenciá-los.

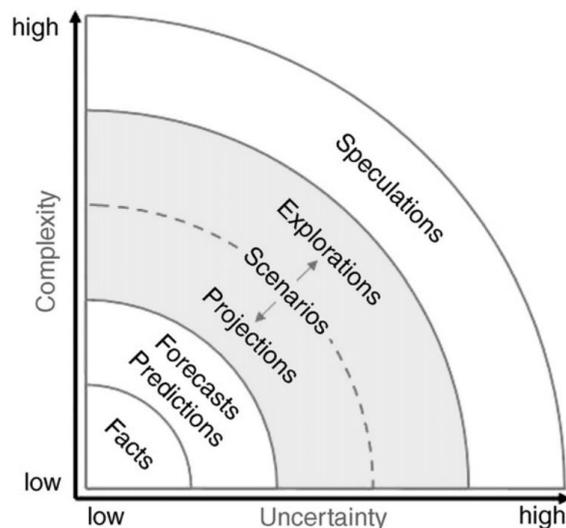


Figura 95 - Cenários em relação aos níveis de complexidade e incerteza.  
 Fonte: Zurek and Henrichs (2007)

Na mesma linha, o IPBES (2016) conceitua cenários como representações de futuros possíveis para um ou mais componentes de um sistema. Neste sentido, os autores afirmam que:

Scenarios and models play complementary roles, with scenarios describing possible futures for drivers of change or policy interventions and models translating those scenarios into projected consequences for nature and nature's benefits to people. The contributions of scenarios and models to policymaking and decision making are usually mediated by some form of assessment or decision- support process and are typically used in conjunction with knowledge from a broader, and often highly complex, social, economic and institutional context (IPBES, 2016, p. 12).

Assim, a relação entre cenários e modelos pode ser útil para a exploração do comportamento do sistema terrestre, impactos de mudanças ambientais ou de decisões político-institucionais (AGUIAR et al., 2014).

Aguiar *et al.* (2014), em um esforço de síntese, categorizaram as classes de cenários a partir de quatro eixos: i) qualitativos ou quantitativos; ii) normativos ou exploratórios; iii) escala única ou multiescalares; iv) participativos ou elaborados por especialistas. Relevante para o presente estudo, o eixo (ii) trata da perspectiva de construção dos cenários – partindo do presente em direção ao futuro (*forward looking* ou exploratórios) ou partindo do futuro em direção ao presente (*backward looking* ou normativos).

É possível também relacionar as tipologias de cenários às diversas etapas do ciclo de políticas públicas. O IPBES (2016) considera quatro fases principais do ciclo – definição de agendas, formulação, implementação e revisão.

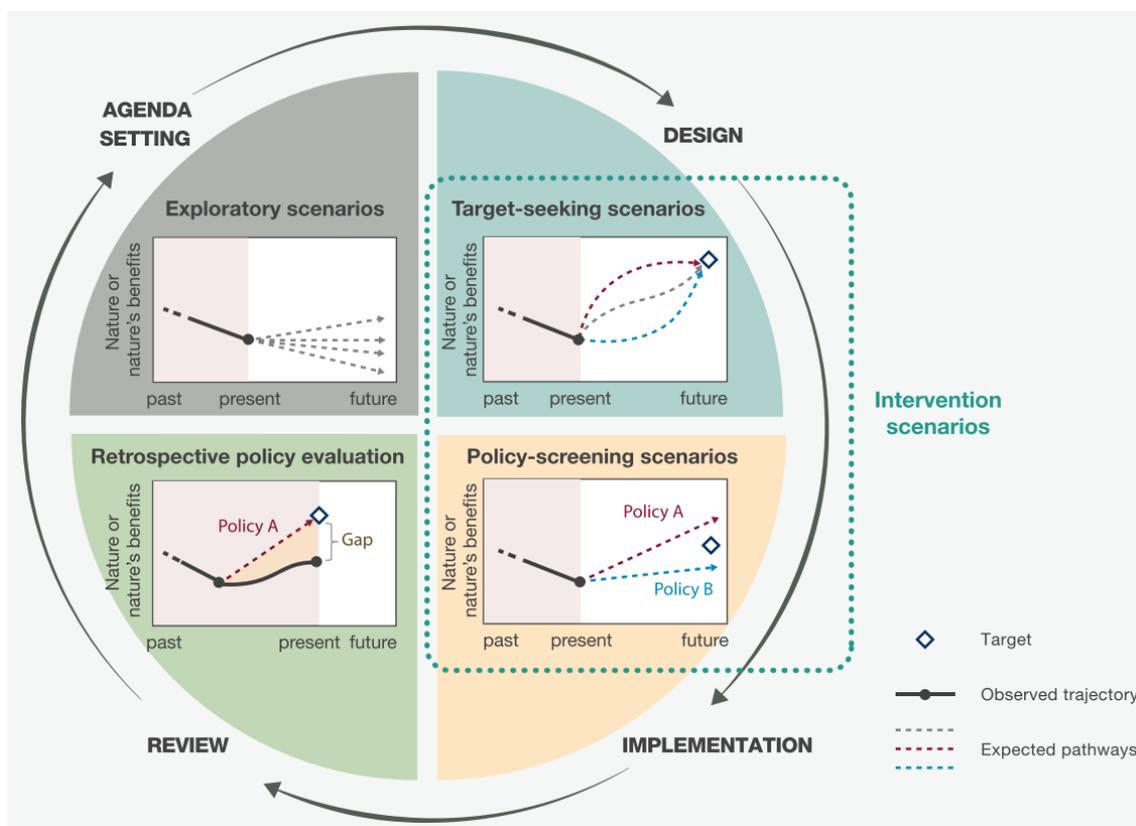


Figura 96 – Relação entre as tipologias de cenários e as etapas do ciclo de políticas públicas.  
Fonte: IPBES (2016)

Considerando o problema científico estabelecido pela presente pesquisa, especial atenção é dada à etapa de revisão e, conseqüentemente, ao cenário do tipo *Retrospective policy evaluation* ou *ex-post evaluation*. Neste tipo de cenário, a trajetória observada a partir da implementação de uma política no passado (linha preta sólida) é comparada com cenários sobre desenvolvimentos a partir de políticas alternativas ou caminhos que poderiam ter sido percorridos para a atingimento de metas (linhas pontilhadas) (IPBES, 2016).

Neste sentido, os cenários propostos como subsídio à reflexão sobre o papel e a contribuição do empreendimento nos processos de mudança de uso e cobertura da terra na região de análise são: i) quantitativos; ii) exploratórios (*forward looking*); iii) em escala única; iv) elaborados por especialista. Complementarmente, segue o modelo de avaliação *ex-post*, visando compreender o passado a partir da hipótese de não ocorrência

da hidrelétrica de Belo Monte. A Figura 97 apresenta o modelo conceitual para a avaliação dos cenários e análises comparativas.

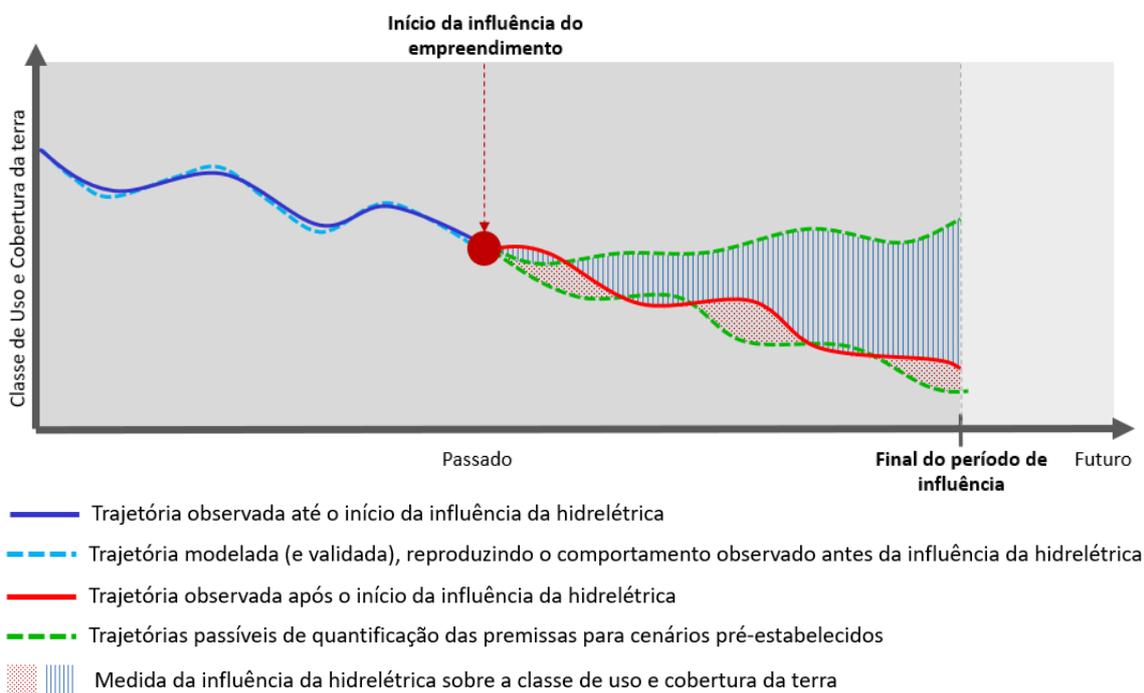


Figura 97 – Esquema de comparação entre as trajetórias observada e cenários.

Desta forma, foram propostas premissas para embasar o processo de quantificação, que subsidiará o modelo de uso e cobertura da terra para o período pós-2008, todas partindo o cenário de não ocorrência da hidrelétrica de Belo Monte<sup>154</sup>, conforme Quadro 18.

Quadro 18 - Premissas para os cenários propostos

Componente	Classe	Cenário A	Cenário B
Demanda	Agropecuária	Segue a taxa de variação anual encontrada no <b>conjunto de municípios do entorno (contrafactual)</b> a partir das barragens	Segue a taxa de variação anual encontrada no <b>Estado do Pará (contrafactual)</b> a partir das barragens
	Vegetação natural	Quantificada como complemento da classe agropecuária	Quantificada como complemento da classe agropecuária
	Outros	Estática	Estática
Potencial	Todas as classes	Mantem o mesmo modelo de regressão utilizado para o período de 2003 a 2008	Mantem o mesmo modelo de regressão utilizado para o período de 2003 a 2008

<sup>154</sup> Parte-se, desta forma, dos contrafactuais espaciais definidos pela Figura 30. Mesmo que ambos os contrafactuais abarquem os *buffers* mais próximos e, desta forma, abriguem as áreas sob influência do empreendimento, tais efeitos são significativamente atenuados, dado o fator escala. Tal opção considera também o fato de que o contexto territorial é um fator essencial para subsidiar comparações.

Desta forma, para rodar o modelo para os anos de 2008 a 2017, foram utilizados os valores para a demanda indicados na Tabela 16.

Tabela 16 – Quantificação das premissas para a classe “Agropecuária”. Abs – Variação Absoluta; Rel – Variação

Classe	2003 a 2008			2009 a 2017					
	Observado (c/máscara)			Cenário A			Cenário B		
	Área	Taxa		Taxa		Área resultante	Taxa		Área resultante
Abs		Rel	Abs	Rel	Abs		Rel		
2003	3277.519	---	---						
2004	3471.473	105.92%	5.92%						
2005	3687.269	106.22%	6.22%						
2006	3937.133	106.78%	6.78%						
2007	4153.183	105.49%	5.49%						
2008	4296.511	103.45%	3.45%						
2009				106.46%	6.46%	4573.99	102.09%	2.09%	4386.13
2010				102.61%	2.61%	4693.21	101.90%	1.90%	4469.57
2011				98.35%	-1.65%	4615.89	100.13%	0.13%	4475.55
2012				101.84%	1.84%	4700.81	100.05%	0.05%	4477.85
2013				99.27%	-0.73%	4666.48	97.26%	-2.74%	4355.05
2014				102.82%	2.82%	4798.08	100.97%	0.97%	4397.35
2015				102.21%	2.21%	4904.06	101.00%	1.00%	4441.22
2016				105.64%	5.64%	5180.75	101.51%	1.51%	4508.45
2017				100.42%	0.42%	5202.44	100.51%	0.51%	4531.42

A figura 98 apresenta as trajetórias que serão utilizadas para quantificar os cenários.

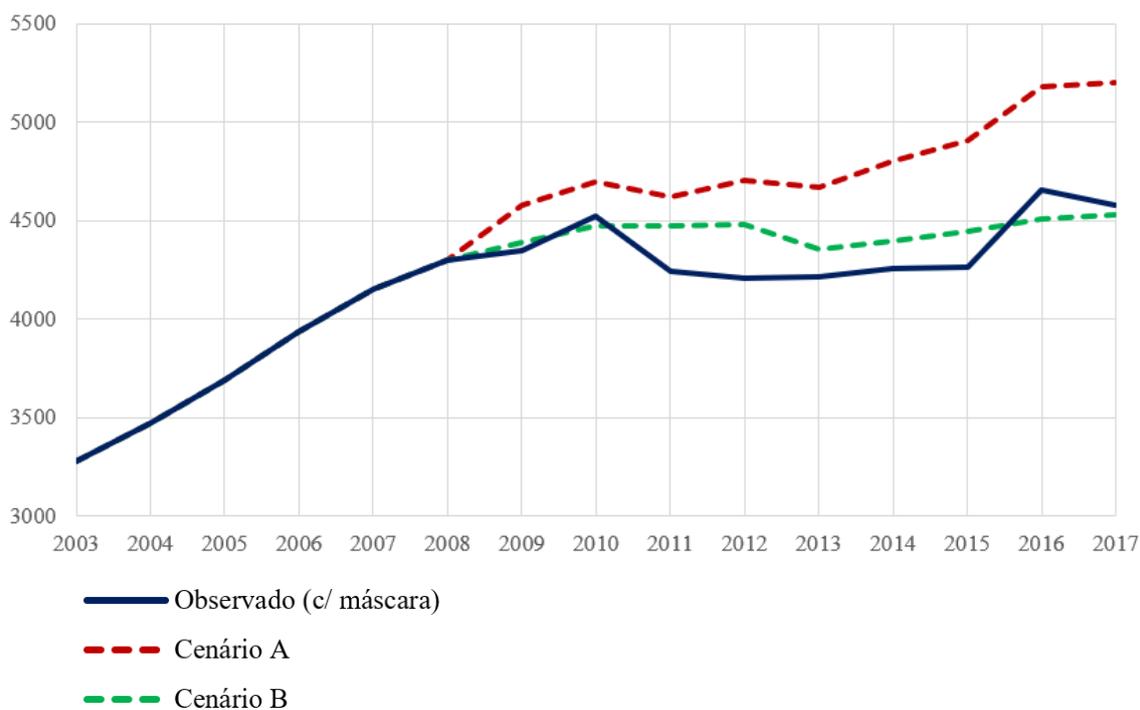


Figura 98 - Trajetórias para a classe ‘agropecuária’. Eixo vertical – área coberta pela classe, expressa em km². Eixo horizontal com os anos da série considerada.

## 5.2. Resultados e discussões

Após as etapas exploratórias e analíticas para a definição dos parâmetros do modelo, foi verificado que o modelo que melhor representou as classes “vegetação natural” e “agropecuária” para o intervalo 2003 – 2008 considerou os seguintes parâmetros:

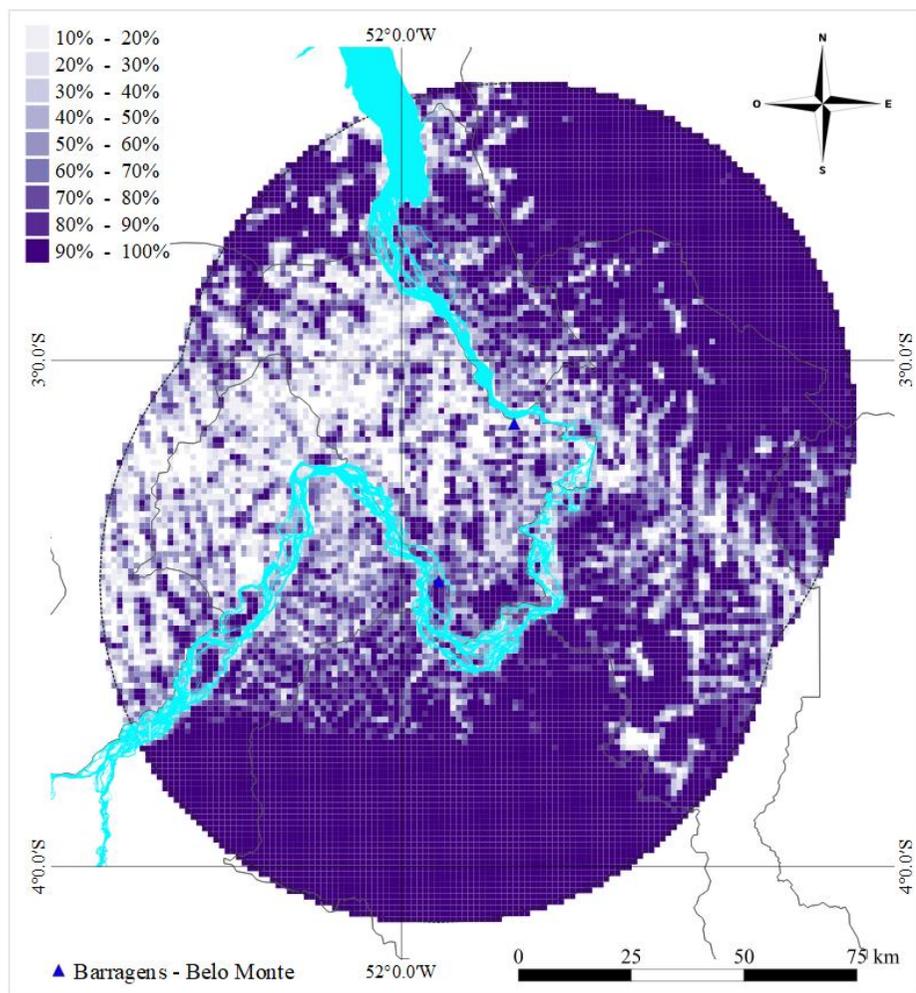
Quadro 19 - Parâmetros do modelo.

Parâmetros gerais				
Escala espacial	<i>Buffer</i> de 75km a partir das barragens que compõe o empreendimento hidrelétrico de Belo Monte / PA			
Resolução espacial (plano celular)	Células de 1,25km x 1,25km			
Escala temporal	2003 a 2008 (resolução temporal anual)			
Parâmetros para a componente Demanda				
Classes	Vegetação Natural			
	Agropecuária			
	Outros			
Fonte dos dados	Projeto Mapbiomas – coleção 3.1			
Tipo de preenchimento no plano celular	Contínuo			
Operador de preenchimento no plano celular	<i>Coverage</i> , a partir de dados raster reclassificados			
Data para balizar as análises estatísticas (modelo de regressão)	2003			
Data para a validação	2008			
Parâmetros para a componente Potencial <sup>155</sup>				
Modelo de regressão: Linear		Vegetação Natural	Agropecuária	Outros
Valores da regressão	R <sup>2</sup>	0.613282	0.438329	0.641981
	R <sup>2</sup> ajustado	0.613000	0.438069	0.641815
	Akaike	-5872.07	-10939.1	-21023.4
Parâmetros para a componente Alocação				
Max Difference	1	Vegetação Natural	Agropecuária	Outros
Classe complementar	Vegetação Natural	Unidirecional	Unidirecional	Estático

O modelo, desta forma, parte do mapa de 2003 e, a partir da quantidade de mudança estipulada pela componente ‘demanda’ (Tabela 15) e dos modelos de regressão para cada classe, iterativamente, aloca determinada quantidade de mudança, de cada classe, em cada ano da série. Ou seja, a partir de 2004, os mapas simulados alocam a quantidade de mudança pré-definida nas células seguindo o potencial definido nos modelos de regressão. O mapa de 2008, desta forma, é utilizado para a validação do modelo (figuras 99 e 100).

<sup>155</sup> Os valores das constantes, coeficientes e significância de cada variável que compõe cada modelo de regressão são apresentados no Anexo 5.

Dado Observado (c/ máscara) em 2008



Dado Simulado em 2008

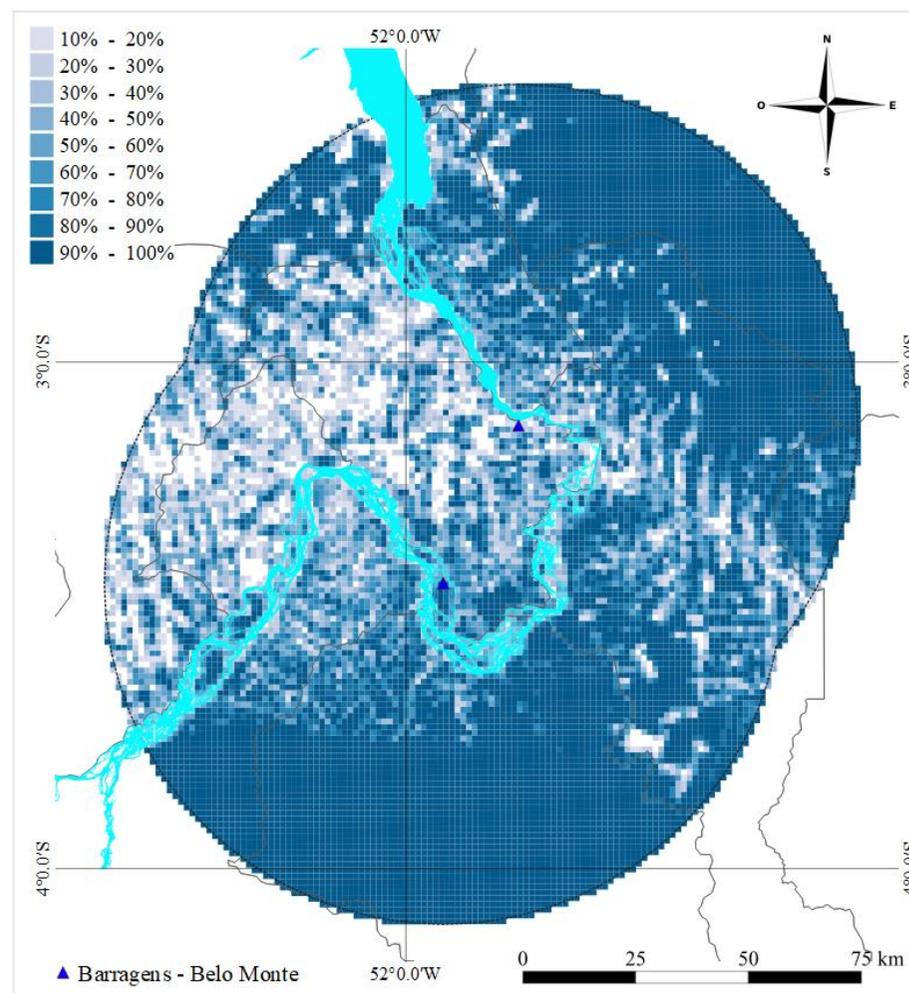
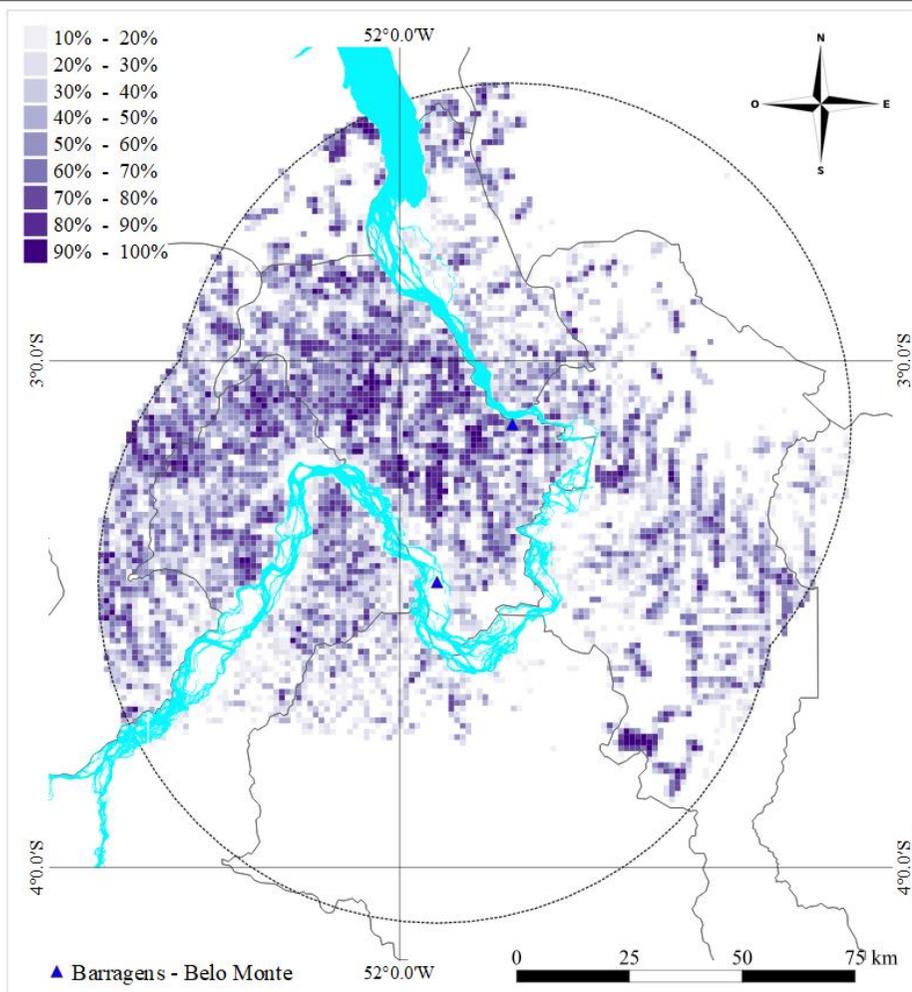


Figura 99 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado, ambos para o ano de 2008.

Dado Observador (c/ máscara) em 2008



Dado Simulado em 2008

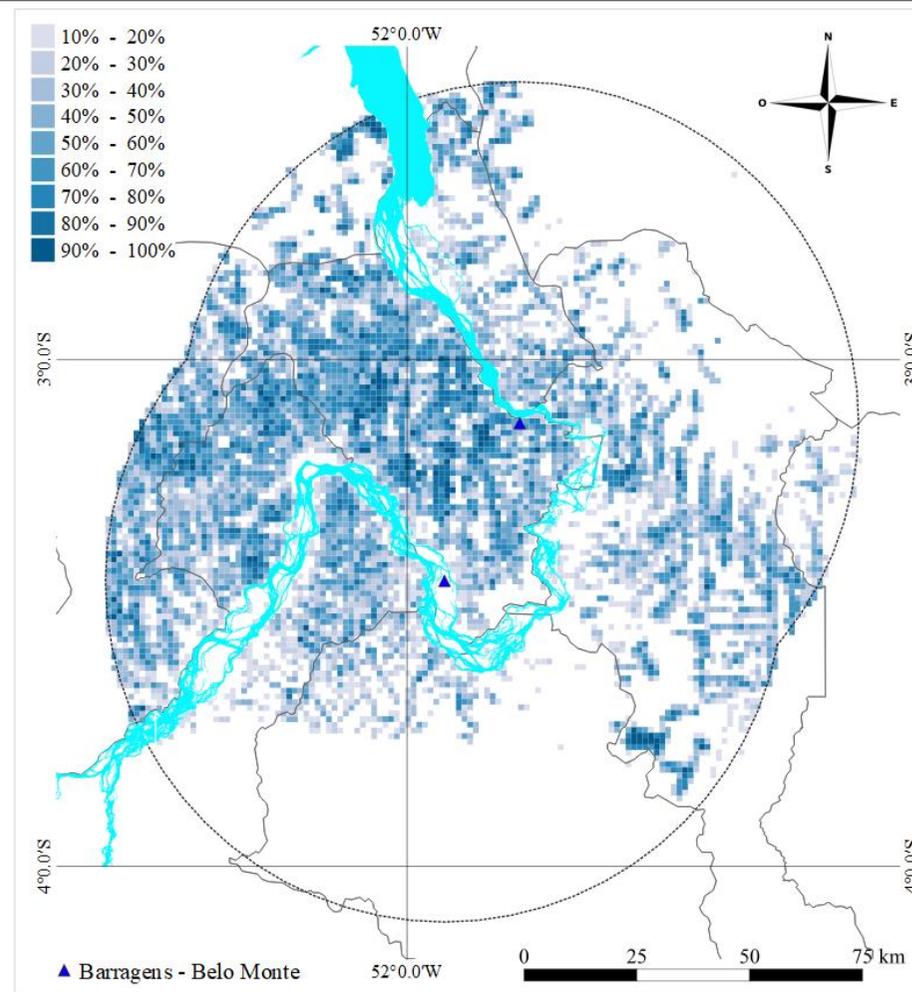


Figura 100 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado, ambos para o ano de 2008. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

A simulação foi considerada validada em múltiplas resoluções a partir dos seguintes resultados:

Tabela 17 - Valores de validação, por janela de amostragem.  
VN – Vegetação Natural; AGR - Agropecuária

Número de Janelas	Multiresolução para toda a área (extensão)		Multiresolução para as áreas onde houve mudança (diferença)	
	VN	AGR	VN	AGR
1	95.96%	84.18%	44.41 %	44.41 %
2	96.84%	87.65%	53.50 %	53.50 %
3	97.22%	89.14%	57.75 %	57.75 %
4	97.46%	90.06%	60.68 %	60.68 %
5	97.60%	90.63%	62.54 %	62.54 %
6	97.71%	91.03%	63.73 %	63.73 %
7	97.80%	91.39%	64.99 %	64.99 %
8	97.85%	91.59%	65.68 %	65.68 %
9	97.89%	91.76%	65.82 %	65.82 %
10	97.93%	91.92%	66.59 %	66.59 %
11	97.96%	92.05%	67.08 %	67.08 %
12	98.00%	92.19%	67.60 %	67.60 %
13	98.04%	92.36%	68.18 %	68.18 %
14	98.04%	92.33%	67.91 %	67.91 %
15	98.07%	92.46%	68.36 %	68.36 %

Partindo do pressuposto de que os resultados do modelo representam e reproduzem com um grau aceitável de similaridade o comportamento observado, foram realizadas as simulações para os cenários A e B, conforme descrito no tópico 5.1.2. O plano celular de base foi alterado para que os dados de uso e cobertura da terra considerassem o ano de 2008 como o início da série. Desta forma, as simulações para os cenários A e B foram realizadas para o período de 2008 a 2017.

A referência de base para o comportamento dos cenários foi o comportamento da classe agropecuária. Como o modelo considera apenas 2 classes dinâmicas e uma estática, as mudanças na classe agropecuária são diretamente correlacionadas e orientam as mudanças na classe “vegetação natural”. Ou seja, é a classe “agropecuária”<sup>156</sup> a que rege e orienta as dinâmicas.

<sup>156</sup> Tal definição é importante, pois, se aplicadas as taxas de variação definidas para os cenários para ambas as classes, a somatória final (que considera também a classe estática “outros”) seria diferente de 100%, inviabilizando a alocação nas rodadas de simulação.

O Quadro 20 lista e identifica os conteúdos dos mapas apresentados a seguir, de forma a orientar a leitura e interpretação. Para cada mapa, os valores apresentados consideram a cobertura da classe ‘agropecuária’, variando em valores de 0% a 100% para cada célula do plano celular. Os mapas referentes ao comportamento da classe “vegetação natural” são apresentados no anexo 6 desta tese.

Quadro 20 – Figuras e conteúdos dos mapas, para análises comparativas.

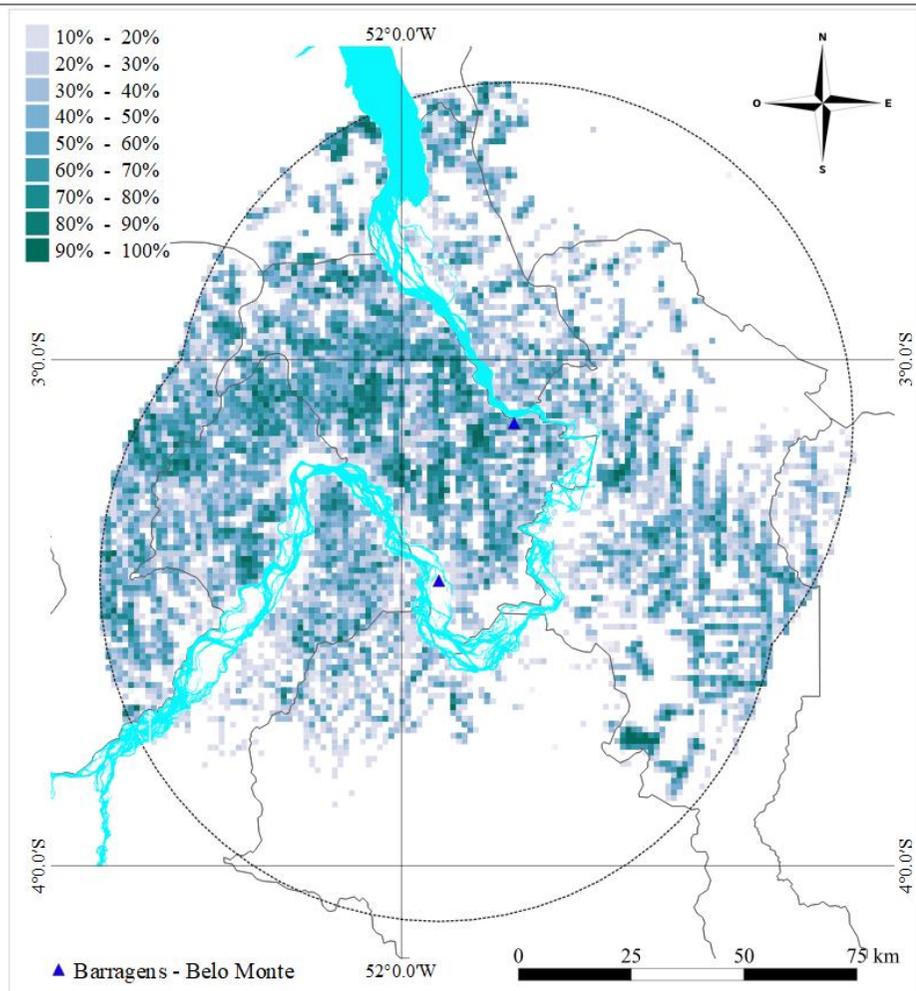
Classe	Ano	Figura	Mapas	
Agropecuária	2011 (início da instalação)	101	Observado	Simulado (Cenário A)
		102	Observado	Simulado (Cenário B)
		103	Diferença entre o Simulado (Cenário A) e o Observado	Diferença entre o Simulado (Cenário B) e o Observado
	2016 (início da operação)	104	Observado	Simulado (Cenário A)
		105	Observado	Simulado (Cenário B)
		106	Diferença entre o Simulado (Cenário A) e o Observado	Diferença entre o Simulado (Cenário B) e o Observado

Quadro 21 - Chaves de interpretação para os mapas de diferença (figuras 103 e 106 entre o mapa simulado e o mapa observado.

Cores	Valores	Interpretação <sup>157</sup>		
		Cenário sem ocorrência de Belo Monte	Influência da ocorrência de Belo Monte	
Cores quentes (gradação em vermelho)	Valores positivos	Valor para o mapa de cenários MAIOR do que o valor no mapa observado (para cada célula)	Na hipótese de não ocorrência da hidrelétrica, haveria AMPLIAÇÃO da classe agropecuária.	A hidrelétrica atuaria no sentido de restringir o avanço da classe
Cores frias (gradação em azul)	Valores negativos	Valor para o mapa de cenários MENOR do que o valor no mapa observado (para cada célula)	Na hipótese de não ocorrência da hidrelétrica, haveria RETRAÇÃO da classe agropecuária.	A hidrelétrica atuaria no sentido de induzir o avanço da classe

<sup>157</sup> Todos os verbos utilizados nas chaves de interpretação são conjugados intencionalmente no tempo verbal futuro do pretérito, ou seja, coerente com a própria natureza do exercício proposto, que trata de alternativas desdobradas hipoteticamente a partir de uma situação passada.

Dado Observador (c/ máscara) em 2011



Dado Simulado em 2011 – Cenário A

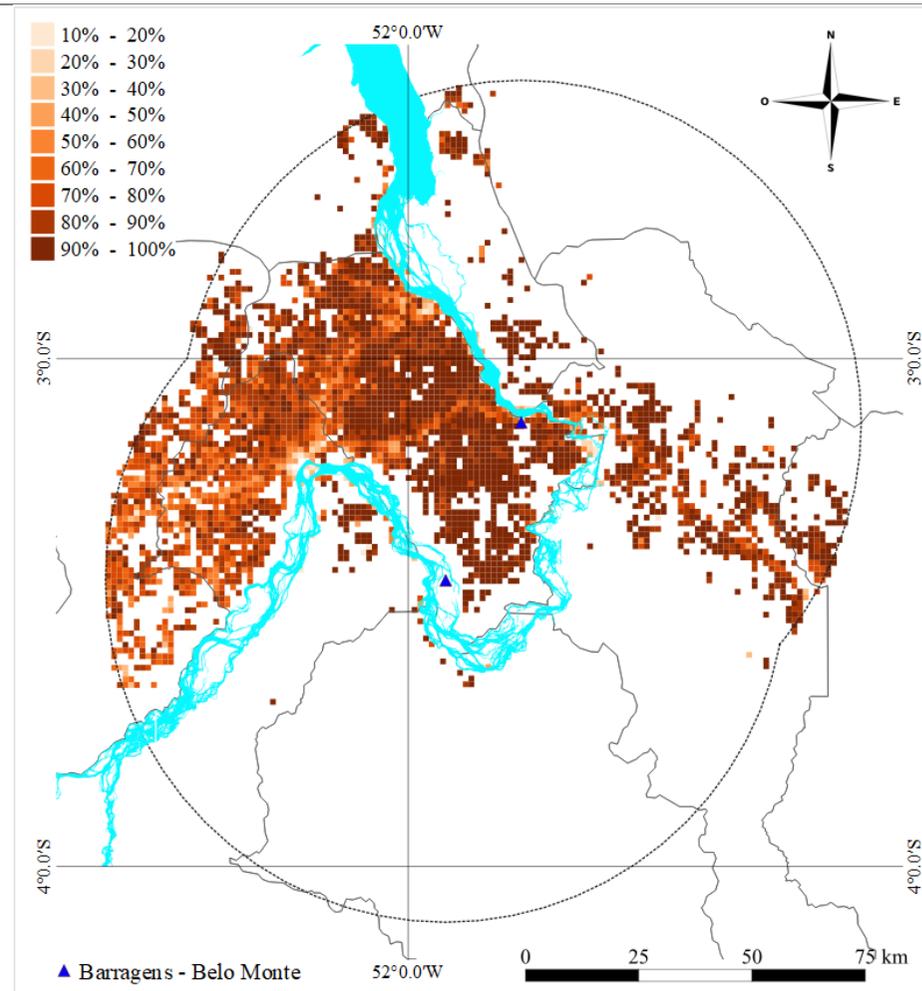
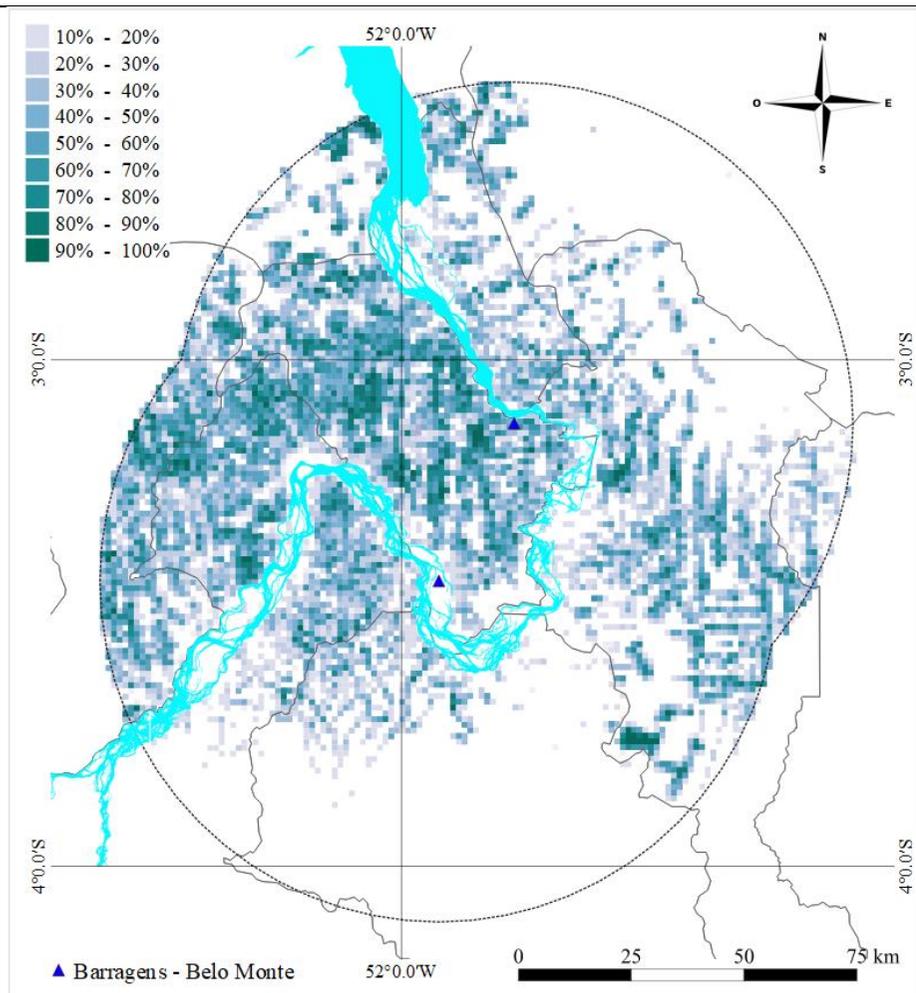


Figura 101 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário A), ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

Dado Observador (c/ máscara) em 2011



Dado Simulado em 2011 – Cenário B

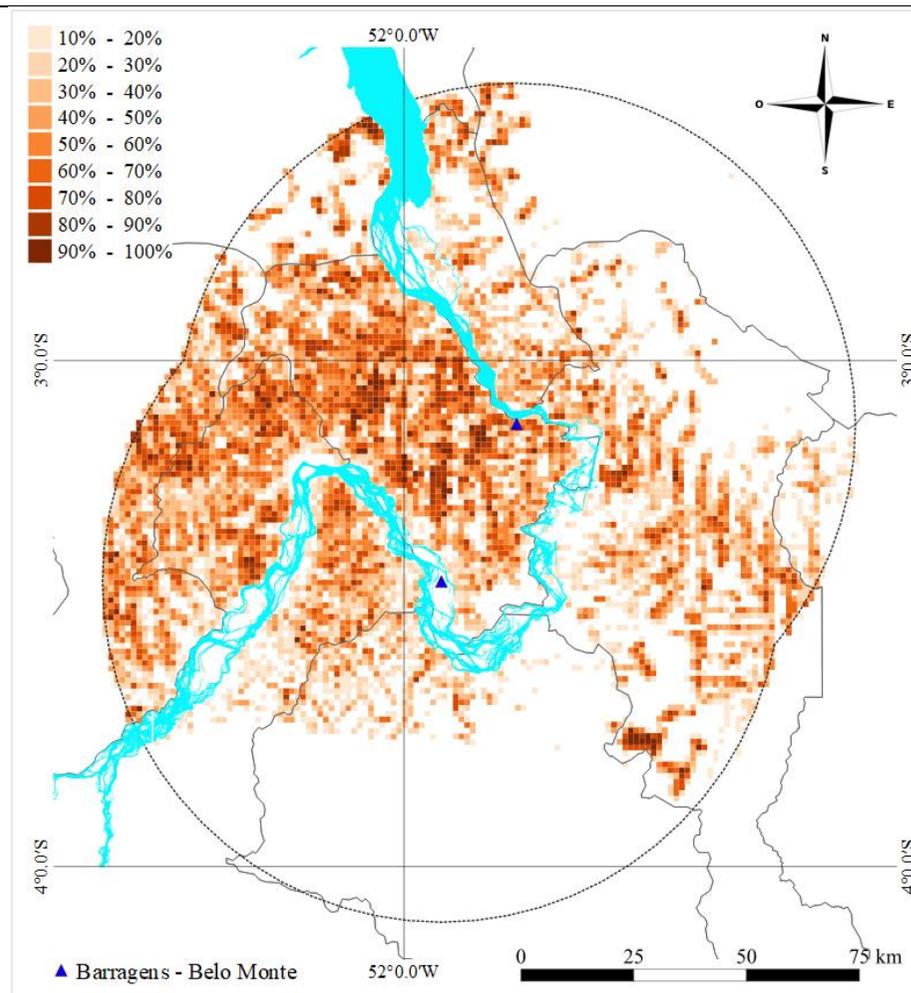
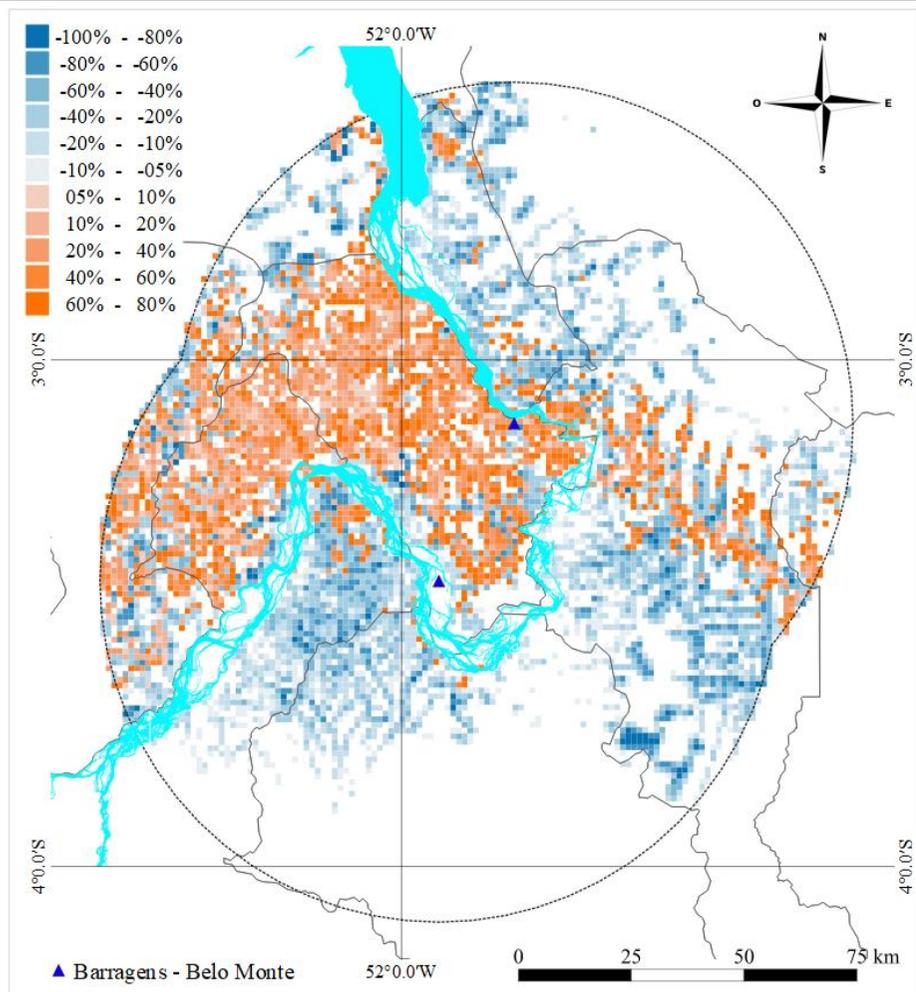


Figura 102 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário B), ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

Diferença entre o Cenário A e o observado para 2011



Diferença entre o Cenário B e o observado para 2011

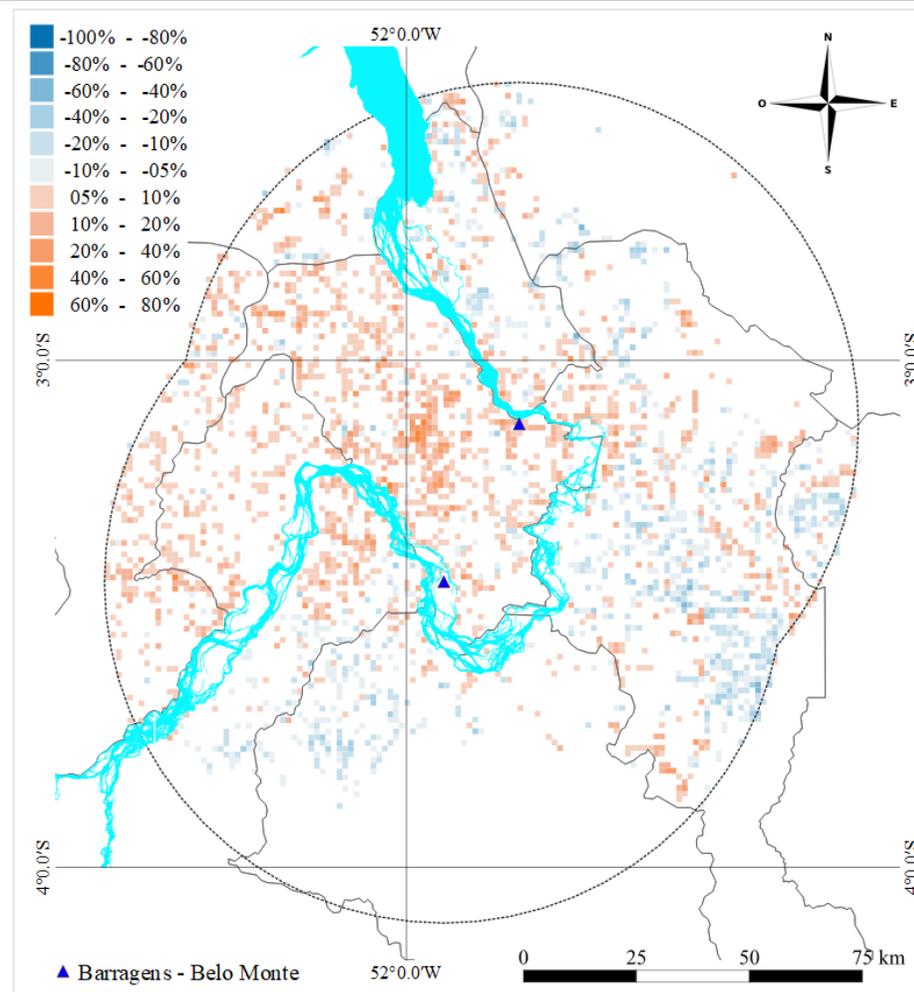
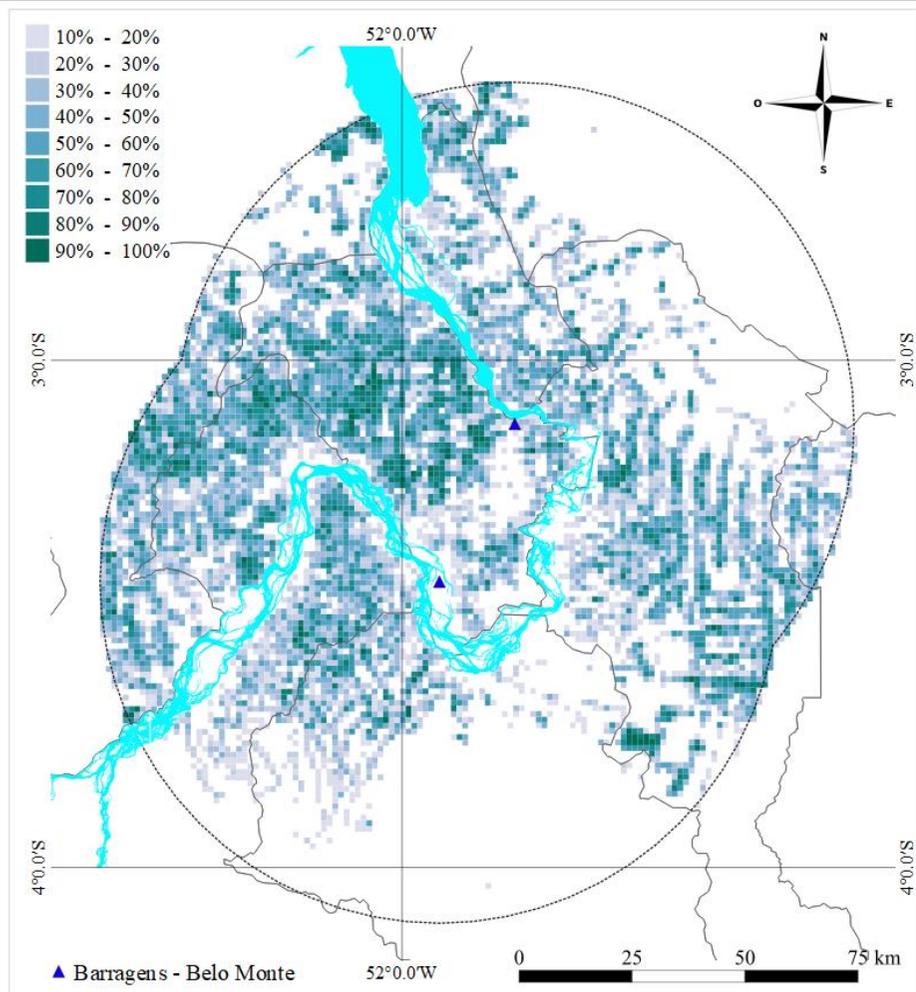


Figura 103 - Mapas para a classe Agropecuária – Diferença entre o Simulado (Cenários A e B) e o observado, ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 5%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

Dado Observador (c/ máscara) em 2016



Dado Simulado (Cenário A) em 2016

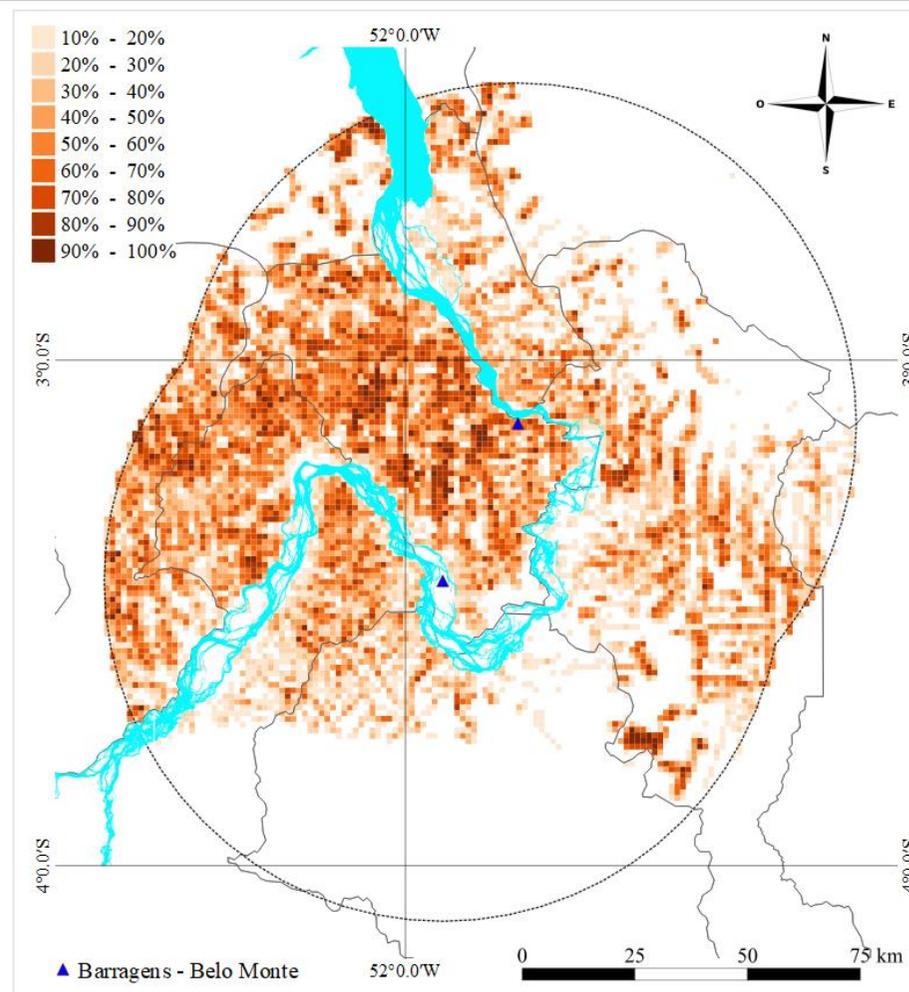
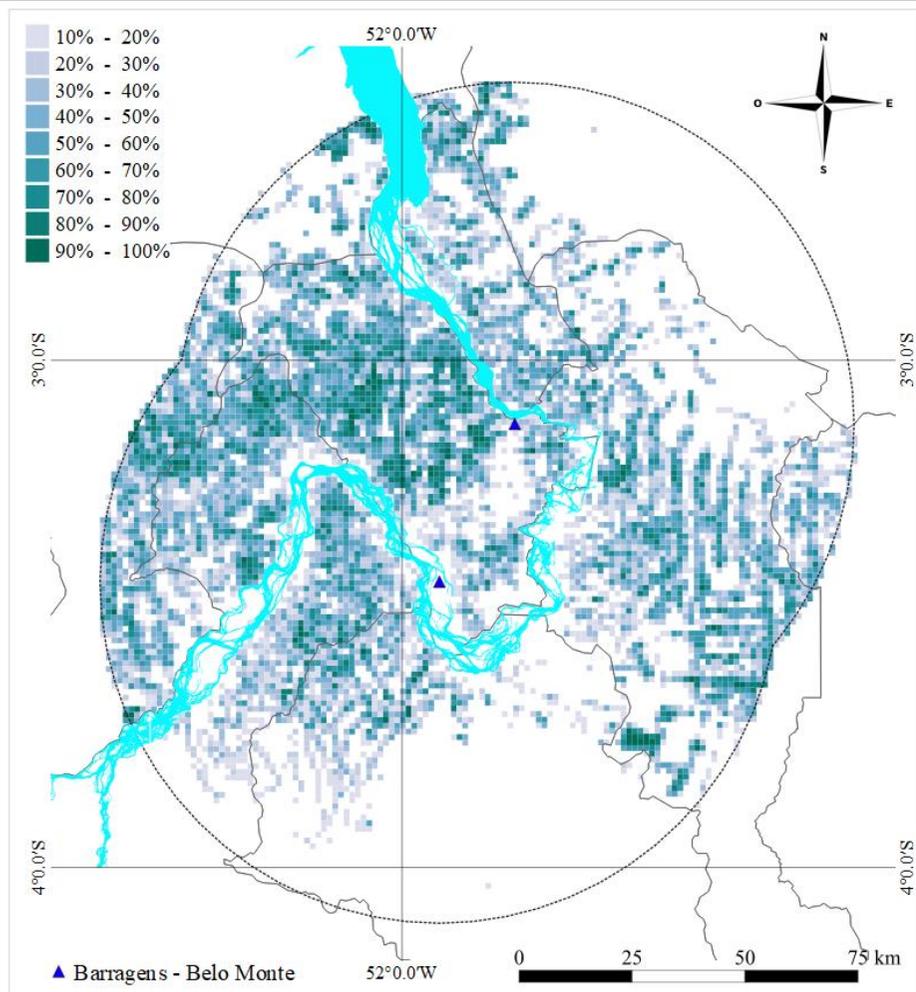


Figura 104 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário A), ambos para o ano de 2016. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

Dado Observador (c/ máscara) em 2016



Dado Simulado (Cenário B) em 2016

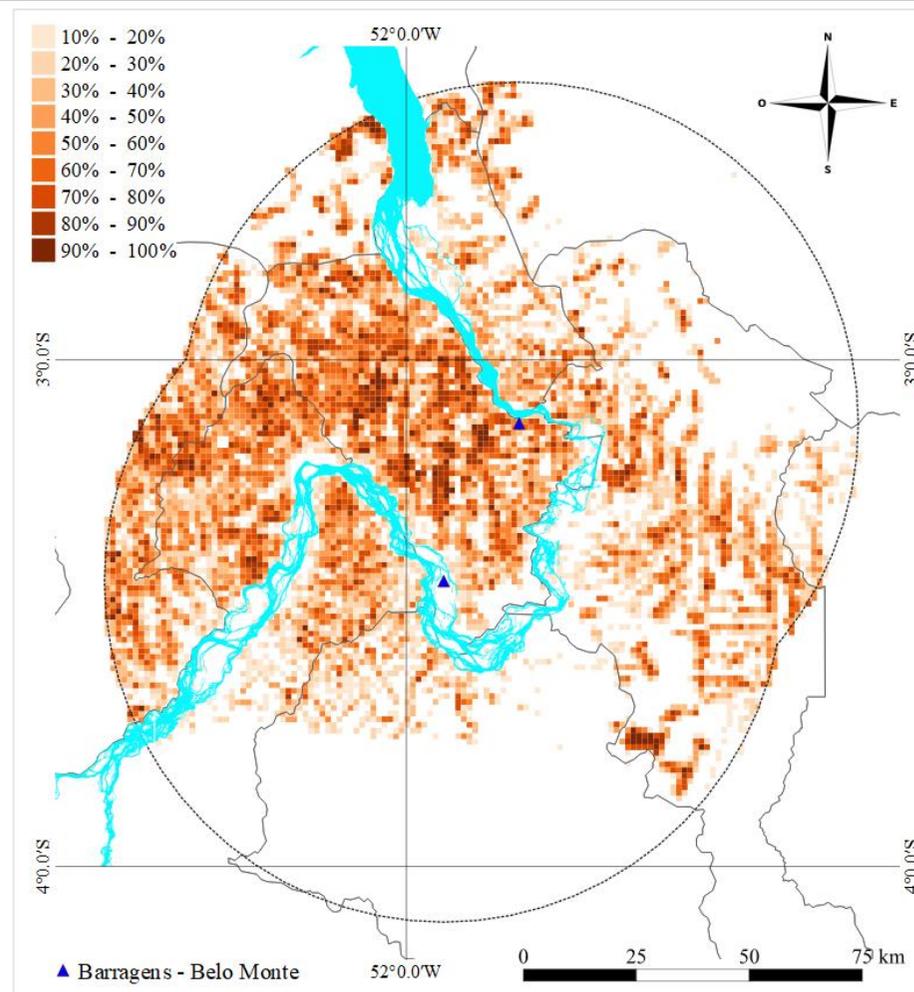
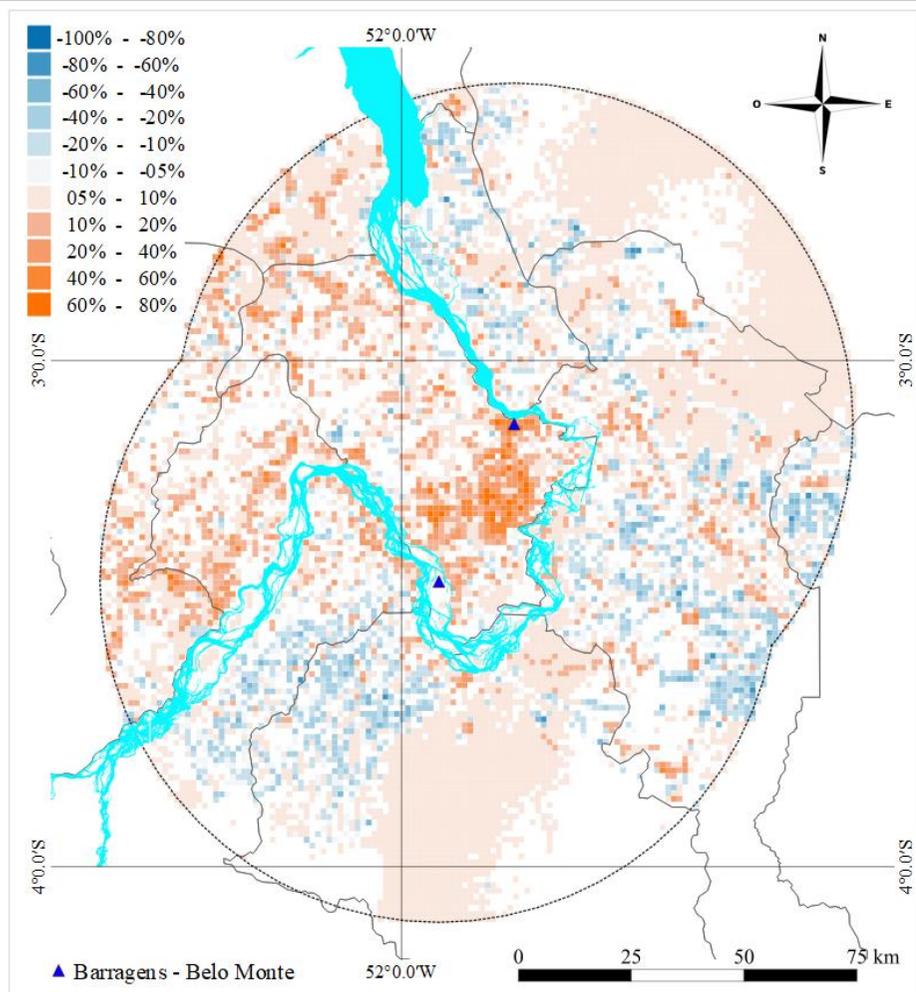


Figura 105 - Mapas para a classe Agropecuária - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário B), ambos para o ano de 2016. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

Diferença entre o Cenário A e o observado para 2016



Diferença entre o Cenário B e o observado para 2016

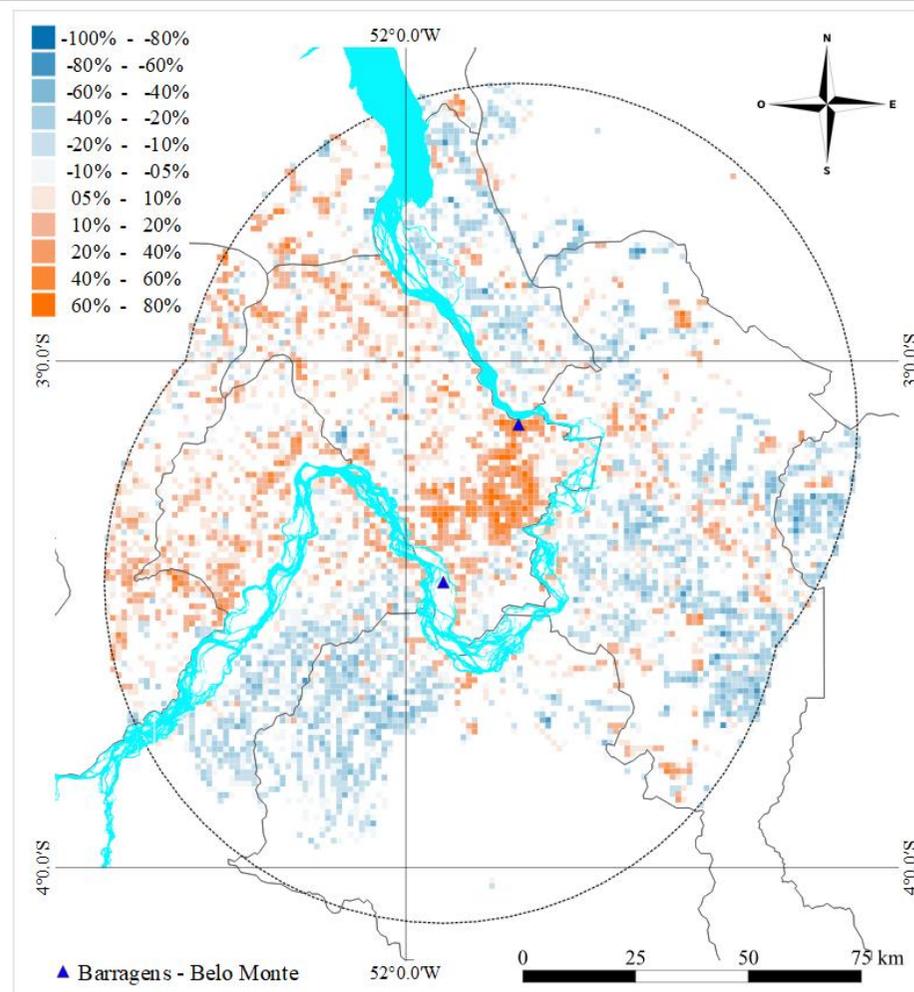


Figura 106 - Mapas para a classe Agropecuária – Diferença entre o Simulado (Cenários A e B) e o observado, ambos para o ano de 2016. Omitidos da representação as variações de menos de 5%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

Um ponto inicial das análises diz respeito às diferenças entre as análises derivadas da análise das trajetórias (figura 98) e da espacialização dos resultados. As trajetórias representam o somatório de todas as células do *buffer*, ou seja, trazem informação sobre a quantidade total de cada uma das classes para cada ano da série. Já os mapas permitem identificar como essas mudanças ocorrem de maneiras distintas sobre o espaço. Isto é, mesmo que haja uma tendência de ampliação da cobertura por uma determinada classe, espacialmente é possível identificar regiões de incremento ou intensificação, e outras com redução. Este comportamento é presente em todos os mapas apresentados.

Em específico sobre o mapa referente ao cenário A em 2011 (figura 101), como é possível notar visualmente, há diferenças em relação às demais simulações. Esta situação é explicada pela redução das quantidades exigidas pelo modelo entre os anos de 2010 e 2011 (linha vermelha pontilhada da figura 98). Ou seja, como não houve ampliação do uso naquele período, o modelo reduz a presença da classe – seguindo os parâmetros do modelo de regressão definidos - e contém o seu espalhamento, mantendo apenas as células com valores mais altos, onde há maior probabilidade de manutenção do uso (ainda conforme o modelo de regressão).

Já para o cenário B, ainda em 2011, há um sutil incremento nos valores totais da classe, fato este que leva à ampliação pontual da classe em relação ao ano anterior. As diferenças entre os mapas simulados – tanto para o cenário A quanto para o B – ilustram essa dinâmica. Mesmo com taxas negativas de crescimento entre 2010 e 2011 no cenário A, a área total ocupada pela classe é muito superior ao observado, indicando que na hipótese de não ocorrência do empreendimento, e seguindo as taxas observadas para o conjunto de municípios do entorno, seria possível ocorrer um grande adensamento da classe agropecuária por toda a região lindeira à BR-230 e adentrando com mais intensidade a região interna à volta grande do Xingu, região esta onde ocorreram os impactos diretos mais importantes do empreendimento.

No cenário B, que segue o padrão de comportamento observado para o Estado do Pará, as alterações são menos intensas e mais dispersas sobre o território (figura 102). Importante resgatar aqui que esta análise comparativa está situada exatamente no ano de início das obras, ou seja, ainda em etapas iniciais de intervenção física do empreendimento da região.

Para as análises realizadas para o ano de 2016, ou seja, na etapa final de implantação e início da operação da hidrelétrica, os mapas ilustram já o acumulado por todo o período

(2008 a 2016) e, neste sentido, trazem sinais e alteração mais nítidos. Para ambos os casos, os mapas de diferença entre os cenários e o observado indicam claramente a importância dos impactos diretamente relacionados às obras – tipicamente as intervenções na região do canal de derivação entre o reservatório Sitio Pimental e a barragem final.

Há, entretanto, elementos importantes para a reflexão acerca das alterações não diretamente relacionadas às intervenções, como os pontos em cores quentes (figura 106) dispersos por todo o município de Vitória do Xingu, bem como a região norte de Altamira – mais próxima ao núcleo urbano - e a leste de Brasil Novo, que indicam sinais, considerando o universo de incertezas e as premissas definidas, que as atividades agropecuárias teriam sido negativamente impactadas pela presença da hidrelétrica. Tal resultado encontra respaldo nos achados de Calvi (2019) que indica que, à exceção da produção de cacau e da pecuária bovina, foi diagnosticado em êxodo da mão de obra rural em direção às oportunidades nos canteiros de obras da barragem e na área urbana de Altamira, com impactos na viabilidade de estabelecimentos rurais e atividades com maior dependência de força de trabalho. Ainda, o autor afirma que as unidades rurais de menor capacidade financeira e aquelas que se dedicavam aos cultivos de lavouras temporárias, houve uma taxa média de abandono das atividades que atingiu 60% (CALVI, 2019).

Há, neste ponto, somados os esforços de pesquisa de Calvi (2019) e as trajetórias aqui mapeadas e simuladas, elementos para afirmar que durante grande parte do período de instalação – 2011 a 2015 – a hidrelétrica atua como inibidor do avanço territorial das atividades agropecuárias, agindo com um polo indutor de enclave econômico, reforçando as indicações de Vainer e Araujo (1992). Tal questão é enfatizada pelo sinal da perda do controle das atividades já no último ano de instalação. Tal sinal pode indicar a artificialidade do comportamento observado durante a instalação ou, em alinhamento com os achados de Calvi (2019), a falhas de planejamento e de políticas antecipatórias, que limitou a possibilidade da sociedade local participar do momento dinamizado da economia em razão do choque promovido pelo empreendimento.

Em síntese, o que poderia ser lido com um indicativo de externalidade positiva da hidrelétrica sobre o território, na realidade indica apenas um efeito colateral (e

insustentável) da fragilidade do planejamento da intervenção, uma vez que todo o discurso oficial, inclusive o próprio estudo de impacto ambiental<sup>158</sup>, levavam a crer que era intenção do empreendimento contribuir para o desenvolvimento local, com destaque para o desenvolvimento de atividades rurais.

Em relação aos aspectos metodológicos, a compreensão dos potenciais e dos limites do uso da técnica de construção de cenários é central na interpretação e análise dos resultados. Considerando os elevados níveis de incerteza e complexidade associados a este tipo de constructo e, uma vez que é absolutamente impossível conhecer ou medir parâmetros reais sobre como o passado poderia se desdobrar em condições alternativas, qualquer intenção de provar, ou mesmo de simular, deterministicamente, um caminho alternativo, apresenta-se como um esforço vão e ingênuo. A construção de cenários, aliada ao exercício da modelagem pode, entretanto, ser útil para auxiliar na investigação e reflexão sobre aspectos dos comportamentos de determinados elementos de um sistema complexo como o ora analisado.

Neste sentido, o processo de construção de cenários partiu da determinação de uma condição *ceteris paribus*<sup>159</sup> (NIJKAMP, 2007), isto é, estabeleceu que a única mudança incorporada seria a alteração das taxas de variação da classe “agropecuária”, seguindo os comportamentos observados nos recortes de controle (contrafactuais). Todo o resto permaneceu constante, o que, neste caso, significou a manutenção de três pontos:

- i) A classe “outros”, que inclui usos urbanos, foi mantida estática;
- ii) A classe “vegetação natural” foi considerada o complemento da classe “agropecuária”;
- iii) Os parâmetros de localização das mudanças, definidas a partir dos modelos de regressão entre o conjunto de *drivers* e as classes, foram mantidos do modelo validado para o período de 2003 a 2008.

Tais condições, obviamente, impõem limitações às interpretações, uma vez que outras condições de contorno poderiam ter sido consideradas no exercício, com resultados obviamente diferentes. A opção pela simplificação adotada parte da necessidade de

---

<sup>158</sup> Ver tópico 3.2.4 desta tese.

<sup>159</sup> Nijkamp (2007) relembra da tradição do uso da condição *ceteris paribus* na ciência econômica, e em especial nos desenvolvimentos da economia espacial, e apresenta uma interessante reflexão sobre o uso da condição em modelos de equilíbrio e em sistemas dinâmicos não lineares, avaliando de maneira crítica as limitações do uso da condição nas análises econômicas.

redução da quantidade de premissas e de artificialidades arbitrárias. Ou seja, posto que não é possível conhecer as condições determinantes do desdobramento de uma trajetória alternativa, optou-se por considerar apenas o critério da quantidade de mudanças, uma vez que existiam objetivamente elementos para suportar esta condição (as taxas da variação mensuradas das classes nos contrafactuais, ou grupos controle definidos no tópico 4).

Os resultados, desta forma, refletem estas condições e, conseqüentemente, não devem ser tomados como medidas absolutas ou determinísticas do comportamento das classes de uso e cobertura da terra no sistema em análise.

Outro ponto importante foi a opção pela simulação apenas a partir do comportamento da classe agropecuária, esta considerada como a “ativa” no processo de conversão. Importante destacar a possibilidade, partindo das mesmas premissas, da construção de cenários tomando como referência a classe “vegetação natural”, que certamente chegaria a resultados ligeiramente diferentes, principalmente em relação às quantidades alocadas.

Por fim, considerando que as quantidades de mudanças foram inseridas no modelo de forma pré-computada, ou seja, não emergiram do processo, e que as regras concernentes à atuação dos *drivers* na localização das mudanças foram mantidas do período anterior (2003 a 2008), a espacialização das alterações reflete de maneira bastante coerente a relação entre os citados fatores. As simulações seguiram as mesmas regras de localização, sempre atuando no sentido de intensificar os valores de cobertura da classe em cada célula, ou em células mais próximas daquelas que previamente já continham a classe em questão. Ou seja, a parametrização como realizada não permitiu a ocorrência de aberturas de novas frentes de uso agropecuário em regiões sem histórico da classe. Este é um limite que emerge diretamente das opções de parametrização.

Sobre este ponto em específico – os *drivers* definidos para suportar as regras de potencial de localização das alterações - é importante assumir importantes limitações. Embora o modelo construído para o período livre de evidências de influências de Belo Monte (tipicamente, 2003 a 2008) tenha alcançado valores considerados admissíveis no processo de validação, o conjunto de variáveis que suportam o modelo de regressão multivariada é bastante limitado. A variável tem mais potencial de ser tratada como um *drivers* no modelo à medida que ela apresente uma expressão espacial mais detalhada e, preferencialmente, contínua no espaço. Este ponto foi, de fato, um dos maiores

limitadores do processo de seleção das variáveis, uma vez que a enorme maioria dos dados demográficos, socioeconômicos e político-institucionais apresentam apenas a expressão espacial no nível municipal, o que representa e contribuiu muito pouco com o recorte final do objeto da análise.

Desta forma, foi necessário buscar e incorporar variáveis de cunho mais ambiental, como dados relacionados às redes hídricas, solos, declividade, produtividade primária, além de dados de políticas públicas com expressão espacial, como malhas rodoviária e urbana, limites de unidades de conservação e terras indígenas, etc<sup>160</sup>. Ou seja, o modelo não foi parametrizado com variáveis sensíveis ao choque do empreendimento, em razão da inadequação da construção e disponibilização dos dados necessários. Os resultados obtidos, obviamente, refletem também esta limitação.

Este ponto é bastante sensível, uma vez que ele impõe uma barreira à verificação da proposição indicada no tópico 2.1.2, ou seja, não permite verificar em detalhes em que medida se estabelece as influências do empreendimento em relação aos *drivers* que orientam as mudanças de uso e cobertura da terra (setas e caixas em cinza apresentadas na figura 11). Embora a aferição da hipótese da complementação do *framework* proposto por Geist e Lambin (2001) efetivamente não pôde ser quantificada em razão da ausência ou incompatibilidade dos dados necessários para a parametrização, há evidências suficientes de que o empreendimento endereça às localidades influências para além dos impactos diretamente associados às obras, de maneira inequívoca para o caso de Belo Monte e, neste sentido, desempenham o papel de *driver* subjacente localmente endereçado.

Assim, e considerando todas as limitações e incertezas associadas ao uso da técnica, é possível afirmar que o exercício, de um modo geral, oferece elementos para a reflexão sobre o que se ganhou e o que se perdeu no processo de implantação do empreendimento. Os mapas, mesmo considerando todas as suas inerentes limitações, lançam luz sobre a intensidade e abrangência dos impactos do empreendimento sobre o uso e cobertura da terra e, neste sentido, dão uma medida sobre a influência do empreendimento sobre a região.

---

<sup>160</sup> O anexo 5 apresenta o conjunto de variáveis associadas a cada um dos modelos de regressão utilizados.

Enfatizando os achados mais importantes, destaca-se o papel do período de instalação do empreendimento na contenção das dinâmicas das classes “vegetação natural” e “agropecuária” na região, reforçadas pela comparação com cenários do que poderia ter ocorrido na hipótese de não ocorrência do empreendimento. A configuração das dinâmicas, com marcos de início e de fim muito bem definidos, indica que há evidências para suportar a hipótese de artificialidade e insustentabilidade do ‘controle’ exercido pela intervenção. Os resultados encontrados em Calvi (2019) indicam que tal exercício, embora imerso em limitações e incertezas, encontra algum respaldo empírico, e tem potencial para contribuir com o debate sobre as influências deste tipo de empreendimento nas dinâmicas espaciais.

## 6. CONCLUSÕES

A presente tese explorou métodos baseados em análise espacial, construção de cenários e modelagem de mudanças no uso e cobertura da terra visando compreender as relações entre grandes usinas hidrelétricas e dinâmicas de uso e cobertura da terra, no contexto amazônico. Foram realizados dois estudos de caso a partir das maiores hidrelétricas instaladas na região Amazônica em períodos recentes - Jirau e Santo Antônio, em Rondônia, e Belo Monte, no Pará.

A investigação partiu do resgate do histórico do papel da Amazônia dentro do contexto do planejamento energético do Brasil, bem como do tortuoso caminho traçado pelos empreendimentos em seus respectivos processos de avaliação de impacto ambiental até sua efetiva instalação e operação. Com lastro nesta revisão, foram realizadas análises das trajetórias e dos padrões espaciais das alterações de uso e cobertura da terra a partir das hidrelétricas. Tais análises foram realizadas por meio de uma abordagem multiescalar, ou seja, a partir de testes em *buffers* concêntricos, que adotaram a premissa do eixo das barragens como epicentro potencial das dinâmicas, e multitemporal, considerando séries históricas em extensão e resolução suficientes para a avaliação de períodos pré-instalação, instalação e operação. Ainda, para a verificação de contrafactuais, foram analisadas as trajetórias para os Estados onde o empreendimentos estavam situados, bem como conjuntos de municípios atingidos pelos *buffers* de 150km a partir das barragens.

Finalmente, após a identificação das evidências do papel dos empreendimentos no reordenamento das dinâmicas de uso e cobertura da terra, bem como o estabelecimento de seus marcos temporais, foi realizado um exercício de modelagem das mudanças de uso a cobertura da terra para o período que antecede as influências do empreendimento, seguido da construção de cenários retrospectivos que simulam a não ocorrência da hidrelétrica, utilizando como premissas as trajetórias identificadas a partir de contrafactuais. Deste exercício emergiram reflexões sobre a medida da influência da obra sobre o registro acumulado no território.

Desta forma, este capítulo final sintetiza os principais achados da pesquisa, e discute como tais resultados dialogam com a hipótese inicial definida. Na sequência são apresentadas considerações sobre como tais resultados são confrontados com a base teórica adotada, bem como elenca e discute aspectos relacionados às limitações e

potencialidades dos métodos. Por fim, são apresentadas recomendações para pesquisas futuras e políticas públicas orientadas para a interface Amazônia – energia.

### 6.1. Principais achados

A tese foi estruturada de forma a enfrentar a hipótese de pesquisa definida, a partir da proposição de que usinas hidrelétricas alteram as dinâmicas de uso e cobertura da terra - local e regionalmente - criando novos padrões e reorientando suas trajetórias.

Os resultados das análises realizadas suportam a conclusão de que a hipótese foi parcialmente corroborada. Os resultados gerados a partir do estudo de caso de Belo Monte demonstrou a existência de evidências robustas dos efeitos do empreendimento sobre as dinâmicas de uso e cobertura da terra, para além daqueles relacionados diretamente às intervenções. Tais evidências não foram encontradas no estudo de caso a partir de Jirau e Santo Antônio, com seus resultados restritos aos impactos sobre o uso e cobertura da terra já devidamente previstos pelo seu EIA.

A partir de tais diferenças emerge o primeiro achado da pesquisa: mesmo considerando que do ponto de vista da somatória da potência fiscalizada existam similaridades entre o complexo Jirau – Santo Antônio e Belo Monte, os casos não são comparáveis e, desta forma, não é possível afirmar a existência de regularidades na relação entre usinas hidrelétricas e dinâmicas de uso e cobertura da terra. Destaca-se a importância do histórico de ocupação das regiões, bem como as próprias características dos empreendimentos e suas representações no contexto nacional. Assim, conclui-se que tal relação - empreendimento *versus* dinâmicas de uso e cobertura da terra - é essencialmente complexa e, desta forma, sempre local-específica.

Considerando os objetivos específicos da tese e os resultados a partir de Belo Monte, as análises indicam que:

- Em relação às etapas do ciclo de vida dos empreendimentos, e focando em Belo Monte como caso de análise, os resultados endereçam a necessidade do reenquadramento do período pré-instalação em relação às dinâmicas de uso e cobertura da terra. O período entre os anos 2009 a 2011, ou seja, dois anos antes do início efetivo das obras de instalação da hidrelétrica, marca uma mudança importante nas dinâmicas de uso e cobertura da terra, notadamente irradiadas a

partir do empreendimento e com reflexos que atingem áreas distantes daquelas diretamente afetadas.

Neste sentido, reforça-se o papel das expectativas geradas pelo empreendimento. Soma-se a este ponto o próprio momento, anterior à efetiva presença de instâncias de controle e poder nas localidades. Tais fatores podem estar na base das alterações diagnosticadas. Reforça-se que a situação não foi prevista pelo EIA do empreendimento.

Adentrando o período de instalação, observa-se uma significativa atenuação nas dinâmicas espaciais, à exceção daquelas diretamente relacionadas às obras. Tal configuração, entretanto, apresenta-se como um efeito colateral do deslocamento temporário das dinâmicas econômicas locais, agora fortemente direcionadas aos canteiros de obras do empreendimento.

Ao fim do ciclo de construção, perde-se a sustentação e o sistema retorna ao antigo estado de equilíbrio. A hidrelétrica, neste sentido, apresenta-se muito mais como uma forte bacia de atração, entretanto efêmera, do que como uma empresa-motriz clássica, indutora de efeitos relacionados ao desenvolvimento local.

- Sobre a questão da abrangência espacial dos efeitos a partir do empreendimento, embora os métodos não permitam estabelecer objetivamente uma delimitação para a sua influência indireta, dado o caráter contínuo no espaço das mudanças diagnosticadas, foi possível identificar com nitidez impactos mais fortes até um limite de 75km a partir das barragens.
- Sobre a medida da influência das hidrelétricas nas dinâmicas de uso e cobertura da terra dentro da ótica da cumulatividade dos impactos, o exercício de construção de cenários retrospectivos permitiu simular situações de não-ocorrência do empreendimento. Embora considerando os níveis de incerteza e complexidade associados e este tipo de constructo, a sobreposição das trajetórias observadas com as simuladas, bem como os mapas das diferenças entre o simulado e o observado (figuras 103 e 106) oferecem subsídios para a discussão sobre as possíveis dimensões de tal influência.

Ainda, tais configurações, associados aos resultados encontrados por Calvi (2019) reforçam o papel de polo indutor de enclave econômico durante grande parte do período de instalação, em linha com o indicado por Vainer e Araujo (1992). Esta constatação pode ser explicada por falhas de planejamento e insuficiência de

políticas antecipatórias mínimas que permitissem a adequada recepção do choque socioeconômico e ambiental pelas localidades.

Em síntese, a partir de um arranjo metodológico especificamente desenhado para o enfrentamento da questão, a tese fornece evidências empíricas a partir de dois casos emblemáticos da questão da geração de energia hidrelétrica na Amazônia. Neste sentido, contribui para o debate sobre riscos de degradação socioambiental – representadas aqui em sua dimensão material – a partir de grandes empreendimentos hidrelétricos em regiões frágeis do ponto de vista político, social e econômico, porém estratégicas do ponto de vista ambiental.

Por fim, tanto a temática quanto o modelo metodológico construído e testado pela presente tese oferecem elementos para o desenvolvimento de estratégias alternativas em AIA, com foco em estudos de impacto cumulativos.

## 6.2. Considerações gerais sobre aspectos teóricos e metodológicos

Os caminhos trilhados pela pesquisa, considerando sua abordagem interdisciplinar, foram planejados e implementados visando viabilizar e dar materialidade às proposições de Latour (1994, 2006), ou seja, partir da descrição do problema em si – híbrido e interdisciplinar - para em um segundo momento refletir e discutir a partir de alguns campos teóricos e metodológicos considerados com aderência e adequados ao enfrentamento da temática. Ou seja, tentou-se evitar ao máximo o processo de purificação, mantendo o foco na descrição essencial dos fenômenos.

O mediador do processo foi definido exatamente a partir das relações entre as dinâmicas espaciais e grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia. Embora possa parecer óbvio, o deslocamento do híbrido para o primeiro plano, como centro das análises, o reposiciona como articulador de campos teóricos, e não o contrário. Partir de tal configuração permitiu, neste sentido, dotar o processo de construção do referencial teórico de uma dimensão crítica bastante ajustada. É neste contexto que emergem as reflexões e reenquadramentos teóricos e conceituais propostos pela tese.

Os três principais campos teóricos adotados - Sistema Terrestre, Economia Regional e Avaliação de Impacto Ambiental – se mostraram úteis e adequados para lidar com a complexidade do objeto. Tais referenciais utilizados para a discussão, mesmo assim,

não são compreendidos, em momento algum, como caminhos melhores ou únicos para a interpretação do fenômeno. A opção apenas reflete o processo ora realizado e, neste sentido, segue aberto à crítica e ao diálogo com caminhos alternativos e outras possibilidades de enquadramento.

Os campos teóricos adotados são compreendidos como pontos de visada - sempre parciais e temporalmente caracterizados – para o problema. Para o caso em análise, a rede traçada pelos pontos de visada considerados – que congregam campos teóricos e metodológicos – remete a um enquadramento específico do problema, sem nunca assumir a pretensão de considerá-lo como completo ou mesmo suficiente. Outros pontos de visada poderiam ser incorporados, ou mesmo outro conjunto de campos. A figura 107 apresenta a rede traçada pelos pontos de visada adotados pela tese e, desta forma, dão forma e limites a suas conclusões.

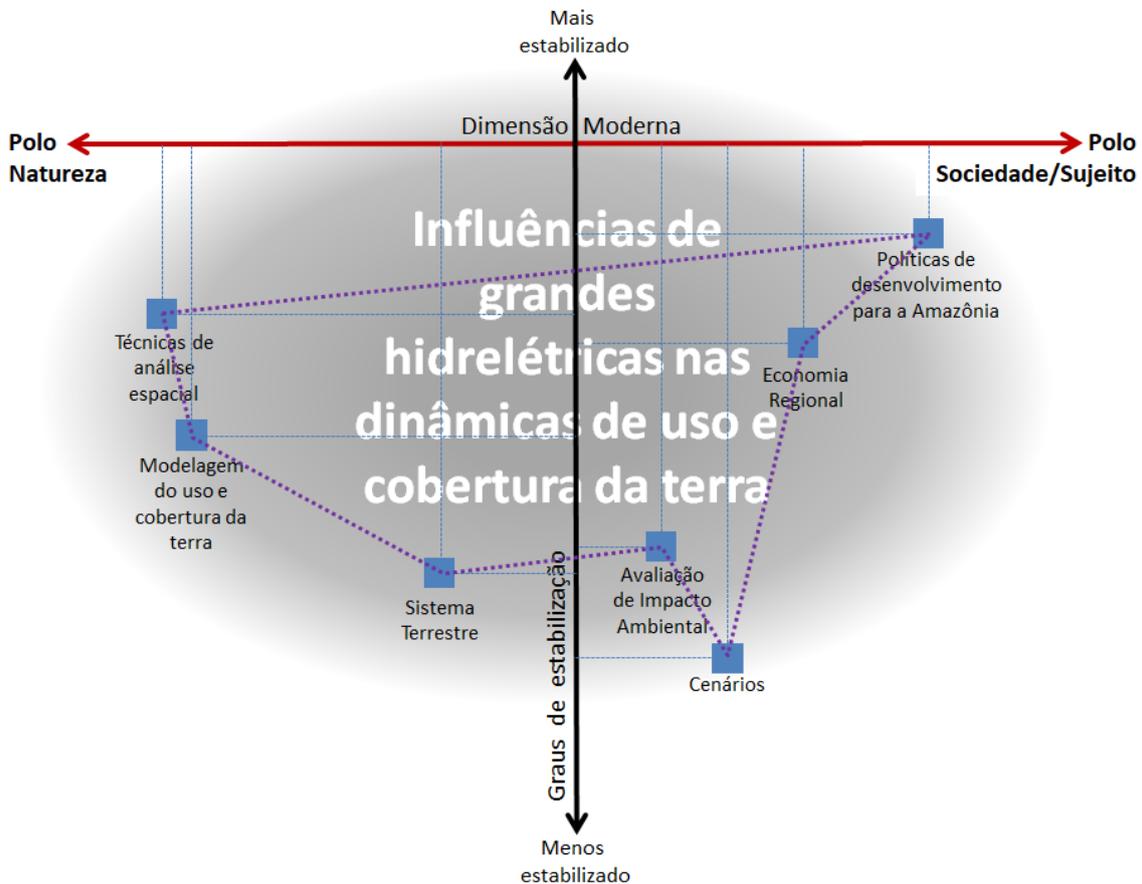


Figura 107 – Rede utilizada para analisar o híbrido “influências de grandes hidrelétricas nas dinâmicas de uso e cobertura da terra”. As posições dos pontos de visada são aproximações e seguem uma interpretação pessoal e, neste sentido, são passíveis de contestação, visto que não há elementos objetivos para defini-las dentro dos gradientes propostos por Latour (1994).

Partindo deste enquadramento, algumas proposições teóricas e conceituais que emergiram do processo de reflexão a partir da literatura puderam ser confrontadas com evidências empíricas dos processos metodológicos delas desdobrado. Dentre estas, as mais importantes são:

- i. A compreensão da dimensão da complexidade associada ao problema, fato que endereça o uso de estratégias metodológicas específicas;
- ii. Desdobramento do *framework* proposto por Geist e Lambin (2001), com a especificação e o refinamento da categoria “grande empreendimento hidrelétrico na Amazônia”, considerando, para além da sua natureza como causa imediata, a possibilidade de também ser dotada da característica de causa subjacente localmente endereçada;
- iii. Reflexão sobre a categorização dos “grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia” como empresa-motriz, orientadora de processos associados ao desenvolvimento local. Ao contrário do previsto na literatura clássica da economia de aglomeração, não foram encontrados elementos que caracterizem um polo de desenvolvimento (PERROUX, 1977), induzindo um círculo virtuoso entre movimentação de capitais, migração e mudanças demográficas endógenas (MYRDAL, 1965), ou desenvolvimento emergindo a partir de desequilíbrios, considerando os efeitos para trás e para frente (HIRSCHMAN, 1961).

A evidente manutenção do padrão extrativista (BUNKER, 1984) associado a este tipo de empreendimento e os sinais de efeitos contrários aos previstos pela literatura oferecem elementos para contestar seu papel como estratégia geradora de desenvolvimento local;

- iv. Compreensão do sistema terrestre, simultaneamente, como objeto da investigação e o resultado final do processo cumulativo, considerando o desdobramento das relações ambiente-sociedade sobre o território. Tal enquadramento, além de reforçar o endereçamento de estratégias metodológicas específicas, oferece elementos adicionais à estudos de AIA, principalmente dentro dos estudos de avaliação de impactos cumulativos, no sentido que reposiciona o potencial sistêmico das dinâmicas de uso e cobertura da terra;
- v. O destaque para o potencial do uso da ferramenta de cenários, associadas a técnicas de modelagem, como métodos tanto para o planejamento quanto para a análise de

políticas públicas, em contextos de incertezas e complexidades insuperáveis. Embora haja registros de construção de cenários em peças de AIA, como o caso da AAE do complexo do Rio Madeira (ARCADIS-TETRAPLAN, 2004), tal exercício não se desdobra em simulações que possibilitem visualizar impactos de maneira objetiva, endereçando elementos mais bem desenvolvidos aos processos de tomada de decisão. Ainda, a exploração da técnica de construção de cenários abre perspectivas acerca do potencial da ferramenta, tanto do ponto de vista de aprofundamento e detalhamento das narrativas e premissas, quanto da incorporação de outros agentes, atores e instituições em suas definições, fomentando processos participativos e coletivos no desenho de caminhos alternativos mais alinhados com os anseios da sociedade.

A relação entre tais pontos e as evidências encontradas a partir dos resultados dos passos metodológicos apresentados nos capítulos 4 e 5 são sistematizadas na figura 108.

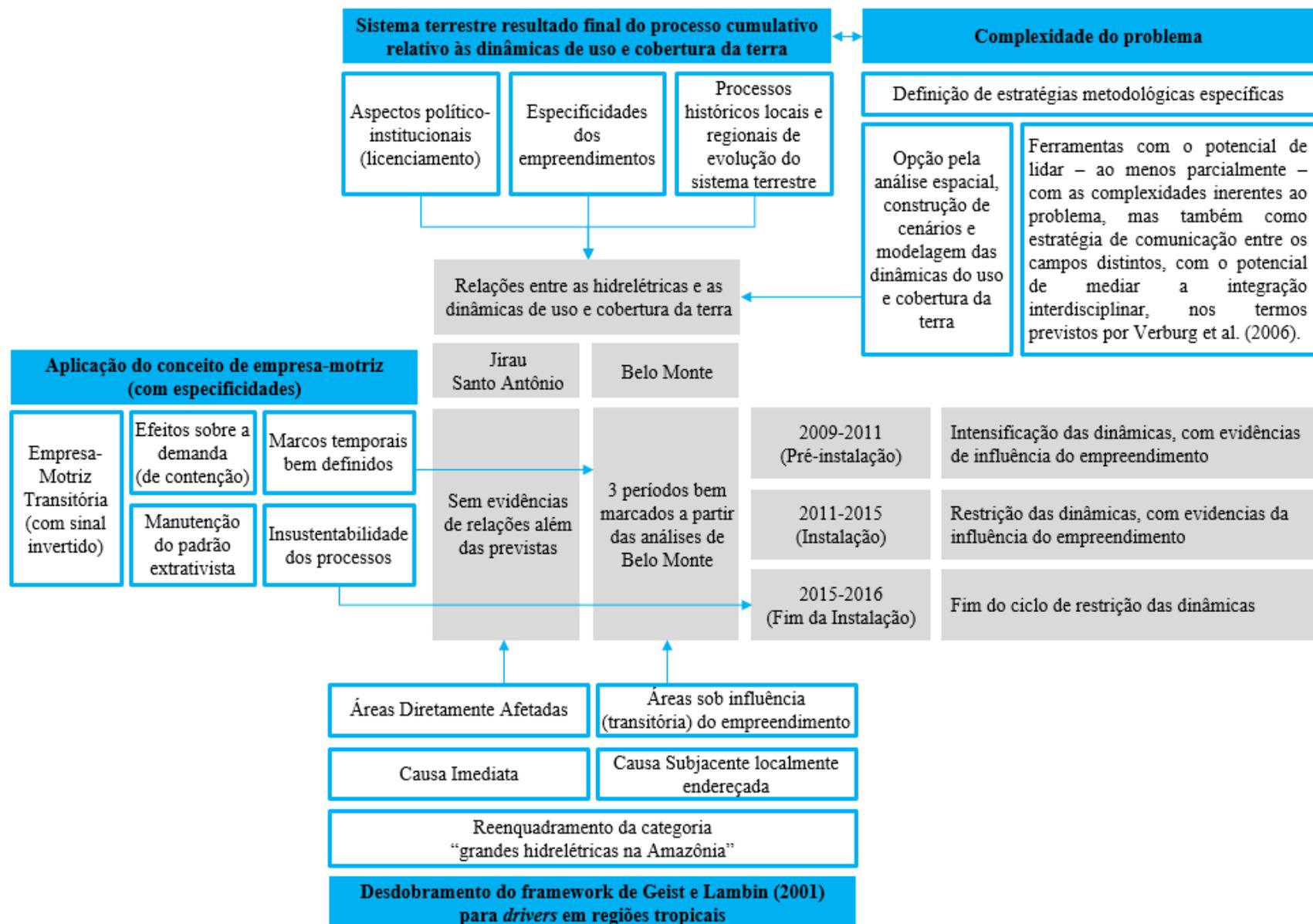


Figura 108 – Síntese das principais relações entre as proposições conceituais e os resultados empíricos dos métodos aplicados.

Em relação às principais limitações metodológicas, destaca-se a possibilidade de refinamento da base de dados adotada, tanto em relação às variáveis de uso e cobertura da terra, quanto em relação ao conjunto de potenciais *drivers* utilizados pelos modelos de regressão. Tais pontos são apresentados nas conclusões dos capítulos 4 e 5.

Sobre este último ponto – a identificação dos *drivers* dentro dos modelos de uso e cobertura da terra, é importante ressaltar que, embora tal limitação não tenha permitido a parametrização do modelo com variáveis sensíveis ao choque do empreendimento e, desta forma, impossibilitou a quantificação das influências do empreendimento em relação aos *drivers* que orientam as mudanças de uso e cobertura da terra (setas e caixas em cinza apresentadas na figura 11), o desenho metodológico foi suficiente para evidenciar, de maneira objetiva, as complexas influências endereçadas às localidades pelos empreendimento, mesmo dentro de um modelo de caixa preta.

### 6.3. Indicações para pesquisas futuras e recomendações

Dentre os pontos que merecem destaque e encaminhamentos para aprofundamentos e futuras pesquisas derivadas, é possível destacar:

- i) A questão da especificidade de cada relação hidrelétrica x localidade, ou seja, da virtual impossibilidade de buscar regras ou regularidades nesta relação. Esta afirmação tem como suporte aspectos relacionados à complexidade inerente da relação ambiente-sociedade, amplificada quando tratada na escala da Amazônia, tão extensa quanto diversa, reafirmada pelos resultados da presente pesquisa.  
Neste sentido, compreender como tais relações se dão a partir de outros empreendimentos, ou mesmo outras tipologias, como PCH, pode contribuir tanto para o aprimoramento do arranjo metodológico quanto ampliar a compreensão sobre grandes projetos de investimento e suas relações com aspectos ligados à dinâmica de uso e cobertura da terra e, neste sentido, subsidiar estudos de suporte ao planejamento setorial;
- ii) Considerando as hidrelétricas objeto da presente pesquisa, segue aberta a possibilidade de investigação das relações adentrando mais fortemente o período de operação. Ou seja, dada a desmobilização da força de trabalho empregada nas obras, bem como a fuga de capitais decorrentes do fim do choque econômico nas regiões, seguir monitorando e ampliar a compreensão das relações entre este novo

contexto e as dinâmicas de uso e cobertura da terra apresenta-se como um encaminhamento lógico e necessário à completude das análises realizadas.

- iii) Complementarmente, emerge das análises realizadas uma nova hipótese orientadora de futuras pesquisas, que é o enclave hidrelétrico – econômico e político. Neste sentido, compreender a partir de quais condições tal situação pode encontrar suporte para prosperar, dada a especificidade da relação empreendimento x localidade, bem como o caráter essencialmente transitório, tipicamente marcado pelo período de instalação, porém não restrito aos marcos temporais a ele associados.

Neste sentido, aprofundar as análises, descendo ao detalhe do campo, da investigação sobre dinâmicas econômicas (principalmente a partir da análise dos efeitos sobre a demanda como mudanças das propensões a poupar, a consumir, ao lazer a às inovações), alterações institucionais, nas estruturas de poder e nos processos de tomada de decisão nestas regiões, parece ser um caminho importante para refinar as investigações sobre o tema.

Em relação à interface com políticas públicas, e em específico no campo do planejamento hidrelétrico e suas relações com a Amazônia, uma questão que emerge de maneira muito incisiva é a necessidade impreterível de revisão do modelo em curso – que segue o padrão extrativista, resgatando os apontamentos de Bunker (1984). Este atual modelo não incorpora efetivamente compromissos concretos com as localidades por ela afetadas/influenciadas, trazendo impactos, tanto do ponto de vista ambiental, quanto socioeconômico e cultural. Não existem relatos e estudos que atestem benefícios para os processos de desenvolvimento local a partir de nenhum caso de hidrelétricas na Amazônia. O caso de Belo Monte, sob o ponto de vista espacial, reforça tal constatação.

Neste modelo, ganha sempre a escala nacional, com o fortalecimento do sistema integrado, mas ganham também atores específicos, principalmente da esfera política e econômica, em sua maioria exógenos às localidades. Quem perde, invariavelmente, são os atores locais, tanto aqueles que conseguem obter algum benefício na etapa de *boom* do empreendimento, mas que precisam arcar sozinhos com os prejuízos do colapso que segue com o fim do período de instalação, quanto as populações mais vulneráveis que passam ao largo de todo o processo.

Esta tese, desta forma, não é concluída com uma recomendação de restrição a novas hidrelétricas na Amazônia, principalmente considerando o espectro de potencial ainda

passível de ser aproveitado – potencial este que deve ser avaliado criticamente à luz de outras soluções, a fim de tornar a matriz nacional de geração de energia de fato cada vez mais sustentável - mas sim com a compreensão de que é preciso um novo modelo, que de fato inclua, ouça, compreenda e considere os anseios, expectativas, desejos, visões de futuro da diversidade de atores que compõe cada localidade, tomando tais realidades como potenciais e não impedimentos, de maneira prévia à tomada de decisão sobre qualquer nova intervenção, com vistas à busca de um balanço entre os interesses nacionais, regionais e locais.

Embora em 2020, data da conclusão desta tese, esse cenário pareça estar cada vez mais distante e adquira um caráter quase utópico, trazer à tona e destacar tais indicações parece ser um movimento que se reveste de uma relevância ainda maior.

## REFERENCIAS

ABLAS, L. O “Estudo dos Eixos” como instrumento de planejamento regional. In: GONÇALVES, M. F.; BRANDÃO, C. A.; GALVÃO, A. C. (Ed.). **Regiões e cidades, cidades nas regiões: o desafio urbano-regional**. São Paulo: Editora UNESP: ANPUR, 2003. p. 171–186.

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de mudança do uso da terra na amazônia: explorando a heterogeneidade intra-regional**. 2006. INPE, 2006.

AGUIAR, A. P. D.; ASSIS, T.; FOLHES, R. T.; NORA, E. D.; SANTOS JR., R. A.; ALVES, D. Cenários de desmatamento para a Amazônia. In: VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; SANTOS JR., R. A. (Ed.). **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar**. Rio de Janeiro: Garamond, 2014. p. 251–297.

AGUIAR, A. P. D.; CARNEIRO, T.; ANDRADE, P.; ASSIS, T. LuccME-TerraMe: an open-source framework for spatially explicit land use change modelling. **GLP News**, v. 8, n. 8, p. 21–23, 2012. Disponível em: <[http://luccme.ccst.inpe.br/conteudo\\_pt/documents/GLP\\_news\\_march\\_2012.pdf](http://luccme.ccst.inpe.br/conteudo_pt/documents/GLP_news_march_2012.pdf)>.

AGUIAR, A. P. D.; LEAL, B.; MELO, D.; DALLA-NORA, E. L.; ASSIS, T. O. Trabalhando com LuccME 2.1 - guia do usuário. n. Versão 3.1, p. 25, 2017. Disponível em: <[http://luccme.ccst.inpe.br/conteudo\\_pt/downloads/LuccME\\_GuiaUsuario.pdf](http://luccme.ccst.inpe.br/conteudo_pt/downloads/LuccME_GuiaUsuario.pdf)>.

ALENCAR, A.; PIONTEKOWSKI, V. J.; CHARITY, S.; MARETTI, C. C. **Deforestation Scenarios in the Area of Influence of the Tapajós**. [s.l: s.n.].

ALMEIDA, C. A. de; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. dalla M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 3, p. 291–302, 2016.

ALVES, D. S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 14, p. 2903–2908, 2002.

ALVES, D. S. Two Cultures , Multiple Theoretical Perspectives : The Problem of Integration of Natural and Social Sciences in Earth System Research. **International Perspectives on Global Environmental Change**, v. 1, p. 3–24, 2012.

AMARAL, J. F.; SERRA, A. A.; ESTEVÃO, E. **Economia do Crescimento**. Coimbra: Edições Almedina, 2008.

ANEEL. **BIG- Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>.

ARAÚJO, R.; LÉNA, P. Da predação à sustentabilidade na Amazônia. In: **Desenvolvimento Sustentável e Sociedades na Amazônia**. [s.l.] Museu Paraense Emílio Goeldi, 2010. p. 13–53.

ARCADIS-TETRAPLAN. **Avaliação Ambiental Estratégica do Complexo do rio madeira**. [s.l: s.n.].

ASSUNÇÃO, J.; SZERMAN, D.; COSTA, F. **Sumários: Usinas Hidrelétricas no Brasil geram efeitos economicos locais diversos.** [s.l: s.n.].

ATHAYDE, S.; DUARTE, C. G.; GALLARDO, A. L. C. F.; MORETTO, E. M.; SANGOI, L. A.; DIBO, A. P. A.; SIQUEIRA-GAY, J.; SÁNCHEZ, L. E. Improving policies and instruments to address cumulative impacts of small hydropower in the Amazon. **Energy Policy**, v. 132, n. May, p. 265–271, 2019a. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.003>>.

ATHAYDE, S.; MATHEWS, M.; BOHLMAN, S.; BRASIL, W.; DORIA, C. R.; DUTKA-GIANELLI, J.; FEARNSIDE, P. M.; LOISELLE, B.; MARQUES, E. E.; MELIS, T. S.; MILLIKAN, B.; MORETTO, E. M.; OLIVER-SMITH, A.; ROSSETE, A.; VACCA, R.; KAPLAN, D. Mapping research on hydropower and sustainability in the Brazilian Amazon: advances, gaps in knowledge and future directions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 37, p. 50–69, 2019b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.06.004>>.

ATKINSON, S. F.; CANTER, L. W. Assessing the cumulative effects of projects using geographic information systems. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 5, p. 457–464, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2011.01.008>>.

AZAMBUJA, L. D. **A Geografia do Brasil na Educação Básica.** 2010. 1 Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

AZEREDO, M.; MIGUEL, A.; MONTEIRO, V.; ISABEL, M.; ESCADA, S.; FERREIRA, K. R.; VINHAS, L.; PINHEIRO, T. F. DA TERRA EM ESTUDOS DE DEGRADAÇÃO FLORESTAL Land-Cover Change Trajectory Mining in Forest Degradation Studies. p. 717–731, 2016.

BALL, M.; SOMERS, G.; WILSON, J. E.; TANNA, R.; CHUNG, C.; DURO, D. C.; SEITZ, N. Scale, assessment components, and reference conditions: Issues for cumulative effects assessment in Canadian watersheds. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 9, n. 3, p. 370–379, 2013.

BARAÚNA, G. M. Q. **Atingidos por barragens: conflitos socioambientais no rio Madeira.** 2014. Universidade Federal do Amazonas, 2014.

BARCELLOS, C.; XAVIER, D. R.; BULCÃO, J. A. S.; DE OLIVEIRA SILVA, H. V.; LUIGI, G.; DA SILVA, D. de S.; MOURA, F. H.; ROVERE, E. L. La. Health risk assessment associated with the implementation of the Madeira Hydroelectric Complex, Brazilian Amazon. **Ambiente e Sociedade**, v. 21, 2018.

BARRETO, P.; BRANDÃO JR, A.; MARTINS, H.; SILVA, D.; SOUZA JR, C.; SALES, M.; FEITOSA, T. **Risco de desmatamento associado à Hidrelétrica de Belo Monte.** [s.l: s.n.].

BARROS, N.; COLE, J. J.; TRANVIK, L. J.; PRAIRIE, Y. T.; BASTVIKEN, D.; HUSZAR, V. L. M.; DEL GIORGIO, P.; ROLAND, F. Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. **Nature Geoscience**, v. 4, n. 9, p. 593–596, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/ngeo1211>>.

BAUNI, V.; SCHIVO, F.; CAPMOURTERES, V.; HOMBERG, M. Ecosystem loss

assessment following hydroelectric dam flooding: The case of Yacyretá, Argentina. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 1, p. 50–60, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2015.06.003>>.

BECK, U.; BONSS, W.; LAU, C. The Modernization of Modern Society. **Theory, Culture & Society**, v. 20, n. 2, p. 1–33, 2003.

BECKER, B. K. **Amazônia**. São Paulo: Ed. Ática, 1990.

BECKER, B. K. Os eixos de integração e desenvolvimento e a Amazônia. **Revista Território**, p. 29–42, 1999.

BECKER, B. K. **Amazônia: Geopolítica na virada do III Milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

BECKER, B. K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 135–159, 2010.

BECKER, B. K. Reflexões sobre hidrelétricas na Amazônia: Água, energia e desenvolvimento. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Humanas**, v. 7, n. 3, p. 783–790, 2012.

BEINHOCKER, E. D. **The origin of wealth: evolution, complexity and the radical remaking of economics**. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press, 2006.

BEZERRA, F. G. S. Contribuição de fatores socioeconômicos, biofísicos e da agropecuária à degradação da cobertura vegetal como “proxy” da desertificação no semiárido do nordeste do Brasil. p. 207, 2016.

BIELING, C.; PLIENINGER, T.; SCHAICH, H. Patterns and causes of land change: Empirical results and conceptual considerations derived from a case study in the Swabian Alb, Germany. **Land Use Policy**, v. 35, p. 192–203, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.05.012>>.

BNDES. **Relatório de efetividade 2007-2014: A contribuição do BNDES para o desenvolvimento nacional**. [s.l.: s.n.].

BOILLAT, S.; SCARPA, F. M.; ROBSON, J. P.; GASPARRI, I.; AIDE, T. M.; AGUIAR, A. P. D.; ANDERSON, L. O.; BATISTELLA, M.; FONSECA, M. G.; FUTEMMA, C.; GRAU, H. R.; MATHEZ-STIEFEL, S. L.; METZGER, J. P.; OMETTO, J. P. H. B.; PEDLOWSKI, M. A.; PERZ, S. G.; ROBIGLIO, V.; SOLER, L.; VIEIRA, I.; BRONDIZIO, E. S. Land system science in Latin America: challenges and perspectives. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 26–27, n. January, p. 37–46, 2017.

BORGES, C. S. R. da F. .; FERREIRA, V. F. O processo de desflorestamento nas rodovias do estado do Pará: Um estudo de caso da rodovia Transamazônica (BR-230). In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, **Anais...**2011.

BORGES, L. R. M. **Políticas territoriais e o setor elétrico no Brasil: Análise dos efeitos da construção de hidrelétricas na Amazônia pelo Programa de Aceleração do Crescimento no período de 2007 a 2014**. 2018. Universidade de São Paulo (USP),

2018.

BORIONI, R.; GALLARDO, A. L. C. F.; SÁNCHEZ, L. E. Advancing scoping practice in environmental impact assessment: an examination of the Brazilian federal system. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 35, n. 3, p. 200–213, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/14615517.2016.1271535>>.

BORTOLETO, E. M. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discurso e impactos. **Geografares**, n. 2, p. 53–62, 2001.

BRANCO, E. A. **Capital Natural, Crescimento Econômico e Riqueza: reflexões a partir da abordagem e modelagem de sistemas complexos**. 2012. Universidade de São Paulo, 2012.

BRANCO, E. A.; ROQUETTI, D. R.; MORETTO, E. M. O sistema terrestre (land system) como plataforma de integração e interpretação das complexas relações ambiente-sociedade. **Sustentabilidade em Debate**, v. 8, n. n. 3, 2017.

BRANCO, S. M. **Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. 3º ed. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2014.

BRANDT, J.; PRIMDAHL, J.; REENBERG, A. Rural land-use and landscape dynamics - analysis of “driving forces” in space and time. **Land-use changes and their environmental impact in rural areas in Europe**, p. 81–102, 1999.

BRASIL. **Lei nº 1.806, de 6 de Janeiro de 1953 - Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a superintendência da sua execução e dá outras providências**. Rio de Janeiro, 1953. .

BRASIL. **II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975-1979). Lei nº 6.141, de 4 de dezembro de 1974** Brasília, 1974. .

BRESSER-PEREIRA, L. C. O Impasse da Energia. **Folha de São Paulo**, 7 jun. 2001. Disponível em: <<http://www.bresserpereira.org.br/articles/676energia.htm>>.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches**. West Virginia: Regional Research Institute, West Virginia University, 2000.

BROWDER, J. O.; PEDLOWSKI, M. A.; WALKER, R.; WYNNE, R. H.; SUMMERS, P. M.; ABAD, A.; BECERRA-CORDOBA, N.; MIL-HOMENS, J. Revisiting Theories of Frontier Expansion in the Brazilian Amazon: A Survey of the Colonist Farming Population in Rondônia’s Post-Frontier, 1992-2002. **World Development**, v. 36, n. 8, p. 1469–1492, 2008.

BUNKER, S. G. Modes of Extraction , Unequal Exchange , and the Progressive Underdevelopment of an Extreme Periphery : The Brazilian Amazon , 1600-1980. **American Journal of Sociology**, v. 89, n. 5, p. 1017–1064, 1984. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2779082>>.

BURGI, M.; HERSPERGER, A. M.; SCHNEEBERGER, N. Driving forces of landscape change - current and new directions. **Landscape Ecology**, v. 19, n. 8, p. 857–

868, 2005.

CALVI, M. F. **(Re)organização produtiva e mudanças na paisagem sob influência da hidrelétrica de Belo Monte**. 2019. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2019.

CAMASMIE ABE, K.; MIRAGLIA, S. G. E. K. Incidência de dengue e custos associados, nos períodos anterior (2000-2008) e posterior (2009-2013) à construção das usinas hidrelétricas em Rondônia. **Epidemiologia e serviços de saúde : revista do Sistema Unico de Saude do Brasil**, v. 27, n. 2, p. e2017232, 2018.

CAMILLIS, P. K. De; BUSSULAR, C. Z.; ANTONELLO, C. S. A agência a partir da Teoria Ator-Rede: reflexões e contribuições para as pesquisas em administração. **Organizações & Sociedade**, v. 23, n. 76, p. 73–91, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-92302016000100073&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-92302016000100073&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>.

CANTER, L.; ROSS, B. State of practice of cumulative effects assessment and management: The good, the bad and the ugly. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 28, n. 4, p. 261–268, 2010.

CARDILLE, J. A.; FOLEY, J. A. Agricultural land-use change in Brazilian Amazônia between 1980 and 1995: Evidence from integrated satellite and census data. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 551–562, 2003.

CARVALHO, D. N.; BONIOLO, M. R.; SANTOS, R. G.; BATISTA, L. V.; MALAVAZZI, A. A.; REIS, F. A. G. V.; GIORDANO, L. do C. Critérios usados na definição de áreas de influências, impactos e programas ambientais em estudos de impacto ambiental de usinas hidrelétricas brasileiras. v. 37, n. 3, p. 639–653, 2018. Disponível em: <[https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/37/volume37\\_3\\_files/37-3-artigo-13.pdf](https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/37/volume37_3_files/37-3-artigo-13.pdf)>.

CAVIGLIA-HARRIS, J.; SILLS, E.; BELL, A.; HARRIS, D.; MULLAN, K.; ROBERTS, D. Busting the Boom–Bust Pattern of Development in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 79, p. 82–96, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X15002697>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

CELENTANO, D.; SILLS, E.; SALES, M.; VERÍSSIMO, A. Welfare Outcomes and the Advance of the Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 40, n. 4, p. 850–864, abr. 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305750X11002245>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

CEQ. **Considering Cumulative Effects under NEPA**. [s.l: s.n.].

CHASE, N. T.; PIELKE, R. A.; AVISSAR, R. Teleconnections in the Earth System. In: ANDERSON, M. G. (Ed.). **Encyclopedia of hydrological sciences**. San Francisco: Wiley, 2006.

CHEN, G.; POWERS, R. P.; DE CARVALHO, L. M. T.; MORA, B. Spatiotemporal patterns of tropical deforestation and forest degradation in response to the operation of

the Tucuruí hydroelectric dam in the Amazon basin. **Applied Geography**, v. 63, p. 1–8, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622815001368>>.

CHEN, Y.; BAKKER, M.; LIGTENBERG, A.; BREGT, A. How Are Feedbacks Represented in Land Models? **Land**, v. 5, n. 3, p. 29, 2016. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-445X/5/3/29>>.

COCHRANE, S. M. V.; MATRICARDI, E. A. T.; NUMATA, I.; LEFEBVRE, P. A. Landsat-based analysis of mega dam flooding impacts in the Amazon compared to associated environmental impact assessments: Upper Madeira River example 2006–2015. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 7, n. September 2016, p. 1–8, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2017.04.005>>.

COOPER, T. A.; CANTER, L. W. Documentation of cumulative impacts in environmental impact statements. **Enviro Impact assess Rev.**, v. 9255, n. 97, p. 385–411, 1997.

COSIPLAN. **EID Peru-Brasil-Bolívia**. Disponível em: <<http://www.iirsa.org/Projects/GruposEje?eje=9&>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

COSTA, F. de A. Path dependency e a transformação agrária do bioma amazônico : o sentido econômico das capoeiras para o desenvolvimento sustentável. **Novos cadernos NAEA**, v. 7, n. 2, p. 111–158, 2004.

CRAWFORD, T. W.; MESSINA, J. P.; MANSON, S. M.; O’SULLIVAN, D. Complexity science, complex systems, and land-use research. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 32, n. 6, p. 792–798, 2005.

CROUZEILLES, R.; SANTIAMI, E.; ROSA, M.; PUGLIESE, L.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; METZGER, J. P.; CALMON, M.; SCARAMUZZA, C. A. d. M.; MATSUMOTO, M. H.; PADOVEZI, A.; BENINI, R. de M.; CHAVES, R. B.; METZKER, T.; FERNANDES, R. B.; SCARANO, F. R.; SCHMITT, J.; LUI, G.; CHRIST, P.; VIEIRA, R. M.; SENTA, M. M. D.; MALAGUTI, G. A.; STRASSBURG, B. B. N.; PINTO, S. There is hope for achieving ambitious Atlantic Forest restoration commitments. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 2, p. 80–83, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.04.003>>.

CRUZ, R. M. B.; GIL, L. H. S.; DE ALMEIDA E SILVA, A.; DA SILVA ARAÚJO, M.; KATSURAGAWA, T. H. Mosquito abundance and behavior in the influence area of the hydroelectric complex on the Madeira River, Western Amazon, Brazil. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 103, n. 11, p. 1174–1176, 2009.

DA SILVA JÚNIOR, O. M.; DOS SANTOS, M. A.; DOS SANTOS, L. S. Spatiotemporal patterns of deforestation in response to the building of the Belo Monte hydroelectric plant in the Amazon basin. **Interciencia**, v. 43, n. 2, p. 80–84, 2018.

DALLA-NORA, E. L. **Modeling The Interplay Between Global And Regional Drivers On Amazon Deforestation**. 2014. INPE, 2014.

DEARING, J. a.; BRAIMOH, A. K.; REENBERG, A.; TURNER, B. L.; VAN DER

LEEuw, S. Complex land systems: The need for long time perspectives to assess their future. **Ecology and Society**, v. 15, n. 4, 2010.

DOS SANTOS, E. A.; MEDEIROS, M. B.; FERREIRA, E. J. L.; SIMON, M. F.; OLIVEIRA, W. L.; COSTA, F. R. C. Palm distribution patterns in the southwestern Brazilian Amazon: Impact of a large hydroelectric dam. **Forest Ecology and Management**, v. 463, n. February, p. 118032, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118032>>.

DRUMMOND, J. A. Natureza rica, povos pobres? - questões conceituais e analíticas sobre o papel dos recursos naturais na prosperidade contemporânea. **Ambiente & Sociedade**, n. 10, p. 45–68, 2005.

ELETROBRAS. **Potencial Hidrelétrico Brasileiro em cada estágio por bacia hidrográfica**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/geracao/sipot/PotencialHidreletricoBrasileiroporBacia-Dezembro2016.pdf>>.

ELETROBRAS. **Potencial Hidrelétrico brasileiro em cada estágio, por bacia hidrográfica - SIPOT**. [s.l: s.n.].

ELLIS, E. C.; GOLDEWIJK, K. K.; SIEBERT, S.; LIGHTMAN, D.; RAMANKUTTY, N. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 5, p. 589–606, 2010.

EPE. Demanda de Energia 2050. p. 1- 232 [accessed February, 19 th 2016], 2014. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA\\_13-14\\_Demanda\\_de\\_Energia\\_2050.pdf](http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA_13-14_Demanda_de_Energia_2050.pdf)>.

EPE. BEN - Balanço energético nacional 2017 - Ano base 2016. v. 72, n. 10, p. 61–63, 2017.

ESCADA, M. I. S. **EVOLUÇÃO DE PADRÕES DA TERRA NA REGIÃO CENTRO-NORTE DE RONDÔNIA**. 2003. INPE, 2003.

EUROPEAN COMMISSION. **Guidance on EIA - EIS Review Environment Themes**. [s.l: s.n.].

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the Pharaohs in Amazonia. **Environmental Management**, v. 13, n. 4, p. 401–423, 1989.

FEARNSIDE, P. M. Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon as Sources of 'Greenhouse' Gases. **Environmental Conservation**, v. 22, n. 01, p. 7, 1995. Disponível em: <[http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0376892900034020](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0376892900034020)>.

FEARNSIDE, P. M. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. **Environmental Management**, v. 24, n. 4, p. 483–495, 1999.

FEARNSIDE, P. M. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental Management**, v. 27, n. 3, p. 377–396, 2001.

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. **Environmental Management**, v. 35, n. 1, p. 1–19, 2004.

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. **Environmental Management**, v. 35, n. 1, p. 1–19, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental Science and Policy**, v. 38, p. 164–172, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2013.11.004>>.

FEARNSIDE, P. M. Tropical hydropower in the clean development mechanism: Brazil's Santo Antônio Dam as an example of the need for change. **Climatic Change**, v. 131, n. 4, p. 575–589, 2015a.

FEARNSIDE, P. M. Emissions from tropical hydropower and the IPCC. **Environmental Science and Policy**, v. 50, p. 225–239, 2015b.

FEARNSIDE, P. M. Environmental and Social Impacts of Hydroelectric Dams in Brazilian Amazonia: Implications for the Aluminum Industry. **World Development**, v. 77, p. 48–65, 2016.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D.; TUNDISI, J. G. A complexidade do sistema ambiental e humano e sua relação com a sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate**, v. 6, n. 1, p. 37–52, 2015.

FLEURY, L. C.; ALMEIDA, J. A construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte: conflito ambiental e o dilema do desenvolvimento. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 4, p. 141–156, 2013.

FLEURY, L. C.; ALMEIDA, J.; PREMEBIDA, A. O ambiente como questão sociológica: conflitos ambientais em perspectiva. **Sociologias**, v. 16, n. 35, p. 34–82, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-45222014000100003&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222014000100003&lng=pt&tlng=pt)>.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTRÖM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D. P. M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337–342, 2011. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/nature10452>>.

FOLEY, J. a; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. a; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. a; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science (New York, N.Y.)**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 253–267, 2006.

FOLKE, C.; CARPENTER, S. R.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; CHAPIN, T.; ROCKSTRÖM, J. Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. **Ecology and Society**, v. 15, n. 4, 2010.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. 2º Ed. ed. [s.l.] Visual Books, 2008.

FRIIS, C.; NIELSEN, J. Ø.; OTERO, I.; HABERL, H.; NIEWÖHNER, J.; HOSTERT, P. From teleconnection to telecoupling: taking stock of an emerging framework in land system science. **Journal of Land Use Science**, v. 11, n. 2, p. 131–153, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2015.1096423>>.

FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A. J. **Economia Espacial: Urbanização, prosperidade econômica e desenvolvimento humano no mundo**. São Paulo: Editora Futura, 2002.

GALLARDO, A. L. C. F.; DA SILVA, J. C.; GAUDERETO, G. L.; SOZINHO, D. W. F. A avaliação de impactos cumulativos no planejamento ambiental de hidrelétricas na bacia do rio Teles Pires (região amazônica). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 43, p. 22–47, 2017.

GARRETT, R. D.; KOH, I.; LAMBIN, E. F.; LE POLAIN DE WAROUX, Y.; KASTENS, J. H.; BROWN, J. C. Intensification in agriculture-forest frontiers: Land use responses to development and conservation policies in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 53, n. October, p. 233–243, 2018.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. What Drives Tropical Deforestation. **Global Environmental Change**, v. 1, n. 1, p. 136, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/095937809090005T>>.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. **BioScience**, v. 52, n. 2, p. 143, 2002.

GEIST, H.; MCCONNELL, W.; LAMBIN, E. F.; MORAN, E.; ALVES, D.; RUDEL, T. Causes and Trajectories of Land-Use/Cover Change. In: LAMBIN, E. F.; GEIST, H. (Ed.). **Land-Use and Land-Cover Change**. [s.l.] Springer, 2006. p. 41–66.

GOLDENBERG, J.; PRADO, L. T. S. Reforma e crise do setor elétrico no período FHC. **Tempo soc**, v. 15, n. 2, p. 219–235, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20702003000200009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20702003000200009&lng=en&nrm=iso)>.

GOMES, C. S. **Desempenho de desenvolvimento de municípios afetados por usinas hidrelétricas: um estudo de quatro usinas dos rios Pelotas, Canoas e Uruguai**. 2014. Universidade de São Paulo, 2014.

GOSSELINK, J. G.; SHAFFER, G. P.; LEE, L. C.; BURDICK, D. M.; CHILDERS, D. L.; LEIBOWITZ, N. C.; HAMILTON, S. C.; BOUMANS, R.; CUSHMAN, D.; FIELDS, S.; KOCH, M.; VISSER, J. M. Landscape Conservation in a Forested Wetland Watershed. **BioScience**, v. 40, n. 8, p. 588–600, 1990.

GREIG, L. A.; DUINKER, P. N. Scenarios of Future Developments in Cumulative

Effects Assessment: Approaches for the Mackenzie Gas Project. p. 32, 2007.

GUERRA, A.; ROQUE, F. de O.; GARCIA, L. C.; OCHAO-QUINTERO, J. M. O.; OLIVEIRA, P. T. S. de; GUARIENTO, R. D.; ROSA, I. M. D. Drivers and projections of vegetation loss in the Pantanal and surrounding ecosystems. **Land Use Policy**, v. 91, n. August 2019, p. 104388, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104388>>.

GUTMAN, G.; JANETOS, A. C.; JUSTICE, C. O.; MORAN, E. F.; MUSTARD, J. F.; RINDFUSS, R. R.; SKOLE, D.; TURNER II, B. L.; COCHRANE, M. a. Land Change Science: Observing, Monitoring, and Understanding Trajectories of Change on the Earth's Surface. **Remote Sensing and Digital Image Processing**, v. 6, p. 482, 2004.

HARRIS, L. K. .; URREIZTIETA, L. F. Grappling with Cumulative Effects. In: KRAUSMAN, P. R. .; HARRIS, L. K. (Ed.). **Cumulative Effects in Wildlife Management: Impact mitigation**. Florida: Taylor & Francis Group, 2011. p. 3–15.

HARTMANN, S. The Word as a process: Simulations in the Natural and Social Sciences. In: HEGSELMANN, R.; MUELLER, U.; TROITZSCH, K. G. (Ed.). **Modelling and simulations in the social sciences: from the philosophy of science point of view**. [s.l.] Kluwer Academic Publishers, 1996. p. 77–100.

HECHT, J.; LACOMBE, G. **STATE of KNOWLEDGE: The Effects of Hydropower Dams on the Hydrology of the Mekong Basin**. [s.l.: s.n.].

HEGMANN, G. .; COCKLIN, C. .; CREASEY, R. .; DUPUIS, S. .; KENNEDY, A. .; KINGSLEY, L. .; ROSS, W. .; SPALING, H. .; STALKER, D. **Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide**. [s.l.] Canadian Environmental Assessment Agency, 1999.

HERSPERGER, A. M.; BÜRGI, M. Going beyond landscape change description: Quantifying the importance of driving forces of landscape change in a Central Europe case study. **Land Use Policy**, v. 26, n. 3, p. 640–648, 2009.

HIRSCHMAN, A. **Estratégia do desenvolvimento econômico**. Edição ori ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

HOUGHTON, R. A. The Extent Worldwide Land-use Change. **BioScience**, v. 44, n. 5, p. 305–313, 1994.

IBAMA. **Termo de Referência para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e o Respectivo Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA para o Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (PA)**. [s.l.: s.n.].

IBGE. **Monitoramento da Cobertura e Uso da terra no Brasil 2014-2016**. [s.l.: s.n.].

IBGE. **Metodologia**. Disponível em: <[https://www.ibge.gov.br/apps/monitoramento\\_cobertura\\_uso\\_terra/v1/](https://www.ibge.gov.br/apps/monitoramento_cobertura_uso_terra/v1/)>. Acesso em: 13 dez. 2019.

IGLIORI, D. **Spatial Economics of Conversation and Development: Tópicos on land use change in the Brazilian Amazon**. [s.l.] VDM Verlag Dr. Muller, 2009.

IHA. **Hydropower status report: sector trends and insights**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[www.hydropower.org](http://www.hydropower.org)>.

INESC. **Banco de dados - Hidrelétricas na Amazônia - Linha do Tempo**. Disponível em: <<http://amazonia.inesc.org.br/banco-de-dados-hidretricas-na-amazonia/>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

INPE. **PRODES - Desmatamento nos municípios**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>.

INPE. **A estimativa da taxa de desmatamento por corte raso para a Amazônia Legal em 2019 é de 9.762 km<sup>2</sup>**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/a-estimativa-da-taxa-de-desmatamento-por-corte-raso-para-a-amazonia-legal-em-2019-e-de-9-762-km2>>. Acesso em: 29 dez. 2019.

INTERNATIONAL-RIVERS;; MOVIMENTO-XINGU-VIVO-PARA-SEMPRE. **A lifetime of Injustice - The History of the Belo Monte Dam**. Disponível em: <<https://www.internationalrivers.org/resources/8359>>. Acesso em: 9 dez. 2019.

IPBES. **Summary for policymakers of methodological assessment of scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016.

JOHNSON, C. J. Defining and identifying cumulative environmental, health, and community impacts. In: MICHAEL P. GILLINGHAM; GREG R. HALSETH; CHRIS J. JOHNSON; MARGOT W. PARKES (Ed.). **The integration imperative: cumulative environmental, community and health effects of multiple natural resource developments**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. p. 21–45.

JOHNSON, T. A procedure for stepwise regression analysis. **Statistical Papers**, v. 33, n. 1, p. 21–29, dez. 1992. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF02925308>>.

JONES, F. C.; PLEWES, R.; MURISON, L.; MACDOUGALL, M. J.; SINCLAIR, S.; DAVIES, C.; BAILEY, J. L.; RICHARDSON, M.; GUNN, J. Random forests as cumulative effects models: A case study of lakes and rivers in Muskoka, Canada. **Journal of Environmental Management**, v. 201, p. 407–424, 2017.

JUNG, S.; RASMUSSEN, L. V.; WATKINS, C.; NEWTON, P.; AGRAWAL, A. Brazil's National Environmental Registry of Rural Properties: Implications for Livelihoods. **Ecological Economics**, v. 136, p. 53–61, 2017.

KATSURAGAWA, T. H.; CUNHA, R. P. de A.; DE SOUZA, D. C. A.; GIL, L. H. S.; CRUZ, R. B.; E SILVA, A. de A.; TADA, M. S.; DA SILVA, L. H. P. Malária e aspectos hematológicos em moradores da área de influência dos futuros reservatórios das hidrelétricas de santo antônio e jirau, Rondônia, Brasil. **Cadernos de Saude Publica**, v. 25, n. 7, p. 1486–1492, 2009.

KAUNDA, C. S.; KIMAMBO, C. Z.; NIELSEN, T. K. Hydropower in the Context of Sustainable Energy Supply: A Review of Technologies and Challenges. **ISRN**

**Renewable Energy**, v. 2012, p. 1–15, 2012. Disponível em:  
<<http://www.hindawi.com/journals/isrn/2012/730631/>>.

KAY, J. J. An introduction to systems thinking. In: WALTNER-TOEWS, D.; KAY, J. J.; LISTER, N. M. E. (Ed.). **The ecosystem approach: complexity, uncertainty and managing for sustainability**. [s.l.] Columbia University Press, 2008.

KILLEEN, T. J. **A Perfect Storm in the Amazon Wilderness: Development and Conservation in the Context of the Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America (IIRSA)**. [s.l.: s.n.]

KLEEMANN, J.; BAYSAL, G.; BULLEY, H. N. N.; FÜRST, C. Assessing driving forces of land use and land cover change by a mixed-method approach in north-eastern Ghana, West Africa. **Journal of Environmental Management**, v. 196, p. 411–442, 2017.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 45, p. 37–61, 2002.

KRUGMAN, P. Increasing returns and economic geography. **Journal of Political Economy**, v. 99, n. 3, p. 483–499, 1991.

KUBART, A. **Cumulative Effects Assessment (CEA) Methodology: Theory and Practice**. 2019. Stockholm University, 2019.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. Global land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, n. 4, p. 261–269, 2001.

LAMBIN, E. F.; TURNER, B. L.; GEIST, H. J.; AGBOLA, S. B.; ANGELSEN, A.; FOLKE, C.; BRUCE, J. W.; COOMES, O. T.; DIRZO, R.; GEORGE, P. S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E. F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P. S.; RICHARDS, J. F.; STEFFEN, W.; STONE, G. D.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T. A. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. v. 11, p. 261–269, 2001.

LATOURE, B. **Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica**. São Paulo: Editora 34, 1994.

LATOURE, B. Como terminar uma tese de sociologia: pequeno diálogo entre um aluno e seu professor (um tanto socrático). **Cadernos de Campo (São Paulo, 1991)**, v. 15, n. 14–15, p. 339, 2006.

LAWRENCE, D. P. Impact significance determination-Back to basics. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, n. 8, p. 755–769, 2007a.

LAWRENCE, D. P. Impact significance determination-Pushing the boundaries. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, n. 8, p. 770–788, 2007b.

LE TOURNEAU, F.-M. Is Brazil now in control of deforestation in the Amazon? **European journal of geography**, 2016.

LEIMBACH, M.; POPP, A.; LATZE-CAMPEN, H.; BAUER, N.; DIETRICH, J. P.;

KLEIN, D. Integrated assessment models – the interplay of climate change, agriculture and land use in a policy tool. In: DINAR, A.; MEDELSON, R. (Ed.). **Handbook on Climate Change and Agriculture**. [s.l.] Edward Elgar Publishing, 2011. p. 204–229.

LEITÃO, K. O. **A dimensão territorial do Programa de Aceleração do Crescimento : um estudo sobre o PAC no estado do Pará**. 2009. Universidade de São Paulo, 2009.

LEITE LIMA, M. A.; ROSA CARVALHO, A.; ALEXANDRE NUNES, M.; ANGELINI, R.; RODRIGUES DA COSTA DORIA, C. Declining fisheries and increasing prices: The economic cost of tropical rivers impoundment. **Fisheries Research**, v. 221, n. April 2019, p. 105399, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105399>>.

LEME ENGENHARIA. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau**. [s.l.: s.n.].

LEME ENGENHARIA. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte**. [s.l.: s.n.].

LEMOS, C. F. **Audiências Públicas, Participação Social e Conflitos Ambientais nos Empreendimentos Hidrelétricos: os casos de Tijuco Alto e Irapé**. 1999. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

LEMOS, C. F. de. **O Processo Sociotécnico de Eletrificação na Amazônia: articulações e contradições entre Estado, capital e território (1890 a 1990)**. 2007. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

LIU, J.; HULL, V.; BATISTELLA, M.; DEFRIES, R.; DIETZ, T.; FU, F.; HERTEL, T. W.; IZAURRALDE, R. C.; LAMBIN, E. F.; LI, S.; MARTINELLI, L. A.; MCCONNELL, W. J.; MORAN, E. F.; NAYLOR, R.; OUYANG, Z.; POLENSKE, K. R.; REENBERG, A.; DE, G.; ROCHA, M.; SIMMONS, C. S.; VERBURG, P. H.; VITOUSEK, P. M.; ZHANG, F.; ZHU, C.; LIU, J.; HULL, V.; BATISTELLA, M.; DEFRIES, R.; DIETZ, T.; FU, F.; HERTEL, T. W.; IZAURRALDE, R. C.; LAMBIN, E. F.; LI, S.; MARTINELLI, L. A.; MCCONNELL, W. J.; MORAN, E. F.; NAYLOR, R.; OUYANG, Z.; POLENSKE, K. R.; REENBERG, A.; DE, G.; SIMMONS, C. S.; VERBURG, P. H.; VITOUSEK, P. M.; ZHANG, F.; ZHU, C. Framing Sustainability in a Telecoupled World. **Ecology and Society**, v. 18, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5751/>>.

MADUREIRA, E. M. P. Desenvolvimento Regional: Principais Teorias. **Revista Thêma et Scientia** –, v. 5, n. 2, p. 8–23, 2015. Disponível em: <<http://www.themaetscientia.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/248>>.

MAGESH, N. S.; CHANDRASEKAR, N. Driving forces behind land transformations in the Tamiraparani sub-basin, South India. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 8, n. June, p. 12–19, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2017.07.003>>.

MAHAR, D. J. **Desenvolvimento Econômico da Amazônia: Uma análise das políticas governamentais**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1978.

MAPBIOMAS. MapBiomas General “Handbook” - Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Collection 3 Version 1.0. 2018. Disponível em: <[https://storage.googleapis.com/mapbiomas/base-de-dados/metodologia/colecao-3\\_0/1-ATBD-Collection-3-version-1.pdf](https://storage.googleapis.com/mapbiomas/base-de-dados/metodologia/colecao-3_0/1-ATBD-Collection-3-version-1.pdf)>.

MAPBIOMAS. MapBiomas General “Handbook” - Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). p. 42, 2019a. Disponível em: <[https://storage.googleapis.com/mapbiomas/mapbiomas-br/v4/ATBDs/ATBD\\_Collection\\_4\\_v1.pdf](https://storage.googleapis.com/mapbiomas/mapbiomas-br/v4/ATBDs/ATBD_Collection_4_v1.pdf)>.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 3.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil.**

MARCUCCI D.J. Landscape history as a planning tool. **Landscape and Urban Planning**, v. 49, n. January, p. 67–81, 2000.

MARIANO, D. A.; SANTOS, C. A. C. do.; WARDLOW, B. D.; ANDERSON, M. C.; SCHILTMAYER, A. V.; TADESSE, T.; SVOBODA, M. D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 213, n. September 2017, p. 129–143, 2018.

MARQUES, G. S. SPVEA: o Estado na crise do desenvolvimento regional amazônico (1953- 1966). **Revista Sociedade Brasileira de Economia Política**, n. 34, p. 163–198, 2013.

MAURANO, L. E. P. **Avaliação Da Qualidade Dos Dados Prodes: Estimativa E Regionalização Dos Erros De Mapeamento.** 2018. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3RL377B>>.

MAURANO, L. E. P.; ESCADA, M. I. S. Comparação Dos Dados Produzidos Pelo Prodes Versus Dados Do Mapbiomas Para O Bioma Amazônia. **Anais do XIX Simposio Brasileiro de Sensoramento Remoto**, p. 735–738, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/comparacao-dos-dados-produzidos-pelo-prodes-versus-dados-do-mapbiomas-para-o-bioma-amazonia>>.

MELLO, N. A. de. **Políticas públicas territoriais na Amazônia brasileira: conflitos entre conservação ambiental e desenvolvimento 1970 - 2000.** 2002. Universidade de São Paulo, 2002.

MERTENS, B.; LAMBIN, E. F. in Southern Cameroon. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 90, n. 3, p. 467–494, 2000. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/0004-5608.00205/abstract>>.

MEYFROIDT, P.; CHOWDHURY, R. R.; BREMOND, A. De; ELLIS, E. C.; ERB, K.; FILATOVA, T.; GARRETT, R. D.; GROVE, J. M.; HEINIMANN, A.; KUEMMERLE, T.; KULL, C. A.; LAMBIN, E. F.; LANDON, Y.; POLAIN, Y.; WAROUX, D.; MESSERLI, P.; MÜLLER, D.; NIELSEN, J. Ø.; PETERSON, G. D.; GARCÍA, V. R.; SCHLÜTER, M.; II, B. L. T.; VERBURG, P. H. Middle-range theories of land system change. **Global Environmental Change**, v. 53, n. March, p. 52–67, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.08.006>>.

- MILLER, J. H.; PAGE, S. E. **Complex Adaptative System: an introduction to computational models of social life.** [s.l.] Princeton University Press, 2007.
- MITCHELL, M. **Complexity: a guided tour.** New Yourk: Oxford University Press, 2009.
- MIYAMOTO, M.; MOHD PARID, M.; NOOR AINI, Z.; MICHINAKA, T. Proximate and underlying causes of forest cover change in Peninsular Malaysia. **Forest Policy and Economics**, v. 44, p. 18–25, 2014.
- MMA. **Lista de Municípios Prioritários da Amazônia.** Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/8645-lista-de-municípios-prioritários-da-amazônia.html>>. Acesso em: 20 set. 2019.
- MMA. **Avaliação Do Plano De Ação Para a Prevenção E Controle Do Desmatamento Da Amazônia Versão Preliminar.** [s.l: s.n.].
- MMA. **Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação: Parque Nacional Mapinguari.** Disponível em: <<http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=1633>>. Acesso em: 12 set. 2019b.
- MME. Plano Nacional de Energia 2030. Volume 3 - Geração Hidrelétrica. **Ministério das Minas e Energia**, v. 4, p. 324, 2007.
- MONASTERIO, L.; CAVALCANTE, L. R. Fundamentos do Pensamento Econômico Regional. In: CRUZ, B. O.; FURTADO, B. A.; MONASTERIO, L.; RODRIGUES JR, W. (Ed.). **Economia regional e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil.** Brasília: IPEA, 2011. p. 44–78.
- MONZONI, M.; PINTO, D. G. **Indicadores de Belo Monte: um dialogo entre condicionantes do licenciamento ambiental e o desenvolvimento local.** [s.l: s.n.].
- MORAES, M. **As ciências e suas práticas do ponto de vista da teoria ator-rede.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <[http://www.necso.ufrj.br/MM/As\\_Ciencias\\_e\\_suas\\_praticas.htm](http://www.necso.ufrj.br/MM/As_Ciencias_e_suas_praticas.htm)>.
- MORAN, E. F. Colonization in the Transamazon and Rondonia: Selected papers presented at the 32st Latin American Conference. In: SCHMINK, M.; WOOD, C. H. (Ed.). **Frontier expansion in Amazon.** Florida: University Press of Florida, 1991. p. 285–303.
- MORAN, E. F. Roads and Dams: Infrastructure-Driven Transformations in the Brazilian Amazon. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 207–220, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2016000200207&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2016000200207&lng=en&tlng=en)>.
- MORETTO, E. M.; GOMES, C. S.; ROQUETTI, D. R.; JORDÃO, C. D. O. Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: A antiga e atual fronteira amazônica. **Ambiente e Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 141–164, 2012.
- MOTTA, C. M. da. **O modelo neoliberal brasileiro e o setor elétrico:**

**reestruturações e crises (1995-2005)**. 2006. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC/SP, 2006.

MÜLLER, D.; SUN, Z.; VONGVISOUK, T.; PFLUGMACHER, D.; XU, J.; MERTZ, O. Regime shifts limit the predictability of land-system change. **Global Environmental Change**, v. 28, n. 1, p. 75–83, 2014.

MUNTEANU, C.; KUEMMERLE, T.; BOLTIZIAR, M.; BUTSIC, V.; GIMMI, U.; LÚBOŠ HALADA; KAIM, D.; KIRÁLY, G.; KONKOLY-GYURÓ, É.; KOZAK, J.; LIESKOVSKÝ, J.; MOJSES, M.; MÜLLER, D.; OSTAFIN, K.; OSTAPOWICZ, K.; SHANDRA, O.; ŠTYCH, P.; WALKER, S.; RADELOFF, V. C. Forest and agricultural land change in the Carpathian region-A meta-analysis of long-term patterns and drivers of change. **Land Use Policy**, v. 38, p. 685–697, 2014.

MYRDAL, G. **Teoria econômica e regiões subdesenvolvidas**. Edição ori ed. Lisboa: Editora Saga, 1965.

NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; STICKLER, C.; ALENCAR, A.; AZEVEDO, A.; SWETTE, B.; BEZERRA, T.; DIGIANO, M.; SHIMADA, J.; SEROA DA MOTTA, R.; ARMIJO, E.; CASTELLO, L.; BRANDO, P.; HANSEN, M. C.; MCGRATH-HORN, M.; CARVALHO, O.; HESS, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 1118 LP – 1123, 6 jun. 2014. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/344/6188/1118.abstract>>.

NETO, J. Q. de M.; HERRERA, J. A. Altamira-PA: novos papéis de centralidade e reestruturação urbana a partir da instalação da UHE Belo Monte. **Revista franco-brasileira de geografia**, n. 28, 2016.

NIJKAMP, P. Ceteris paribus, spatial complexity and spatial equilibrium. An interpretative perspective. **Regional Science and Urban Economics**, v. 37, n. 4, p. 509–516, 2007.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; BORMA, L. S.; CASTILLA-RUBIO, J. C.; SILVA, J. S.; CARDOSO, M. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 2016.

NOBRE, I.; NOBRE, C. A. The Amazonia Third Way Initiative: The Role of Technology to Unveil the Potential of a Novel Tropical Biodiversity-Based Economy. In: **Land Use - Assessing the Past, Envisioning the Future**. [s.l.] IntechOpen, 2019.

O’SULLIVAN, D.; MANSON, S. M.; MESSINA, J. P.; CRAWFORD, T. W. Space, Place, and Complexity Science. **Environment and Planning A**, v. 38, n. 4, p. 611–617, 2006. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a3812>>.

OJIMA, D. S.; GALVIN, K. A.; TURNER, B. L. I. I. The global impact of land-use change. **BioScience**, v. 44, n. 5, p. 300–304, 1994.

ONS. **CAPACIDADE INSTALADA NO SIN - 2018 / 2023**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/pt/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>>. Acesso em: 3 out. 2019.

PAGE, S. E. **Understanding Complexity** Chantilly, VA: The Teaching Company, , 2009. .

PELLIN, A.; DE LEMOS, C. C.; TACHARD, A.; DE OLIVEIRA, I. S. D.; DE SOUZA, M. P. Avaliação ambiental estratégica no brasil: Considerações a respeito do papel das agencies multilaterais de desenvolvimento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 27–36, 2011.

PERROUX, F. O conceito de pólo de desenvolvimento. In: SCHWARTZMAN, J. (Ed.). **Economia regional: textos escolhidos**. Edição Ori ed. Belo Horizonte: Cedeplar, 1977. p. 145–156.

PINHEIRO, T. F. **Padrões e trajetórias de degradação florestal em fronteiras madeireiras da Amazônia**. 2015. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3KMS44B>>.

PINTO, L. F. Capítulo 4 - Grandezas e misérias da energia e da mineração no Pará. In: SEVÁ FILHO, A. O. (Ed.). **Tenotã- Mõ: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu**. 1º ed. São Paulo: IRN - International Rivers Network, 2005. p. 286.

PLANEJAMENTO, M. do. **Sobre o PAC - Programa de Aceleração do Crescimento**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 12 out. 2019.

PLIENINGER, T.; DRAUX, H.; FAGERHOLM, N.; BIELING, C.; BÜRGI, M.; KIZOS, T.; KUEMMERLE, T.; PRIMDAHL, J.; VERBURG, P. H. The driving forces of landscape change in Europe: A systematic review of the evidence. **Land Use Policy**, v. 57, p. 204–214, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.040>>.

PULICE, S. M. P. **A compensação financeira e o desenvolvimento de municípios brasileiros alagados por usinas hidrelétricas**. 2016. Universidade de São Paulo, 2016.

PULICE, S. M. P.; BRANCO, E. A.; GALLARDO, A. L. C. F.; ROQUETTI, D. R.; MORETTO, E. M. Evaluating Monetary-Based Benefit-Sharing as a Mechanism to Improve Local Human Development and its Importance for Impact Assessment of Hydropower Plants in Brazil. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 21, n. 1, 2019.

QASIM, M.; HUBACEK, K.; TERMANSEN, M. Underlying and proximate driving causes of land use change in district Swat, Pakistan. **Land Use Policy**, v. 34, p. 146–157, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.02.008>>.

RAILSBACK, S. F.; GRIMM, V. **Agent-based and Individual-based Modelling: A practical introduction**. [s.l.] Princeton University Press, 2010.

RASKIN, P. D. Global scenarios: Background review for the Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems**, v. 8, n. 2, p. 133–142, 2005.

RAYNAUT, C. Interdisciplinaridade: mundo contemporâneo, complexidade e desafios à produção e aplicação de conhecimentos. In: PHILIPPI JR., A.; NETO, A. J. S. (Ed.). **Interdisciplinaridade em Ciência, tecnologia & Inovação**. 1º ed. [s.l.: s.n.]

RINDFUSS, R. R.; ENTWISLE, B.; WALSH, S. J.; AN, L.; BADENOCH, N.; BROWN, D. G.; DEADMAN, P.; EVANS, T. P.; FOX, J.; GEOGHEGAN, J.; GUTMANN, M.; KELLY, M.; LINDERMAN, M.; LIU, J.; MALANSON, G. P.; MENA, C. F.; MESSINA, J. P.; MORAN, E. F.; PARKER, D. C.; PARTON, W.; PRASARTKUL, P.; ROBINSON, D. T.; SAWANGDEE, Y.; VANWEY, L. K.; VERBURG, P. H. Land use change: complexity and comparisons. **Journal of Land Use Science**, v. 3, n. 1, p. 1–10, 2008.

RINDFUSS, R. R.; WALSH, S. J.; TURNER, B. L.; FOX, J.; MISHRA, V. Developing a science of land change: Challenges and methodological issues. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 39, p. 13976–13981, 2004. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0401545101>>.

RODRIGUES, A. S. L.; EWERS, R. M.; PARRY, L.; SOUZA, C.; VERÍSSIMO, A.; BALMFORD, A. Boom-and-Bust Development Patterns Across the Amazon Deforestation Frontier. **Science**, v. 324, n. 5933, 2009. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/324/5933/1435?sid=b0eb2a22>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

RODRIGUES, S. B.; FREITAS, M. G.; CAMPOS-FILHO, E. M.; DO CARMO, G. H. P.; DA VEIGA, J. M.; JUNQUEIRA, R. G. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeded and colonizing species guarantee successful early restoration of South Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 451, n. May, p. 117559, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117559>>.

ROQUETTI, D. R. **Empreendimentos hidrelétricos e a complexidade de sistemas socioecológicos locais: o caso da usina hidrelétrica de Barra Grande**. 2013. Universidade de São Paulo, 2013.

ROQUETTI, D. R. **Mudam as pessoas, mudam os lugares: transformações ambientais e nos modos de vida de populações deslocadas por barragem**. 2018. Universidade de São Paulo, 2018.

ROQUETTI, D. R.; BEDUSCHI, L. E. C.; PULICE, S. M. P.; ZUCA, N. L.; PRAIA, A. S.; MORETTO, E. M. **Reflexões Teóricas Sobre Usinas Hidrelétricas e Desenvolvimento Local** Anais Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade Brasília 7º Encontro Nacional da ANPPAS, , 2015. .

ROUNSEVELL, M. D. A.; PEDROLI, B.; ERB, K. H.; GRAMBERGER, M.; BUSCK, A. G.; HABERL, H.; KRISTENSEN, S.; KUEMMERLE, T.; LAVOREL, S.; LINDNER, M.; LOTZE-CAMPEN, H.; METZGER, M. J.; MURRAY-RUST, D.; POPP, A.; PÉREZ-SOBA, M.; REENBERG, A.; VADINEANU, A.; VERBURG, P. H.; WOLFSLEHNER, B. Challenges for land system science. **Land Use Policy**, v. 29, n. 4, p. 899–910, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.01.007>>.

RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; AGUIAR, D. A.; MOREIRA, M. A.; MELLO, M. P.; FABIANI, L.; AMARAL, D. F.; PIRES, B. M. The soy moratorium in the Amazon biome monitored by remote sensing images. **Remote Sensing**, v. 3, n. 1, p. 185–202, 2011.

RUFIN, P.; GOLLNOW, F.; MÜLLER, D.; HOSTERT, P. Synthesizing dam-induced land system change. *Ambio*, v. 48, n. 10, p. 1183–1194, 8 out. 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s13280-018-01144-z>>.

SACHS, I. Prefácio. In: **VEIGA, J. E. Desenvolvimento Sustentável: O Desafio do Século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2005.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, K. S. M. .; LINGNAU, C. Desmatamento no entorno da Rodovia Transamazônica no Estado do Pará e a importância de Áreas Protegidas. In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR, **Anais...2017**.

SATHLER, D.; ADAMO, S. B.; LIMA, E. E. C. Deforestation and local sustainable development in Brazilian Legal Amazonia: An exploratory analysis. **Ecology and Society**, v. 23, n. 2, 2018.

SCHIELEIN, J.; BÖRNER, J. Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 76, n. May, p. 81–94, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.052>>.

SCHMELTZER, C. **O que são sistemas complexos?** Disponível em: <<http://dwh.com.br/pt-br/noticias/o-que-sao-sistemas-complexos>>. Acesso em: 19 set. 2014.

SHINN, T. Desencantamento da modernidade e da pós-modernidade: diferenciação, fragmentação e a matriz de entrelaçamento. **Scientiae Studia**, v. 6, n. 1, p. 43–81, 2008.

SILVA, J. M. C. da; PRASAD, S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. The impact of deforestation, urbanization, public investments, and agriculture on human welfare in the Brazilian Amazonia. **Land Use Policy**, v. 65, p. 135–142, jun. 2017. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264837716307256>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

SILVA, J. S. da. **Desenvolvimento & socioambientalismo: uma análise do discurso jornalístico de O Liberal e Diário do Pará sobre a usina hidrelétrica de Belo Monte**. 2012. Universidade Federal do Pará, 2012.

SILVA, E. C. Desenvolvimento Da Amazônia: a Complexa Relação Entre O Nacional E O Regional. **Holos**, v. 30, n. 5, p. 182, 2014.

SILVA JÚNIOR, O. M. da. **Empreendimentos de geração hidrelétrica na Amazônia: desmatamento em áreas de uso restrito e gestão de áreas protegidas**. 2018. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

SILVA, R. G. da C. **Dinâmicas territoriais em Rondônia: conflitos na produção e uso do território no período de 1970 - 2010**. 2010. Universidade de São Paulo, 2010.

SIMÕES, R. F.; LIMA, A. C. C. **Teorias do desenvolvimento regional e suas implicações de política econômica no pós-guerra: o caso do Brasil**. [s.l: s.n.].

Disponível em:

<<http://www.bnb.com.br/content/aplicacao/eventos/forumbnb2009/docs/teoria.pdf>>.

SOUZA, A.; MONTEIRO, A. M. V.; RENNÓ, C. D.; ALMEIDA, C. A.; VALERIANO, D. de M.; MORELLI, F.; VINHAS, L.; MAURANO, L. E. P.; ADAMI, M.; ESCADA, M. I. S.; DA MOTTA, M.; AMARAL, S. Metodologia Utilizada nos Projetos PRODES e DETER. p. 1–33, 2019. Disponível em: <[http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia\\_Prodes\\_Deter\\_revisada.pdf](http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia_Prodes_Deter_revisada.pdf)>.

SOZINHO, D. W. F. **Planejamento Hidrelétrico em bacias hidrográficas da Amazônia: Análise dos serviços ecossistêmicos**. 2019. Universidade Federal do ABC, 2019.

STERNBERG, H. O. Reflexões sobre o desenvolvimento e o futura da Amazônia. In: **Estudos Amazônicos: Dinâmica Natural e Impactos Socioambientais**. São Paulo: EDUSP, 2012. p. 248.

SUTHERLAND, G. D.; WATERHOUSE, F. L.; SMITH, J.; SAUNDERS, S. C.; PAIGE, K.; MALT, J. Developing a systematic simulation-based approach for selecting indicators in strategic cumulative effects assessments with multiple environmental valued components. **Ecological Indicators**, 2016.

SWITKES, G.; BONILHA, P. **Muddy Waters: consequences of damming the amazon's principal tributary**. [s.l.: s.n.].

TEGEGNE, Y. T.; LINDNER, M.; FOBISSIE, K.; KANNINEN, M. Evolution of drivers of deforestation and forest degradation in the Congo Basin forests: Exploring possible policy options to address forest loss. **Land Use Policy**, v. 51, p. 312–324, 2016.

TEIXEIRA, I. M. V. **O uso da Avaliação Ambiental Estratégica no Planejamento da Oferta de Blocos para Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural no Brasil: uma proposta**. 2008. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

TEIXEIRA, Z.; TEIXEIRA, H.; MARQUES, J. C. Science of the Total Environment Systematic processes of land use / land cover change to identify relevant driving forces: Implications on water quality. **Science of the Total Environment**, The, v. 470–471, p. 1320–1335, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.098>>.

THALÊS, M.; POCCARD-CHAPUIS, R. Dinâmica espaço-temporal das frentes pioneiras no Estado do Pará. **Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia**, n. 22, 2014.

THERIVEL, R.; ROSS, B. Cumulative effects assessment: Does scale matter? **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, n. 5, p. 365–385, 2007.

THÉRY, H.; MELLO, N. A. de. **Atlas do Brasil: Disparidades e Dinâmicas do território**. São Paulo / SP: Editora da Universidade de São Paulo - EDUSP, 2005. v. 53

TOLEDO, P. M. de; DALLA-NORA, E.; VIEIRA, I. C. G.; AGUIAR, A. P. D.; ARAÚJO, R. Development paradigms contributing to the transformation of the

Brazilian Amazon: do people matter? **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 26–27, p. 77–83, 2017.

TOLOSA, H. C. Pólos de Crescimento: Teoria e Política Econômica. In: HADDAD, P. (Ed.). **Planejamento Regional. Métodos e aplicação ao caso brasileiro**. Rio de Janeiro: IPEA, 1972.

TRITSCH, I.; ARVOR, D. Transition in environmental governance in the Brazilian Amazon: emergence of a new pattern of socio-economic development and deforestation. **Land Use Policy**, v. 59, p. 446–455, dez. 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264837716305774>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

TRIVELATO, G. C. Técnicas de modelagem e simulação de sistemas dinâmicos. p. 20, 2003.

TROTTER, I. M. **Aglomerção Econômica: Transbordamento Econômico de Barragens Hidrelétricas no Brasil**. [s.l.: s.n.].

TUFFANI, M. Desmatamento na Amazônia é o maior em 11 anos e alcança 20% da floresta. **Direto da Ciência**, 2019. Disponível em: <<http://www.diretodaciencia.com/2019/11/18/desmatamento-na-amazonia-e-o-maior-em-11-anos-e-alcanca-20-da-floresta/>>.

TURNER, B. L.; GEOGHEGAN, J.; LAWRENCE, D.; RADEL, C.; SCHMOOK, B.; VANCE, C.; MANSON, S.; KEYS, E.; FOSTER, D.; KLEPEIS, P.; VESTER, H.; ROGAN, J.; ROY CHOWDHURY, R.; SCHNEIDER, L.; DICKSON, R.; OGENVA-HIMMELBERGER, Y. Land system science and the social-environmental system: The case of Southern Yucatán Peninsular Region (SYPR) project. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 19, p. 18–29, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2015.08.014>>.

TURNER, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 52, p. 20666–20671, 26 dez. 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18093934>>. Acesso em: 19 set. 2017.

TURNER, B. L.; ROBBINS, P. Land-Change Science and Political Ecology: Similarities, Differences, and Implications for Sustainability Science. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 33, n. 1, p. 295–316, 2008.

TURNER, B. L.; SKOLE, D.; SANDERSON, S.; FISCHER, G.; FRESCO, L.; LEEMANS, R. **Land-Use and Land-Cover Change: science/research plan** International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm; Report, 35, , 1995. .

TURNER II, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. **Proc Natl Acad Sci U S A**. **2007 Dec 26;104(52):20666-71. Epub 2007 Dec 19**, v. 105, n. 128, p. 12501–12504, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.91.26.12501>>.

TURNER II, B. L.; MEYER, W. B. Global Land Use and Land Cover Change: An

Overview. In: MEYER, W. B.; TURNER II, B. L. (Ed.). **Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. p. 3–10.

UMBUZEIRO, A. U. B. **Altamira e sua história**. Belém / PA: Ponto Press, 2012.

VAINER, C. B.; ARAÚJO, F. G. B. **Grandes Projetos Hidrelétricos e Desenvolvimento Regional**. Rio de Janeiro: CEDI Centro Ecumênico de Documentação e Informação, 1992.

VAN TY, T.; SUNADA, K.; ICHIKAWA, Y. A spatial impact assessment of human-induced intervention on hydrological regimes: A case study in the upper Srepok river basin, central highlands of vietnam. **International Journal of River Basin Management**, v. 9, n. 2, p. 103–116, 2011.

VAN VLIET, J.; DE GROOT, H. L. F.; RIETVELD, P.; VERBURG, P. H. Manifestations and underlying drivers of agricultural land use change in Europe. **Landscape and Urban Planning**, v. 133, p. 24–36, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.09.001>>.

VERBURG, P. H. Simulating feedbacks in land use and land cover change models. **Landscape Ecology**, v. 21, n. 8, p. 1171–1183, 2006.

VERBURG, P. H.; CROSSMAN, N.; ELLIS, E. C.; HEINIMANN, A.; HOSTERT, P.; MERTZ, O.; NAGENDRA, H.; SIKOR, T.; ERB, K. H.; GOLUBIEWSKI, N.; GRAU, R.; GROVE, M.; KONATÉ, S.; MEYFROIDT, P.; PARKER, D. C.; CHOWDHURY, R. R.; SHIBATA, H.; THOMSON, A.; ZHEN, L. Land system science and sustainable development of the earth system: A global land project perspective. **Anthropocene**, v. 12, p. 29–41, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2015.09.004>>.

VERBURG, P. H.; ERB, K. H.; MERTZ, O.; ESPINDOLA, G. Land System Science: Between global challenges and local realities. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 5, p. 433–437, 2013a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.08.001>>.

VERBURG, P. H.; KOK, K.; PONTIUS JR., R. G.; VELDKAMP, A. Modelling land-use and land-cover change. In: LAMBIN, E. F.; GEIST, H. (Ed.). **Land-Use and Land-Cover Change: Local Process and Global Impacts**. [s.l.] Global Change - The IGBP Series, 2006.

VERBURG, P. H.; MERTZ, O.; ERB, K. H.; HABERL, H.; WU, W. Land system change and food security: Towards multi-scale land system solutions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 5, p. 494–502, 2013b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.003>>.

VERBURG, P. H.; VAN BERKEL, D. B.; VAN DOORN, A. M.; VAN EUPEN, M.; VAN DEN HEILIGENBERG, H. a R. M. Trajectories of land use change in Europe: A model-based exploration of rural futures. **Landscape Ecology**, v. 25, n. 2, p. 217–232, 2010.

VIEIRA, R. R. S.; PRESSEY, R. L.; LOYOLA, R. The residual nature of protected areas in Brazil. **Biological Conservation**, v. 233, n. November 2018, p. 152–161, 2019.

VOINOV, A. **System science and modeling for ecological economics**. [s.l.] Academic Press, 2008.

WANG, D.; CHENG, H.; HAO, F.; ZENG, A.; WU, J.; GONG, L. Dynamic simulation on the spatio-temporal patterns of land use in the area of continued hydropower station construction in the upper reach of yellow river. **International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)**, v. 4, n. 1, p. 711–714, 2008.

WANG, Y.; ZIV, G.; ADAMI, M.; MITCHARD, E.; BATTERMAN, S. A.; BUERMANN, W.; SCHWANTES MARIMON, B.; MARIMON JUNIOR, B. H.; MATIAS REIS, S.; RODRIGUES, D.; GALBRAITH, D. Mapping tropical disturbed forests using multi-decadal 30 m optical satellite imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 221, n. October 2018, p. 474–488, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.028>>.

WCD. **Dams and Development: A New Framework for Decision-Making**. [s.l.: s.n.].

WEC. **World Energy Resources: Hydropower**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources\\_Hydropower\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources_Hydropower_2016.pdf)>.

WEINHOLD, D.; REIS, E. J.; VALE, P. M. Boom-bust patterns in the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, v. 35, p. 391–399, nov. 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378015300492>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

WOOD, R.; HANDLEY, J. Landscape Dynamics and the Management of Change Landscape Dynamics and the Management of Change. **Landscape Research**, v. 6397, n. February 2013, p. 37–41, 2010.

YEO, I.-Y.; HUANG, C. Revisiting the forest transition theory with historical records and geospatial data: A case study from Mississippi (USA). **Land Use Policy**, v. 32, p. 1–13, 2013.

ZARFL, C.; LUMSDON, A. E.; BERLEKAMP, J.; TYDECKS, L.; TOCKNER, K. A global boom in hydropower dam construction. **Aquatic Sciences**, v. 77, n. 1, p. 161–170, 2015.

ZHANG, J.; XU, L.; LI, X. Review on the externalities of hydropower: A comparison between large and small hydropower projects in Tibet based on the CO2 equivalent. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 176–185, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032115004207>>.

ZHAO, Q.; LIU, S.; DONG, S. Effect of Dam Construction on Spatial-Temporal Change of Land Use: A Case Study of Manwan, Lancang River, Yunnan, China. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 852–858, 2010.

ZUREK, M. B.; HENRICHS, T. Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 8, p. 1282–1295, 2007.

Anexo 1 – Descrição das Classes de Uso e Cobertura da Terra, conforme Mapbiomas (2018).

Classe		Descrição
Formação Florestal (Amazônia)		Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Sempre-Verde, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Savana Arborizada, Áreas que sofreram ação do fogo ou exploração madeireira, Floresta resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial de vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes de vegetação primária. Floresta Ombrófila Aberta Aluvial estabelecida ao longo dos cursos de água, ocupa as planícies e terraços periodicamente ou permanentemente inundados, que na Amazônia constituem fisionomias de matas-de-várzea ou matas-de-igapó, respectivamente.
Formação Natural Não Florestal		Savana, Savana Parque (Marajó), Savana-Estépica (Roraima), Savana Gramíneo-Lenhosa, Campinarana
Pastagem		Áreas de pastagens, naturais ou plantadas, vinculadas a atividade agropecuária. Em especial nos biomas Pampa e Pantanal, uma parte da área classificada como Formação Campestre inclui também áreas pastejadas.
Agricultura Anual e Perene		Áreas predominantemente ocupadas com cultivos anuais e, em algumas regiões (principalmente para a região Nordeste) com a presença de cultivos perenes.
Mosaico de Agricultura com Pastagem		Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
Área não Vegetada	Infraestrutura Urbana	Áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e construções.
	Mineração	Áreas referentes a extração mineral de grande porte, havendo clara exposição do solo por ação de maquinário pesado. Somente são consideradas áreas pertencentes a malha digital do DNPM (SIGMINE).
	Outra Área não Vegetada	Áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes <sup>161</sup>

<sup>161</sup> Descrição informada via contato pessoal, via email, com Tasso Azevedo, coordenador geral do projeto Mapbiomas. O handbook do projeto Mapbiomas traz, de maneira equivocada, a mesma descrição da classe “Infraestrutura Urbana”.

**Anexo 2 – Municípios do grupo do entorno (referência para análise regional)**

<b>Usina Hidrelétrica</b>	<b>Municípios do grupo do entorno</b>		<b>UF</b>
"Complexo" Jirau - Santo Antônio	1	Canutama	AM
	2	Humaitá	AM
	3	Lábrea	AM
	4	Alto Paraíso	RO
	5	Ariquemes	RO
	6	Buritis	RO
	7	Campo Novo de Rondônia	RO
	8	Candeias do Jamari	RO
	9	Cujubim	RO
	10	Guajará-Mirim	RO
	11	Itapuã do Oeste	RO
	12	Monte Negro	RO
	13	Nova Mamoré	RO
	14	Porto Velho	RO
	15	Rio Crespo	RO
Belo Monte	1	Altamira	PA
	2	Anapu	PA
	3	Brasil Novo	PA
	4	Gurupá	PA
	5	Medicilândia	PA
	6	Melgaço	PA
	7	Novo Repartimento	PA
	8	Pacajá	PA
	9	Portel	PA
	10	Porto de Moz	PA
	11	Prainha	PA
	12	Senador José Porfírio	PA
	13	Uruará	PA
	14	Vitória do Xingu	PA

### Anexo 3 – Áreas Protegidas com interface com os *buffers* a partir das hidrelétricas

#### ► “Complexo” Jirau – Santo Antônio

Terras Indígenas	TI-1	Caititu
	TI-2	Karitiana
	TI-3	Karipuna
	TI-4	Igarapé Ribeirão
	TI-5	Igarapé Lage
Unidades de Conservação de Proteção Integral	UCPI-1	Parque Nacional Mapinguari
	UCPI-2	Estação Ecológica Cuniã
	UCPI-3	Estação Ecológica Samuel
	UCPI-4	Parque Estadual de Guajará-Mirim
Unidades de Conservação de Uso Sustentável	UCUS-1	Floresta Nacional do Iquiri
	UCUS-2	Reserva Extrativista Ituxi
	UCUS-3	Floresta Nacional de Balata-Tufari
	UCUS-4	Reserva Extrativista do Lago do Cuniã
	UCUS-5	Floresta Estadual de Rendimento Sustentado do Rio Madeira “B”
	UCUS-6	Área de Proteção Ambiental do Rio Madeira
	UCUS-7	Floresta Estadual de Rendimento Sustentado Rio Vermelho
	UCUS-8	Floresta Estadual de Jacundá
	UCUS-9	Floresta Nacional do Jamari
	UCUS-10	Floresta Nacional do Bom Futuro
	UCUS-11	Reserva Extrativista Jaci-Paraná
	UCUS-12	Reserva Extrativista do Rio Outro Preto

#### ► Belo Monte

Terras Indígenas	TI-1	Paquiçamba
	TI-2	Arara da Volta Grande do Xingu
	TI-3	Arara do Pará
	TI-4	Kararaô
	TI-5	Koatinemo
	TI-6	Araweté Igarapé Ipixuna
	TI-7	Trincheira Bacajá
Unidades de Conservação de Proteção Integral	UCPI-1	Refúgio da Vida Silvestre Tabuleiro do Embaubal
	UCPI-2	Estação Ecológica da Terra do Meio
Unidades de Conservação de Uso Sustentável	UCUS-1	Reserva Extrativista verde para Sempre
	UCUS-2	Floresta Nacional de Caxiuanã
	UCUS-3	Reserva de Desenvolvimento Sustentável Vitória de Souzel
	UCUS-4	Reserva Extrativista do Rio Xingu

#### Anexo 4 – Lista de variáveis explicativas candidatas e correlação (Spearman)

<b>Cod.</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Fonte</b>
dist_dren	Distância (euclidiana) a rede de drenagem	ANA
dist_rod1	Distância (euclidiana) a estradas	PNLT (2008)
dist_malha	Distância (euclidiana) a malha urbana (face)	IBGE
dist_p_mad	Distância (euclidiana) a polos madeireiros	IMAZON
dist_r_iso	Distância (euclidiana) a comunidades rurais isoladas	IBGE
a_embarg	Áreas embargadas	IBAMA
dist_a_emb	Distância (euclidiana) as áreas embargadas	IBAMA
a_pprop	Pequenas Propriedades, a partir dos polígonos.....	INCRA
dist_pprop	Distância (euclidiana) aos polígonos de pequenas propriedades - menos de 4 módulos fiscais (módulo fiscal considerado de 75ha)	INCRA
a_parc	Áreas com parcelamentos regularizados	MMA
dist_parc	Distância (euclidiana) a áreas com parcelamentos regularizados	INCRA
a_fp	Florestas públicas	MMA
a_TI	Terras Indígenas	MMA
dist_TI	Distância (euclidiana) as terras indígenas	MMA
a_UC	Unidades de Conservação (Proteção integral e Uso Sustentável, nos níveis federal, estadual e municipal)	MMA
dist_UC	Distância (euclidiana) a Unidades de Conservação (Proteção integral e Uso Sustentável, nos níveis federal, estadual e municipal)	MMA
S__Massa	Mapa de solos – classe Massa D’água	EMBRAPA
S__PVA71	Mapa de solos – classe Argilossolo Vermelho-Amarelo	EMBRAPA
S__GX23	Mapa de solos – classe Gleissolo háplico	EMBRAPA
S__LA1	Mapa de solos - classe Latossolo Amarelo distrófico	EMBRAPA
S__NV1	Mapa de solos – classe Nitossolo Vermelho distrófico	EMBRAPA
Decliv	Declividade – calculada a partir dos dados do projeto topodata	INPE
HII	Global Human Influence Index	NASA - Socioeconomic Data and Applications Center - SEDAC
pvi	Índice de vigor das pastagens no Brasil	LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da UFG
dist_hdv	Distância (euclidiana) a hidrovias	PNLT (2008)
dist_hidr	Distância (euclidiana) a rios	IBGE
ppl	Produtividade Primária Líquida (NPP) do Brasil para o ano de 2003	LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da UFG

### Correlações – Spearman

	VN	AGR	OUT	dist_dren	dist_rod1	dist_pmad	dist_r_iso	a_embarg	dist_aemb
VN	1.00	-0.86	-0.93	0.10	0.49	0.54	0.56	0.00	0.15
AGR	-0.86	1.00	0.70	-0.04	-0.47	-0.48	-0.50	-0.01	-0.15
OUT	-0.93	0.70	1.00	-0.13	-0.47	-0.49	-0.51	0.02	-0.16
dist_dren	0.10	-0.04	-0.13	1.00	0.03	0.06	0.06	0.00	0.03
dist_rod1	0.49	-0.47	-0.47	0.03	1.00	0.43	0.50	-0.02	0.23
dist_malha	0.67	-0.61	-0.62	0.04	0.53	0.62	0.67	-0.04	0.29
dist_pmad	0.54	-0.48	-0.49	0.06	0.43	1.00	0.54	0.03	0.07
dist_r_iso	0.56	-0.50	-0.51	0.06	0.50	0.54	1.00	0.05	0.11
a_embarg	0.00	-0.01	0.02	0.00	-0.02	0.03	0.05	1.00	-0.38
dist_aemb	0.15	-0.15	-0.16	0.03	0.23	0.07	0.11	-0.38	1.00
a_pprop	-0.40	0.48	0.35	0.06	-0.34	-0.31	-0.34	0.00	-0.13
dist_pprop	0.62	-0.63	-0.57	0.00	0.51	0.52	0.54	-0.06	0.32
a_parc	-0.15	0.24	0.11	0.03	-0.17	-0.17	-0.15	-0.02	-0.01
dist_parc	0.31	-0.37	-0.27	0.00	0.29	0.29	0.28	-0.01	0.12
a_fp	0.15	-0.12	-0.15	0.05	0.07	0.21	0.18	-0.05	0.28
a_TI	0.21	-0.21	-0.18	0.05	0.23	0.31	0.21	-0.05	0.25
dist_TI	-0.08	0.07	0.09	-0.06	-0.28	-0.49	-0.16	0.02	-0.09
a_UC	-0.10	-0.01	0.13	-0.06	-0.02	-0.16	-0.14	-0.03	0.04
dist_UC	0.39	-0.36	-0.34	0.04	0.44	0.76	0.64	-0.02	0.22
S_Massa	-0.32	0.02	0.40	-0.11	-0.06	-0.25	-0.19	-0.04	0.10
S_PVA71	0.16	-0.13	-0.15	0.02	0.17	0.26	0.33	0.04	-0.05
S_GX23	0.08	-0.07	-0.08	-0.02	0.06	0.13	0.05	0.00	-0.03
S_LA1	0.05	-0.03	-0.05	0.00	-0.17	-0.31	-0.01	0.07	-0.16
S_NV1	-0.25	0.26	0.19	-0.02	-0.25	-0.25	-0.22	0.01	-0.08
Decliv	0.12	0.04	-0.15	0.07	0.08	0.25	0.09	0.00	0.05
HII	-0.60	0.59	0.54	-0.04	-0.56	-0.34	-0.60	0.01	-0.17
pvi	-0.49	0.58	0.42	0.03	-0.31	-0.20	-0.26	0.06	-0.20
dist_hdv	0.56	-0.40	-0.56	0.03	0.33	0.59	0.59	0.05	0.03
dist_hidr	0.19	-0.02	-0.26	0.04	-0.03	0.05	0.20	-0.03	0.09
ppl	0.46	-0.32	-0.41	0.07	0.30	0.37	0.35	0.01	0.05

Correlações – Spearman (continuação)

	a_pprop	dist_pprop	a_parc	dist_parc	a_fp	a_TI	dist_TI	a_UC	dist_UC
VN	-0.40	0.62	-0.15	0.31	0.15	0.21	-0.08	-0.10	0.39
AGR	0.48	-0.63	0.24	-0.37	-0.12	-0.21	0.07	-0.01	-0.36
OUT	0.35	-0.57	0.11	-0.27	-0.15	-0.18	0.09	0.13	-0.34
dist_dren	0.06	0.00	0.03	0.00	0.05	0.05	-0.06	-0.06	0.04
dist_rod1	-0.34	0.51	-0.17	0.29	0.07	0.23	-0.28	-0.02	0.44
dist_malha	-0.54	0.77	-0.26	0.42	0.20	0.27	-0.04	-0.09	0.50
dist_p_mad	-0.31	0.52	-0.17	0.29	0.21	0.31	-0.49	-0.16	0.76
dist_r_iso	-0.34	0.54	-0.15	0.28	0.18	0.21	-0.16	-0.14	0.64
a_embarg	0.00	-0.06	-0.02	-0.01	-0.05	-0.05	0.02	-0.03	-0.02
dist_a_emb	-0.13	0.32	-0.01	0.12	0.28	0.25	-0.09	0.04	0.22
a_pprop	1.00	-0.83	0.66	-0.65	-0.11	-0.17	0.00	-0.08	-0.21
dist_pprop	-0.83	1.00	-0.50	0.67	0.23	0.31	-0.09	0.03	0.45
a_parc	0.66	-0.50	1.00	-0.89	-0.15	-0.21	0.10	-0.10	-0.07
dist_parc	-0.65	0.67	-0.89	1.00	0.24	0.35	-0.20	0.08	0.23
a_fp	-0.11	0.23	-0.15	0.24	1.00	0.56	-0.21	-0.01	0.19
a_TI	-0.17	0.31	-0.21	0.35	0.56	1.00	-0.40	-0.03	0.30
dist_TI	0.00	-0.09	0.10	-0.20	-0.21	-0.40	1.00	0.14	-0.58
a_UC	-0.08	0.03	-0.10	0.08	-0.01	-0.03	0.14	1.00	-0.23
dist_UC	-0.21	0.45	-0.07	0.23	0.19	0.30	-0.58	-0.23	1.00
S_Massa	-0.05	-0.08	-0.12	0.04	-0.04	-0.04	0.00	0.26	-0.14
S_PVA71	-0.08	0.15	0.06	-0.05	0.04	-0.06	-0.18	-0.03	0.31
S_GX23	-0.06	0.08	-0.06	0.06	-0.02	-0.02	0.10	-0.01	0.05
S_LA1	0.00	-0.07	-0.01	-0.01	-0.05	-0.06	0.33	0.15	-0.36
S_NV1	0.08	-0.14	0.01	-0.04	-0.05	-0.05	0.02	-0.03	-0.16
Decliv	0.14	-0.03	0.20	-0.16	0.08	0.03	-0.22	-0.17	0.26
HII	0.40	-0.56	0.17	-0.28	-0.06	-0.14	-0.04	0.05	-0.33
pvi	0.41	-0.51	0.26	-0.35	-0.10	-0.17	-0.01	-0.09	-0.17
dist_hdv	-0.27	0.51	-0.09	0.23	0.16	0.16	0.07	-0.16	0.42
dist_hidr	-0.01	0.08	0.13	-0.09	0.00	-0.15	0.01	-0.15	0.15
ppl	-0.11	0.25	-0.03	0.13	0.11	0.18	-0.29	-0.09	0.40

Correlações – Spearman (continuação)

	S_Massa	S_PVA71	S_GX23	S_LA1	S_NV1	Decliv_	HII	pvi	dist_hdv	dist_hidr	ppl
VN	-0.32	0.16	0.08	0.05	-0.25	0.12	-0.60	-0.49	0.56	0.19	0.46
AGR	0.02	-0.13	-0.07	-0.03	0.26	0.04	0.59	0.58	-0.40	-0.02	-0.32
OUT	0.40	-0.15	-0.08	-0.05	0.19	-0.15	0.54	0.42	-0.56	-0.26	-0.41
dist_dren	-0.11	0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.07	-0.04	0.03	0.03	0.04	0.07
dist_rod1	-0.06	0.17	0.06	-0.17	-0.25	0.08	-0.56	-0.31	0.33	-0.03	0.30
dist_malha	-0.23	0.13	0.11	-0.09	-0.25	0.08	-0.65	-0.42	0.60	0.14	0.31
dist_p_mad	-0.25	0.26	0.13	-0.31	-0.25	0.25	-0.34	-0.20	0.59	0.05	0.37
dist_r_iso	-0.19	0.33	0.05	-0.01	-0.22	0.09	-0.60	-0.26	0.59	0.20	0.35
a_embarg	-0.04	0.04	0.00	0.07	0.01	0.00	0.01	0.06	0.05	-0.03	0.01
dist_a_emb	0.10	-0.05	-0.03	-0.16	-0.08	0.05	-0.17	-0.20	0.03	0.09	0.05
a_pprop	-0.05	-0.08	-0.06	0.00	0.08	0.14	0.40	0.41	-0.27	-0.01	-0.11
dist_pprop	-0.08	0.15	0.08	-0.07	-0.14	-0.03	-0.56	-0.51	0.51	0.08	0.25
a_parc	-0.12	0.06	-0.06	-0.01	0.01	0.20	0.17	0.26	-0.09	0.13	-0.03
dist_parc	0.04	-0.05	0.06	-0.01	-0.04	-0.16	-0.28	-0.35	0.23	-0.09	0.13
a_fp	-0.04	0.04	-0.02	-0.05	-0.05	0.08	-0.06	-0.10	0.16	0.00	0.11
a_TI	-0.04	-0.06	-0.02	-0.06	-0.05	0.03	-0.14	-0.17	0.16	-0.15	0.18
dist_TI	0.00	-0.18	0.10	0.33	0.02	-0.22	-0.04	-0.01	0.07	0.01	-0.29
a_UC	0.26	-0.03	-0.01	0.15	-0.03	-0.17	0.05	-0.09	-0.16	-0.15	-0.09
dist_UC	-0.14	0.31	0.05	-0.36	-0.16	0.26	-0.33	-0.17	0.42	0.15	0.40
S_Massa	1.00	-0.08	-0.02	-0.03	-0.02	-0.27	0.11	-0.09	-0.46	-0.38	-0.22
S_PVA71	-0.08	1.00	-0.02	-0.07	-0.05	0.15	-0.19	-0.02	0.25	0.34	0.14
S_GX23	-0.02	-0.02	1.00	-0.02	-0.02	-0.03	0.00	-0.06	0.13	-0.06	0.00
S_LA1	-0.03	-0.07	-0.02	1.00	-0.05	-0.23	-0.09	-0.06	-0.08	-0.09	-0.04
S_NV1	-0.02	-0.05	-0.02	-0.05	1.00	-0.06	0.28	0.14	-0.13	0.05	-0.16
Decliv	-0.27	0.15	-0.03	-0.23	-0.06	1.00	0.04	0.10	0.16	0.18	0.19
HII	0.11	-0.19	0.00	-0.09	0.28	0.04	1.00	0.39	-0.41	-0.16	-0.30
pvi	-0.09	-0.02	-0.06	-0.06	0.14	0.10	0.39	1.00	-0.23	0.04	-0.11
dist_hdv	-0.46	0.25	0.13	-0.08	-0.13	0.16	-0.41	-0.23	1.00	0.34	0.23
dist_hidr	-0.38	0.34	-0.06	-0.09	0.05	0.18	-0.16	0.04	0.34	1.00	0.13
ppl	-0.22	0.14	0.00	-0.04	-0.16	0.19	-0.30	-0.11	0.23	0.13	1.00

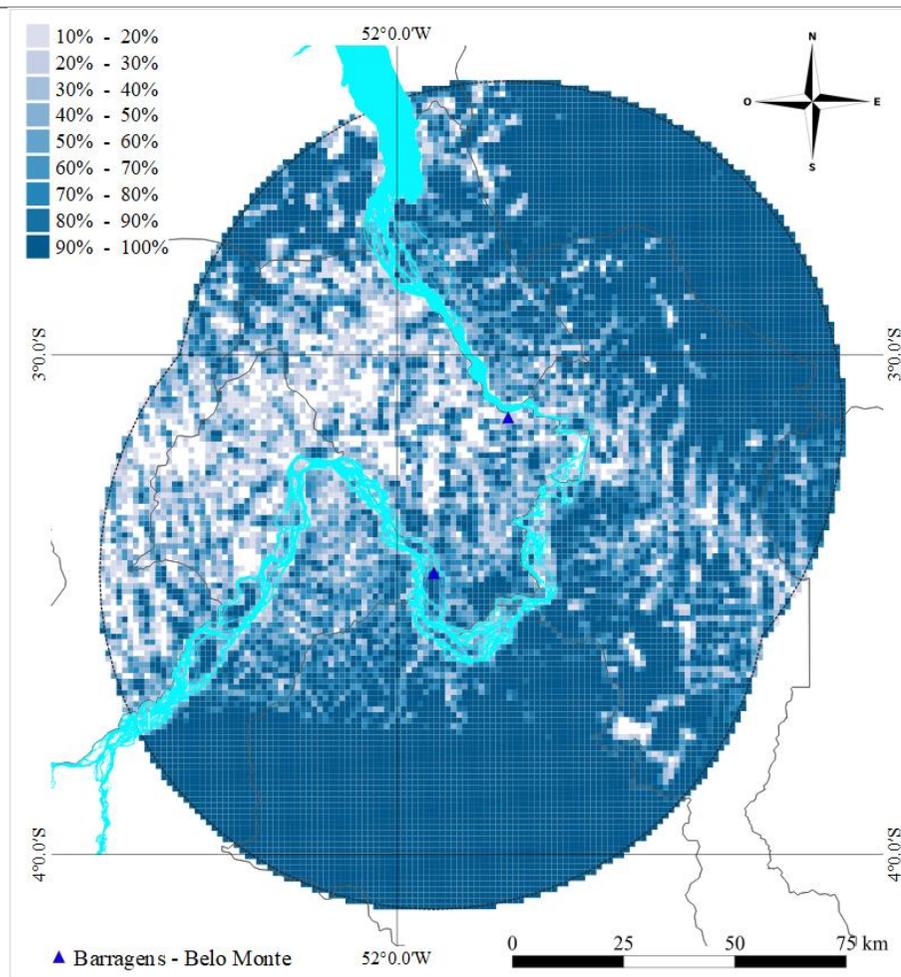
**Anexo 5 – Modelo de regressão utilizado para parametrização da componente Potencial do modelo**

Variável Dependente	<b>Vegetação Natural</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Outros</b>
Número de observações	15121	15121	15121
Média da var. dep.	0.75448	0.138722	0.106798
Desvio padrão da var. dep.	0.32018	0.22475	0.201684
R <sup>2</sup>	0.613282	0.438329	0.641981
R <sup>2</sup> ajustado	0.613000	0.438069	0.641815
Akaike	-5872.07	-10939.1	-21023.4

	Variável	Coefficiente	Significância
Vegetação Natural	Constante da regressão	1.29E-01	0.00000
	dist_rodovias	2.03E-01	0.00000
	dist_hidrovia	1.48E-01	0.00000
	dist_malha	2.19E-01	0.00000
	dist_area_embargada	-2.26E-01	0.00000
	HII	-1.63E-02	0.00000
	dist_TI	-5.16E-02	0.00000
	Declividade	1.34E-02	0.00000
	Lat_arg_solo	1.06E-01	0.00000
	Massa_dagua	-6.79E-02	0.00000
	ppl	7.64E+00	0.00000
	pvi	-2.20E-01	0.00000
Agropecuária	Constante da regressão	1.78E-01	0.00000
	dist_r_iso	-1.98E-01	0.00000
	dist_hidrografia	3.25E-01	0.00000
	dist_TI	3.99E-02	0.00000
	HII	1.79E-02	0.00000
	Massa_dagua	-1.46E-01	0.00000
	ppl	-2.27E+00	0.00000
	pvi	2.28E-01	0.00000
Outros	Constante da regressão	6.66E-01	0.00000
	dist_rodovias	-1.95E-01	0.00000
	dist_hidrovia	-1.43E-01	0.00000
	dist_hidrografia	-2.12E-01	0.00000
	Declividade	-1.11E-02	0.00000
	Massa_dagua	2.46E-01	0.00000
	Lat_arg_solo	-7.62E-02	0.00000
	ppl	-5.34E+00	0.00000

**Anexo 6 – Mapas de simulação (Cenários A e B) para a classe “Vegetação Natural”, para os anos de 2011 e 2016.**

**Dado Observador (c/ máscara) em 2011**



**Dado Simulado (Cenário A) em 2011**

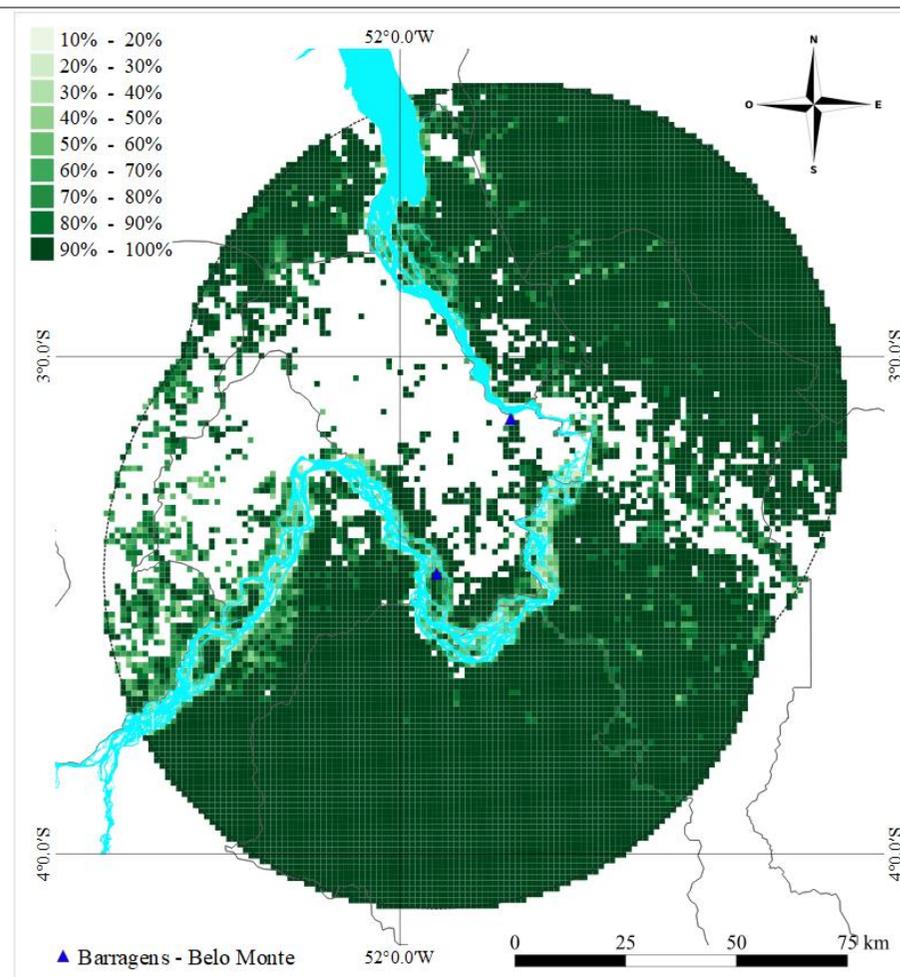
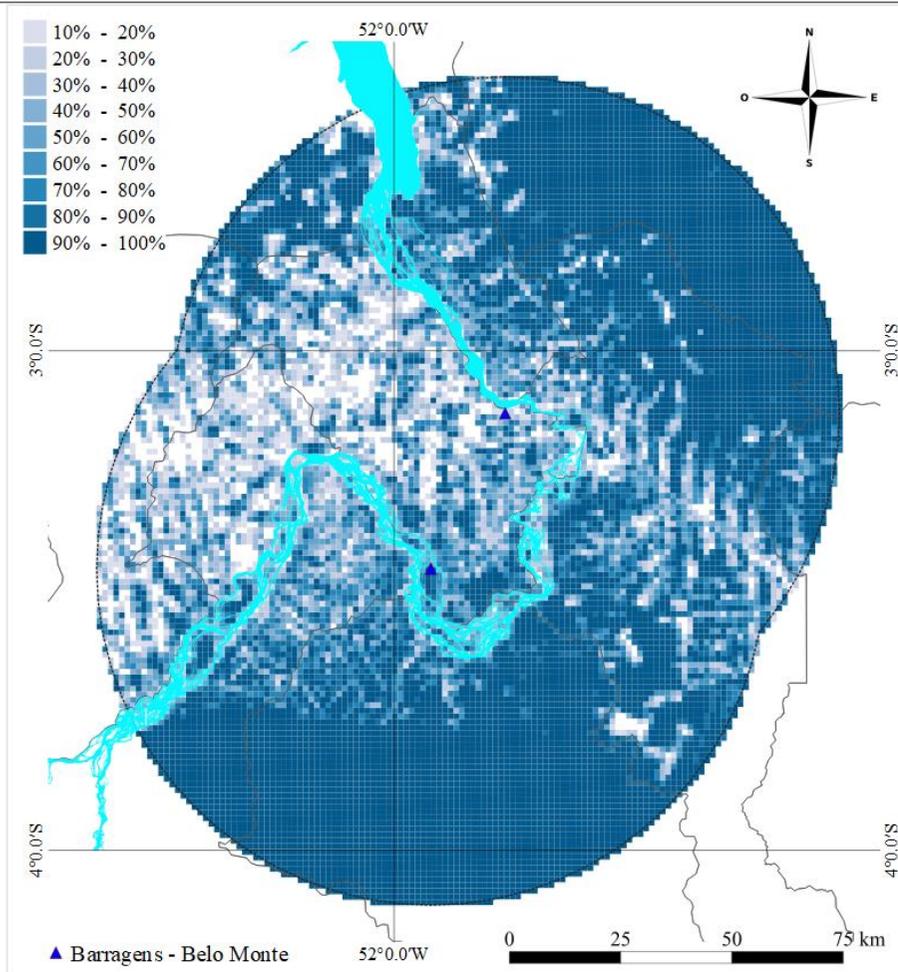


Figura 109 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário A), ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor

Dado Observador (c/ máscara) em 2011



Dado Simulado (Cenário B) em 2011

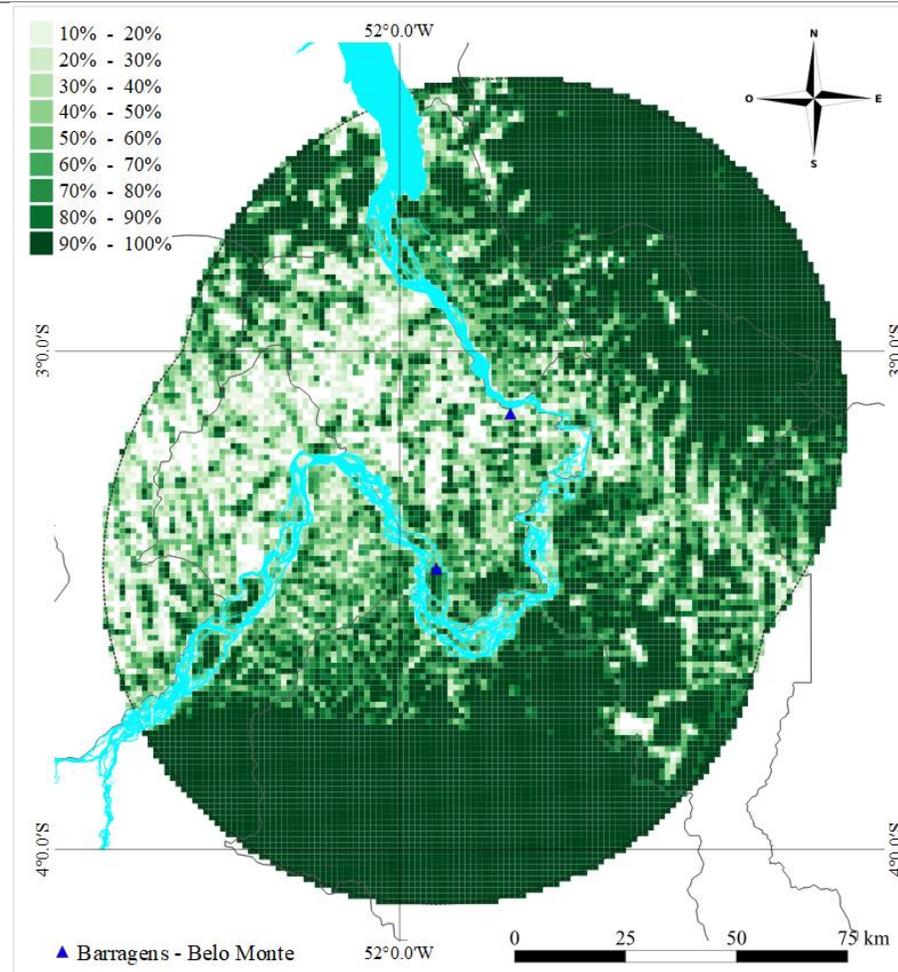
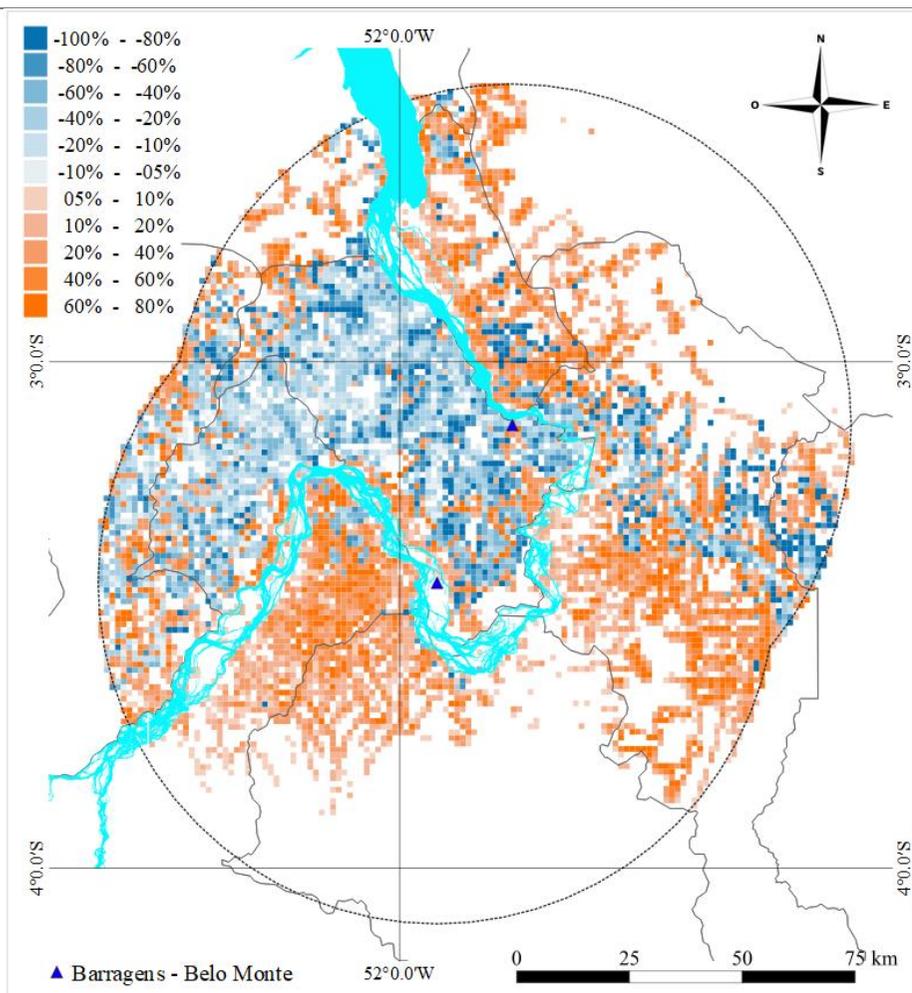


Figura 110 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário B), ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor

Diferença entre o Cenário A e o observado para 2011



Diferença entre o Cenário B e o observado para 2011

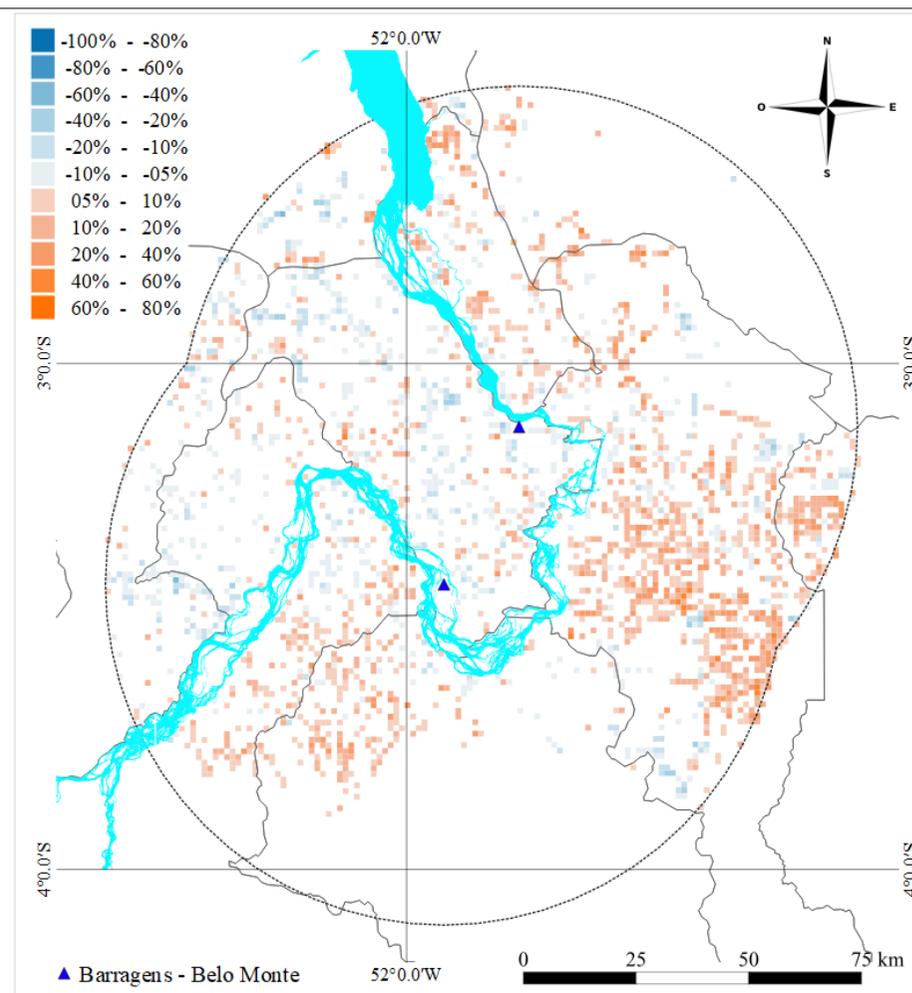
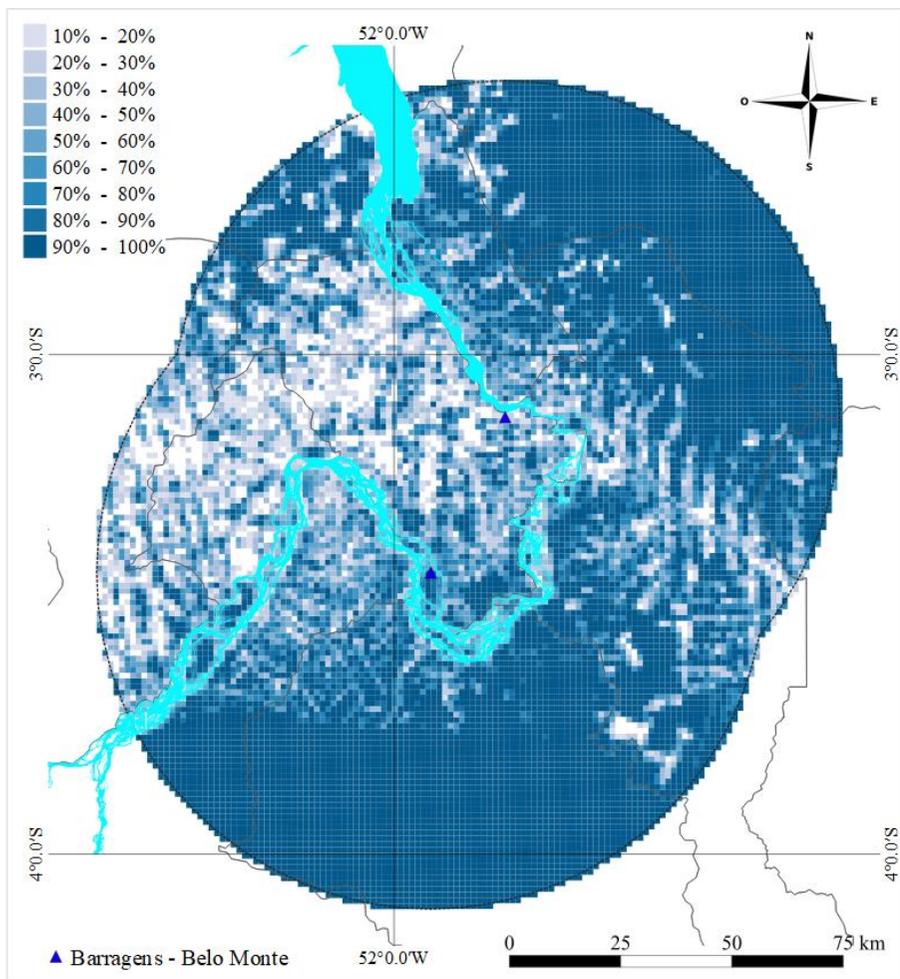


Figura 111 - Mapas para a classe Vegetação Natural – Diferença entre o Simulado (Cenários A e B) e o observado, ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 5%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

Dado Observador (c/ máscara) em 2016



Dado Simulado (Cenário A) em 2016

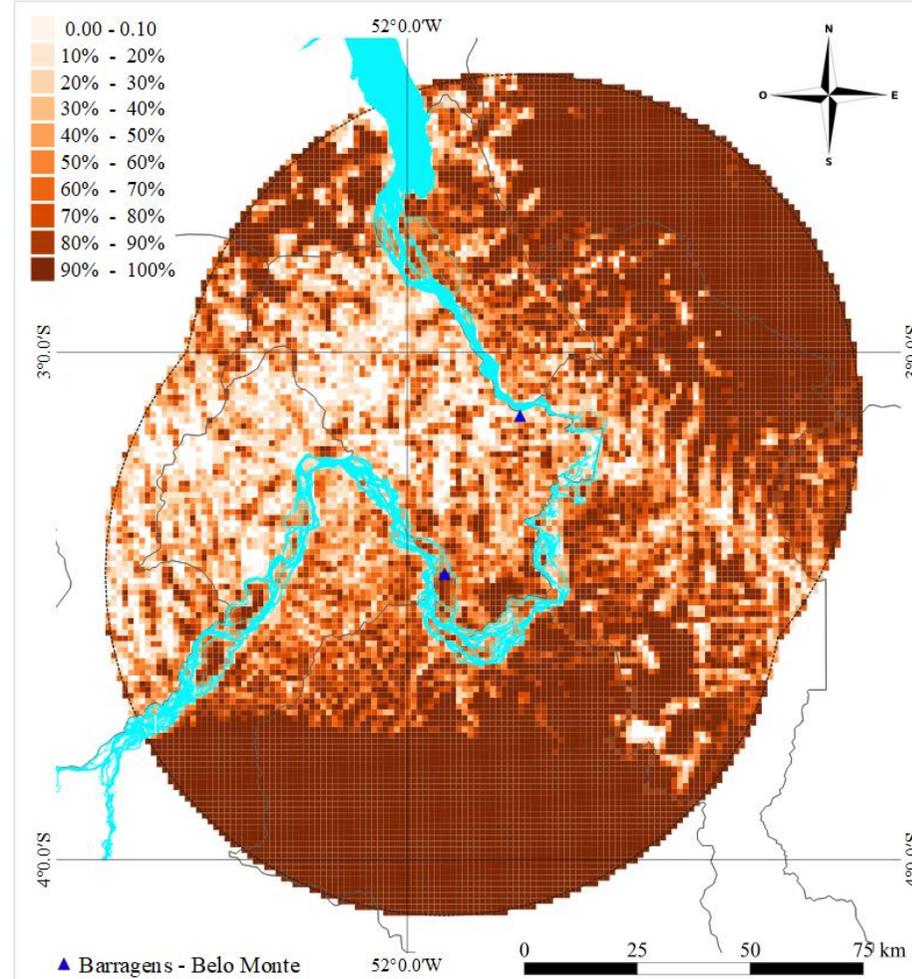
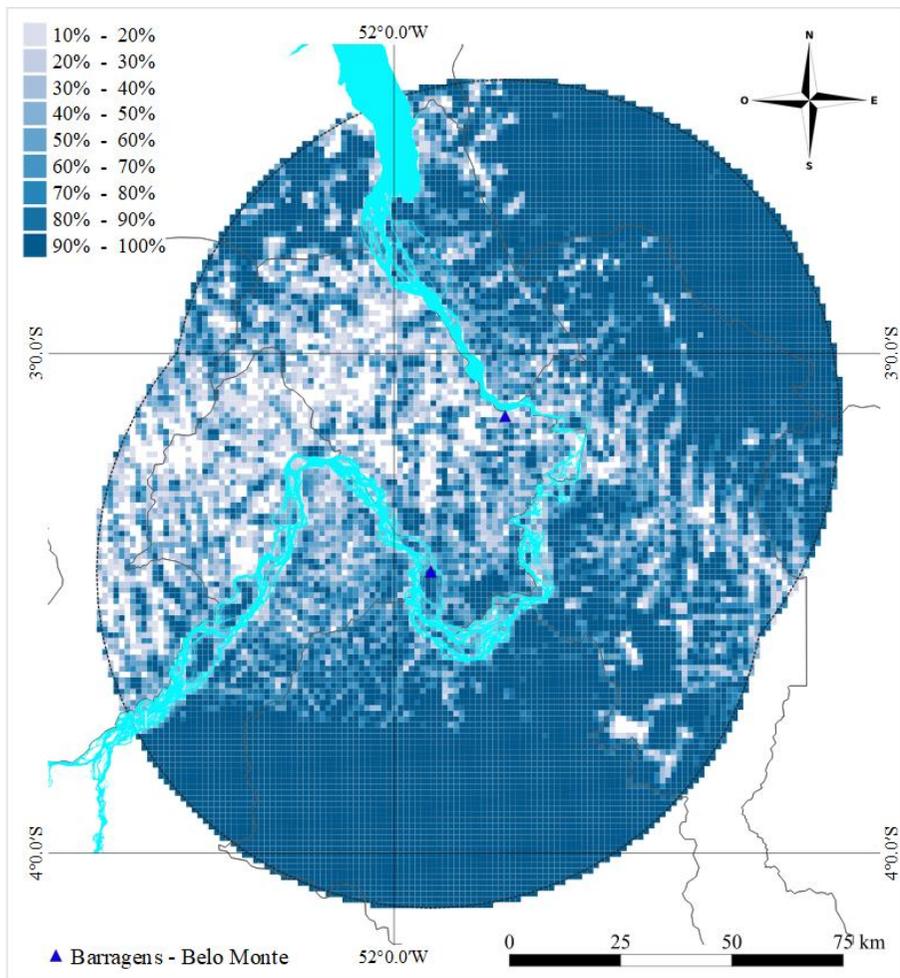


Figura 112 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário A), ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor

Dado Observador (c/ máscara) em 2016



Dado Simulado (Cenário B) em 2016

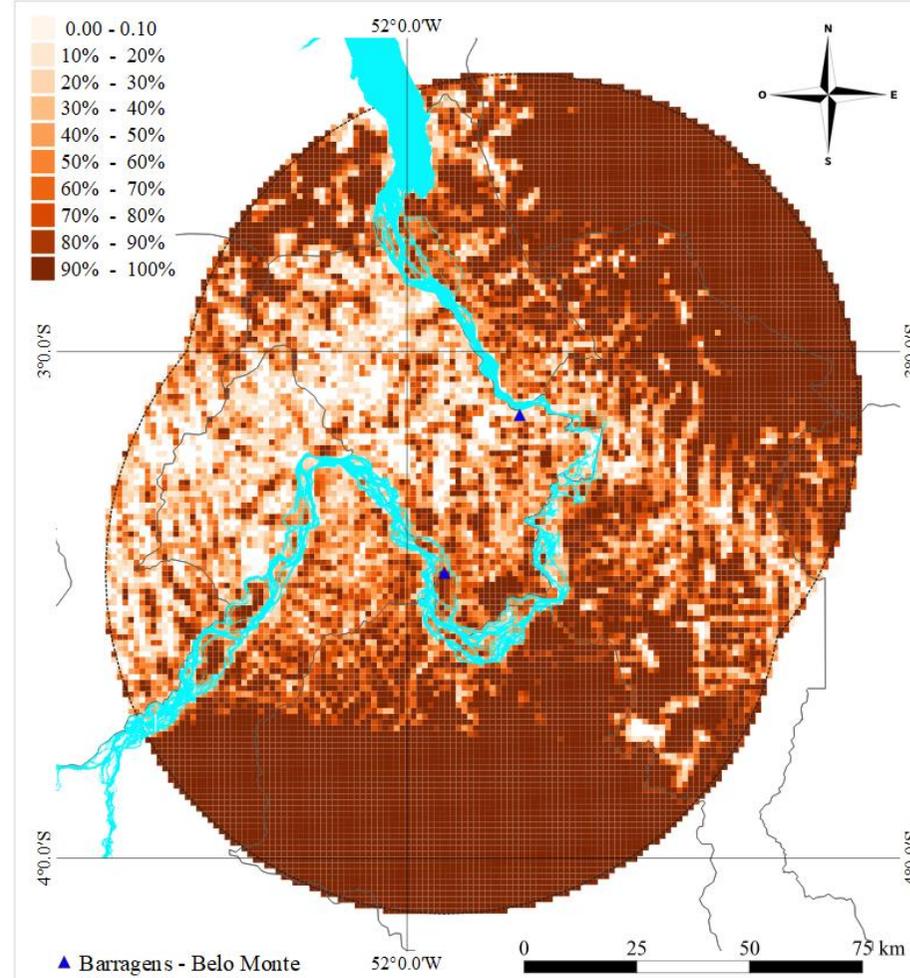
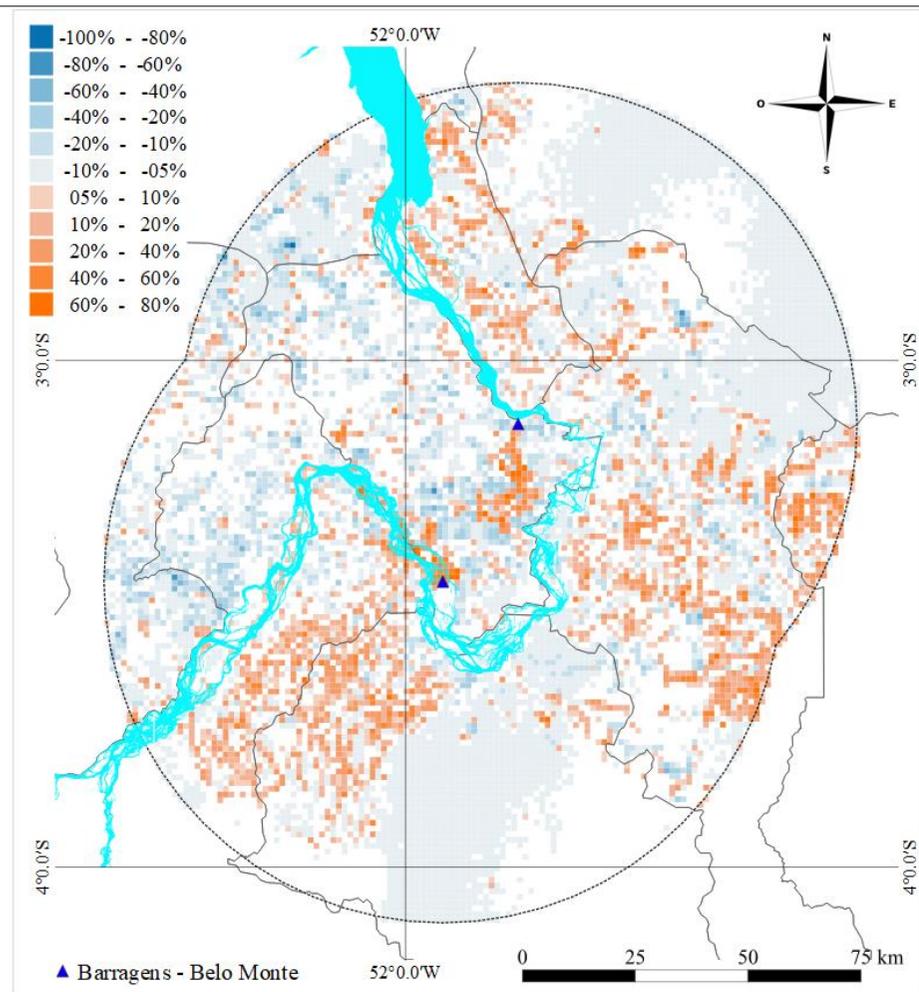


Figura 113 - Mapas para a classe Vegetação Natural - Observado (c/ máscara) e simulado (Cenário B), ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 10%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor

Diferença entre o Cenário A e o observado para 2016



Diferença entre o Cenário B e o observado para 2016

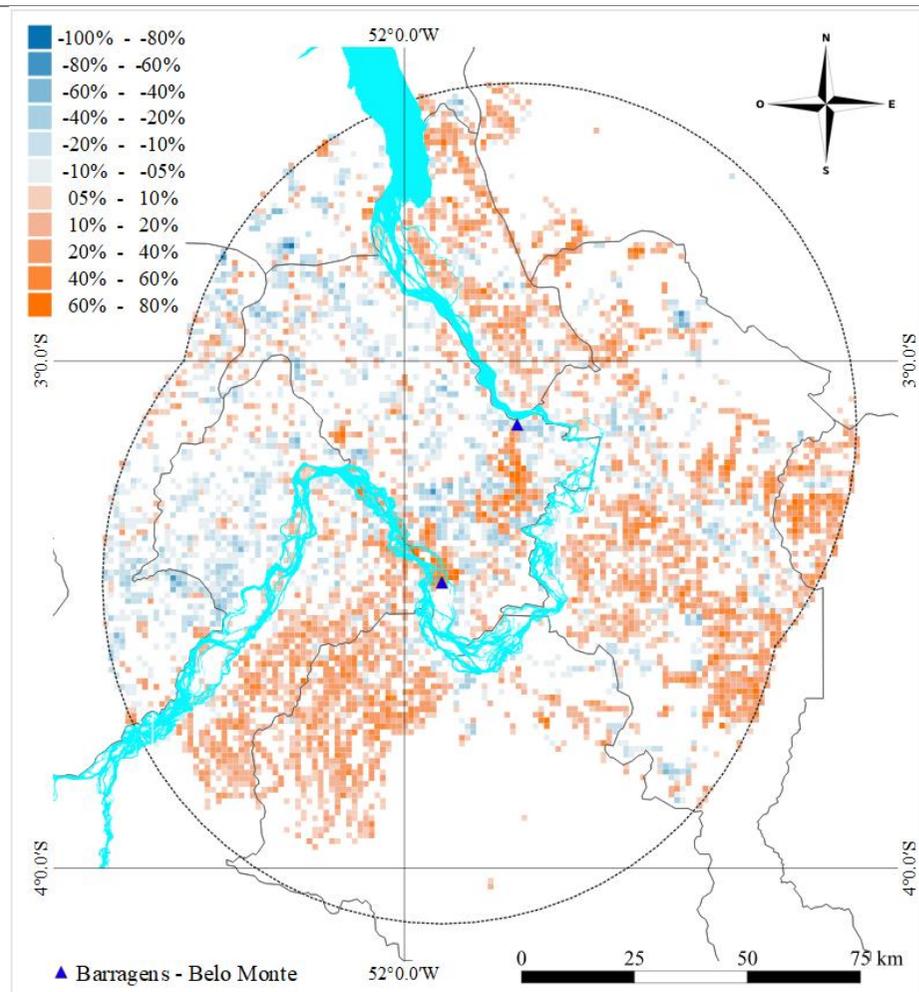


Figura 114 - Mapas para a classe Vegetação Natural – Diferença entre o Simulado (Cenários A e B) e o observado, ambos para o ano de 2011. Omitidos da representação as variações de menos de 5%, para cada célula. Fontes: IBGE, Mapbiomas (rio Xingu vetorizado a partir do mapa de 2008). Elaboração do autor.

