



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BARRAGEM E GESTÃO  
AMBIENTAL

FÁBIA GABRIELA PFLUGRATH CARRARO

**ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO USANDO NDVI, NA REGIÃO DA  
HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE, ESTADO DO PARÁ - BRASIL.**

TUCURUÍ – PA  
2019

FÁBIA GABRIELA PFLUGRATH CARRARO

**ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO USANDO NDVI, NA REGIÃO DA  
HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE, ESTADO DO PARÁ - BRASIL.**

Dissertação final apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia da Universidade Federal do Pará para a obtenção do Grau de Mestre em Segurança de Barragem e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Heleno Fulber

## FICHA CATALOGRÁFICA

FÁBIA GABRIELA PFLUGRATH CARRARO

**ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO USANDO NDVI, NA REGIÃO DA  
HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE, ESTADO DO PARÁ - BRASIL.**

Dissertação final apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia da Universidade Federal do Pará para a obtenção do Grau de Mestre em Segurança de Barragem e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Heleno Fulber

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Heleno Fülber/UFPA - Orientador

---

Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara/ UFPA

---

Prof. Dra. Elizabeth Ferreira/ (DEA/UFLA)

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Selma e Wanderley, meu irmão Giuliano e minha avó Cecília, pelo apoio e carinho. Ao meu companheiro Eden Pontes Soares e meu filho Ian Carraro Soares pelo amor, carinho e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Heleno Fulber, pela orientação e apoio, além da paciência, amizade durante a realização deste estudo.

Ao marido, Eden Pontes Soares e meu filho, Ian Carraro Soares pelo amor e carinho.

À minha família, pela oportunidade e incentivo de frequentar a faculdade e pelo carinho, amor e amizade.

À minha amiga Joana Darc Nunes Peixoto pela amizade, companheirismo no dia a dia.

Às pessoas que encontrei e fizeram parte dessa jornada no PEBGA, em especial, Cristiane Matos, Rafaela Barros, Lucas Manoel da Silva que de algum modo tocaram meu coração me dando forças para querer continuar estudando.

## RESUMO

O presente trabalho visa analisar a cobertura do solo, da região do complexo hidrelétrico de Belo Monte utilizando NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), calculado a partir de imagens TM/Landsat 5 e OLI/Landsat 8 de 2008 à 2018. O uso das imagens no período de 10 anos possibilitou identificar de forma contínua, tendências nos pixels em função da mudança do uso do solo. O mapeamento consistiu delimitado por um polígono (*buffer*) a cada lado do Rio Xingu, as imagens obtidas durante o período seco, na Divisão de Geração de Imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). As cenas foram processadas e os mapas temáticos gerados no ArcGIS® 10.2.2. e aplicada a ferramenta NDVI para o mapeamento de áreas e em seguida foi gerada uma grade com os valores processados e assim, a criação de classes temáticas com base em intervalos de valores do índice, para geração das imagens temáticas, com intervalos de valores definidos associados a uma escala de cores. A redução nos valores de NDVI nos anos de 2008, 2009, 2016 e 2017 evidencia a influência direta da diminuição da vegetação devido a ação de desmatamento. Verificou-se que ao longo da série temporal, que a partir de 2013 até 2016 houve uma constância nos valores de NDVI, indicando que nesses anos não ocorreram grandes perdas de biomassa vegetal. Deste modo, a aplicação do índice mostra uma eficiência ao analisar o comportamento da vegetação possibilitou constatar uma enorme perda da biomassa vegetal e aumento de solo exposto, devido também à implantação da hidrelétrica de Belo Monte.

Palavras-chave: Amazônia. Hidrelétrica de Belo Monte. Landsat. NDVI.

## ABSTRACT

The present work aims to analyze the ground cover, of the Belo Monte Dam complex region using NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), calculated from TM / Landsat 5 and OLI / Landsat 8 images from 2008 to 2018. The use of images over the 10-year period can continuously identify trends in the pixels due to the change in land use. The mapping consisted of a polygon (buffer) on each side of the Xingu River, the images obtained during the dry period, in the Imaging Division of the United States Geological Survey (USGS). The scenes were processed and the thematic maps generated in ArcGIS® 10.2.2. and the NDVI tool was applied for the mapping of areas and then a grid was generated with the processed values, than the creation of thematic classes based on intervals of index values, for the generation of thematic images, with associated defined value intervals to a color scale. The reduction in NDVI values in the years 2008, 2009, 2016 and 2017 shows the direct influence of the decrease in vegetation due to deforestation. It is checked that during the time series, that from 2013 to 2016 there was a constancy in the NDVI values, indicating that in those years there were no major losses of plant biomass. Thus, the application of the index shows an efficiency when analyzing the behavior of the vegetation made it possible to verify a huge loss of plant biomass and increase of exposed soil due to the implantation of the Belo Monte Dam.

Keywords: Amazon. Belo Monte Dam. Landsat. NDVI.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa da região de Belo Monte. ....	31
Figura 2- Mapa demonstrativo das áreas de influência região de Belo Monte. ....	38
Figura 3- Valores do resultado da razão entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo. ....	40
Figura 4 - Fluxograma de etapas da metodologia:.....	41
Figura 5- Mapa de localização da AID de Belo Monte .....	43
Figura 6- Cena de Belo Monte referente a caracterização geomorfológica .....	49
Figura 7 - Mapa da compartimentação geocológica da sub-bacia do Baixo Rio Xingu .....	52
Figura 8 - Classificação da cobertura vegetal, tanto natural como antrópica, adotado pelo IBGE. ....	53
Figura 9 - Mapa da vegetação, áreas urbanas e alagadas da AID de Belo Monte.....	58
Figura 10 - Cobertura vegetal do ano de 2011, seguindo a classificação adotada pelo PRODES 2010.....	60
Figura 11 - Cobertura vegetal do ano de 2017, seguindo a classificação adotada pelo PRODES 2010.....	61
Figura 12 - Cena do trecho do Reservatório dos Canais fica entre a Transamazônica e a Volta Grande no ano de 2011. ....	62
Figura 13 – Cena do trecho do Reservatório dos Canais fica entre a Transamazônica e a Volta Grande no ano de 2017. ....	63
Figura 14 – Imagens LANDSAT 5(TM), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2008 e 2009. ....	64
Figura 15- Imagens LANDSAT 5(TM), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2010 e 2011. ....	65
Figura 16 - Imagens LANDSAT 8(OLI), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2013 e 2014. ....	66
Figura 17 -Imagens LANDSAT 8(OLI), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2015 e 2016. ....	67
Figura 18 - Imagens LANDSAT 8(OLI), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2017 e 2018. ....	68
Figura 19 - Imagens LANDSAT 5(TM) e 8 (OLI), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2008 e 2017.....	69
Figura 20 - Espectro temporal da média do NDVI da AID da UHE de Belo Monte. ....	71
Figura 21 - Histograma da distribuição de pixels por valores de NDVI para classificação do tipo de cobertura. ....	72
Figura 22 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2008.....	75
Figura 23 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2009.....	76
Figura 24 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2010.....	77
Figura 25 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2011.....	78
Figura 26 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2013.....	79

Figura 27 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2014.....	80
Figura 28 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2015.....	81
Figura 29 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2016.....	82
Figura 30 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2017.....	83
Figura 31 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2018.....	84
Figura 32 - Comparação das imagens do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte nos anos de 2011 e 2017. ....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Base de dados utilizados para apresentação dos mapas: .....	36
Tabela 2 – Identificação das imagens orbitais da área de estudo, com projeção em UTM, Datum Sirgas 2000, zona 22 sul. ....	39
Tabela 3-Representação das classes de valores resultantes do NDVI. ....	40
Tabela 4 - Porcentagem de uso da terra, segundos dados de licenciamento da UHE de Belo Monte para a área de estudo. ....	57
Tabela 5 - Estatística descritiva do NDVI.....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	Área Diretamente Afetada
AHE	Aproveitamento Hidrelétrico
AID	Área de Influência Direta
AII	Área de Influência Indireta
APP	Área de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IMAZON	Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia
INPE	Instituto Nacional do Espaço Brasileiro Pesquisa
ISA	Instituto Socioambiental
LDI	Lista de Desmatamento Ambiental
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
PDI	Processamento Digital de Imagens

PMV	Programa Municípios Verdes
PRODES	Programa de Monitoramento do Desmatamento no Brasil Amazônia Legal.
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RL	Reserva Legal
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SEMAS-PA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade – Estado do Pará
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
TI	Terra Indígena
UHE	Usina Hidrelétrica
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator

## LISTA DE SÍMBOLOS

MW

Megawatts

Mm

Micrometro

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	22
2.1 Objetivo geral.....	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	23
3.1 NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada).....	24
3.2 O desmatamento na região Amazônica.....	26
3.3 O Rio Xingú e a Hidrelétrica de Belo Monte.....	29
3.4 Os impactos da UHE de Belo Monte.....	34
<b>4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.</b> .....	35
4.1 Levantamento bibliográfico.....	35
4.2 Caracterização da área de Belo Monte.....	36
4.3 Área da pesquisa.....	37
4.4 Obtenção e tratamento de imagens.....	38
<b>5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	42
5.1 Sócio Econômica.....	43
5.1.1 O município de Altamira.....	46
5.1.2 O município de Senador José Porfírio.....	46
5.1.3 O município de Vitória do Xingu.....	47
5.1.4 O município de Brasil Novo.....	47
5.1.5 O município de Anapu.....	47
5.2 Áreas Indígenas.....	48
5.3 Clima.....	48
5.4 Geomorfologia e solos.....	49
5.5 Vegetação.....	53
5.5.1 Região da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial Tropical) – (D).....	54
5.5.2 Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Da).....	54
5.5.3 Floresta Ombrófila das Terras Baixas (Db).....	54
5.5.4 Floresta Ombrófila Densa Submontana - (DS).....	55
5.5.5 Região de Floresta Ombrófila Aberta (Faciações da Floresta Densa) – (A)..	55
5.5.6 Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas - (Ab).....	56

5.5.7	Floresta Ombrófila Aberta Submontana – (As).....	56
5.5.8	Dados do EIA de Belo Monte referentes à vegetação.....	56
5.6	O desmatamento na região da UHE de Belo Monte .....	59
<b>6</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS PARA O NDVI.....</b>	<b>70</b>
<b>7</b>	<b>O EMPREENDIMENTO DE BELO MONTE E OS IMPACTOS CAUSADOS....</b>	<b>87</b>
7.1	Desmatamento.....	89
7.2	Padrões de desmatamento e NDVI .....	93
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>97</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>99</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O homem vem utilizando e extraindo da natureza os seus recursos sem na maioria das vezes respeitar as suas limitações, causando impactos às vezes irreversíveis do ponto de vista ambiental (SOUZA et al., 2011). E assim, pode contribuir na perda de florestas e biodiversidade, como também acelerar mudanças climáticas (FEARNSIDE, 2006).

Visando à utilização racional de recursos naturais, técnicas como inventários e administrações sustentáveis, são cada vez mais necessárias, porque a rápida exploração dos recursos naturais aumentam gradualmente as taxas de degradação, empobrecimento, erosão e compactação do solo, além de reduzir o nível socioeconômico (RIBEIRO; CAMPOS, 2007).

Para Souza et al., (2011) as observações e ponderações realizadas pelos mapeamentos de fragilidade ambiental colaboram sensivelmente no planejamento ambiental e na tomada de decisão sobre a viabilidade ambiental de atividades de cunho antrópico.

Calijuri e Cunha (2013) salientam que os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) constituem poderosa ferramenta para análise e gerenciamento de informações de qualquer natureza espacial ou geográfica. Sendo esta importante ferramenta para contribuir com o desenvolvimento de políticas públicas: como a solução dos conflitos de territorialidades e manutenção da biodiversidade, que pressupõe a descentralização da gestão e a participação social. Analisados, sobretudo, como instrumento de controle e uso do território (SOUZA et al, 2011).

Os SIG's (Sistemas de Informações Geográficas) facilitam o gerenciamento de informações espaciais e permitem a elaboração de diagnósticos e prognósticos, subsidiando a tomada de decisões. Esses ainda constituem importantes ferramentas para análise, planejamento e gestão da paisagem, mostrando assim a evolução espacial ao longo do tempo (JACINTHO, 2003; OLIVEIRA; FREITAS, 2015).

De acordo com Lourenço et al., (2017), a evolução nos métodos de diagnóstico e monitoramento da vegetação se dá em parte ao uso do sensoriamento remoto. As técnicas advindas do sensoriamento remoto proporcionam continuidade no monitoramento, permitindo identificar padrões nas variáveis em análise, bem como, identificar alterações na vegetação em virtude de ações antrópicas.

As imagens de sensores remotos, além do papel fundamental na visualização de grandes áreas e da facilidade que empregam à classificação de uso e cobertura do solo, possuem armazenados em seus pixels valores digitais dos quais se podem extrair diversos tipos de dados e análises, como por exemplo, os índices de vegetação (OLIVEIRA; FREITAS, 2015).

As informações da paisagem de apenas uma data pode extrair informações importantes, porém, para analisar a dinâmica de um ecossistema é preciso monitorá-lo através do tempo (JENSEN, 2009). Assim, o sensoriamento remoto permite a análise dos fenômenos temporais, por detecção das mudanças no uso e cobertura da terra e a análise temporal (HUANG et al., 2000).

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE) vem produzindo dados sobre extensão espacial da deflorestação da Amazônia Legal desde 1988, por meio do Programa de Monitoramento do Desmatamento no Brasil Amazônia Legal (PRODES). O TerraClass é um complemento para PRODES, adicionando informações sobre o tipo de utilização e distribuição espacial da cobertura do solo e estatísticas regionais nas áreas desmatadas.

O Projeto TerraClass, uma parceria entre o INPE e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), tem o objetivo de produzir mapas sistêmicos de uso e cobertura das terras desflorestadas da Amazônia Legal Brasileira (TERRACLASS, 2016), que são publicadas pelo Projeto PRODES (Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite) apresentando os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal para todas as áreas desflorestadas mapeadas pelo PRODES até o ano de 2014 (INPE, 2018).

O PRODES utiliza imagens de satélites da classe LANDSAT (20 a 30 metros de resolução espacial e taxa de revisita de 16 dias), historicamente, as mais utilizadas pelo projeto, mas as imagens do sensor CCD a bordo do CBERS-2/2B, satélites do programa sino-brasileiro de sensoriamento remoto, foram bastante usadas. O PRODES também fez uso de imagens LISS-3 do satélite indiano IRS-1 e também das imagens do satélite inglês UK-DMC2. Atualmente faz uso massivo das imagens do LANDSAT 8/OLI, CBERS 4 e IRS-2. Independente do instrumento utilizado, a área mínima mapeada pelo PRODES é de 6,25 hectares (INPE, 2018).

De acordo com o PRODES, o desmatamento na Amazônia Legal corresponde a 7.536 km<sup>2</sup> de corte raso no período de agosto de 2018 a julho de 2018 (INPE 2018). Assim como a taxa de desmatamento é calculada no PRODES, existem outros mecanismos de avaliação da cobertura da terra, pois as tendências de aumento das taxas mostradas pelas taxas relatadas acima causam preocupação, por isso, é importante examinar e avaliar mudanças ocorridas e prováveis tendências de desmatamento para a região amazônica.

Para avaliação das mudanças dos diferentes usos do solo e de diferentes estágios de vegetação, os índices de vegetação são os mais utilizados, pois possibilitam a caracterização e

quantificação de parâmetros biofísicos de florestas, culturas agrônômicas e mudanças provocadas no uso do solo, pois reduzem a dimensão das informações multiespectrais fornecidas pelos satélites (TUCKER, 1985; SANTOS, 2010).

Com a finalidade de entender o padrão espacial do uso e cobertura da terra é essencial para estudos de biodiversidade, mudanças climáticas e modelagem ambiental, bem como para concepção e acompanhamento de políticas públicas direcionadas ao uso da terra (ALMEIDA et al., 2016).

A partir das imagens provenientes de sensores e seu tratamento através do índice NDVI é possível construir mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal em escala temporal, fornecendo um panorama de informações (SANTOS, 2010), capazes de estimar a pressão antrópica sobre o ambiente estudado.

A pressão antrópica ocorre quando há influência do homem e as alterações sazonais do ecossistema não ocorrem de forma regular, ainda que o sistema consiga absorver certo grau de perturbação mantendo suas propriedades naturais, as intervenções humanas podem não ser limitadas (FERREIRA et al., 2012). Segundo o mesmo autor, um exemplo de pressão excessiva sobre o meio ambiente é a ocupação desordenada das bacias hidrográficas, principalmente quando um grande contingente se estabelece sem o menor planejamento e sem a devida infraestrutura.

Segundo Castello et al., (2013) centenas de barragens estão surgindo rapidamente em toda a Amazônia brasileira, causando impactos ambientais.

Instalada no rio Xingu, no sudoeste do estado do Pará, localizada na Amazônia brasileira, o complexo Hidrelétrico de Belo Monte é a maior hidrelétrica 100% nacional e a quarta maior do mundo em capacidade instalada, e como a maioria das grandes barragens, trazem com a sua implantação impactos ambientais e sociais. Esses impactos provaram ser irreversíveis e difíceis de prevenir porque foram mal previstos ou não previstos (TULLOS, 2009; MAGALHÃES et al., 2016; FEARNSSIDE, 2017).

Tendo em vista a importância acima relatada, o presente trabalho visa analisar a cobertura do solo, levando em consideração as áreas de cobertura florestal da região do complexo hidrelétrico de Belo Monte através da ferramenta NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), calculado a partir de imagens Landsat 5/TM e Landsat 8/OLI, no período de 2008 à 2018, sendo seu produto útil para se viabilizar políticas públicas na gestão ambiental e ordenamento territorial.

### 1.1. Justificativa

As tendências de desmatamento da Floresta Amazônica não são homogêneas e apresentam-se constantes, e a rapidez deste acontecimento depende das ações futuras dos homens. Os números do desmatamento da floresta causam preocupação, e por isso a necessidade de se produzir dados para subsidiar e examinar mais detalhadamente o processo de desmatamento e focos de derrubada.

As concentrações de derrubada da vegetação, em certas regiões têm sido um importante aspecto do padrão de desmatamento. A derrubada mais intensa parece estar perto de centros urbanos, e onde há implantação de grandes empreendimentos como a UHE de Belo Monte.

É importante examinar a série de dados temporais da AID da Hidrelétrica de Belo Monte por meio das imagens de satélite, pois esta fornece uma ideia melhor da natureza do padrão de áreas desmatadas, o que deve subsidiar políticas públicas de proteção da vegetação, uma vez que o cálculo do NDVI mostra através de sua imagem resultante áreas abertas que quando comparadas a imagens NDVI de anos anteriores podem apontar polígonos desmatados de um ano para o outro.

Diante deste cenário, o presente trabalho apresenta um método de detecção de mudanças para a análise da imagem de Satélite, que emprega a técnica de dados de sensoriamento remoto multiespectral para encontrar Índice de Vegetação, classificação da cobertura do solo, vegetação, corpos d'água, solo exposto, área arbustiva, floresta em regeneração ou densa (GANDHI, 2015).

O uso das imagens de nesta pesquisa se deve, à sua vantagem de análise, tendo assim os benefícios, pois possibilita identificar de forma contínua, tendências nos pixels das imagens geradas em função da mudança do uso do solo provocada durante décadas (KENNEDY et al., 2014). Outro aspecto das imagens Landsat é a sua disponibilidade gratuita, o que possibilita estudos de baixo custo em escala regional/ global (GUILHERME et al., 2016).

Uma plataforma de informações espaciais sobre as mudanças no cenário ambiental de Belo Monte pode ser construído a partir de um banco de dados geográficos, que possa permitir o intercâmbio entre os diversos órgãos e instituições, para contribuir com a otimização e melhoria de infraestruturas e dos recursos empregados no monitoramento, fiscalização e educação ambiental, fundamental como subsídio para a elaboração do seu zoneamento e para a implementação do sistema de gestão fundiária.

As imagens dos referentes ao índice evidenciam locais que vem sofrendo maiores pressões antrópicas e através das informações disponibilizadas nas análises temporais das

mesmas, o governo pode complementar estratégias, políticas e atividades nos diversos planos de desenvolvimento, além de adoção de modos de uso sustentável para a região.

É importante avaliar a capacidade de as séries temporais utilizando NDVI, pois propiciam informações suficientes para possibilitar a diferenciação na mudança de comportamento espectral da vegetação, de modo a predizer se houve ou não desmatamento ou alteração nas classes de vegetação nativa e de uso da terra. Na perspectiva de ajudar a conter os desmatamentos, para subsidiar o planejamento e tomada de decisão para a Região de Belo Monte foram comparadas imagens ao longo do tempo, referentes à AID de Belo Monte. A análise dessas imagens possibilita a compreensão da dinâmica do processo de diminuição vegetal e/ou degradação ambiental na área da região da hidrelétrica de Belo Monte.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Analisar a cobertura do solo levando em consideração as áreas de cobertura florestal, da região do complexo hidrelétrico de Belo Monte por meio do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), calculado a partir de imagens Landsat 5/TM e LANDSAT 8/OLI, durante os anos de 2008 à 2018.

### 2.2 Objetivos específicos

- ◆ Organizar e compilar as informações espaciais disponíveis como: vegetação, corpos d'água, solo exposto, área arbustiva, áreas montanhosas, área agrícola, floresta em regeneração ou densa, construindo um banco de dados georreferenciados para a região da hidrelétrica de Belo Monte.
- ◆ Produzir uma carta imagem atualizada de uso do solo para a região estudada.
- ◆ A análise multitemporal na região de estudo, comparando imagens de diferentes datas e avaliando as mudanças ocorridas no uso do solo e avaliar o possível aumento da taxa de desmatamento causado pela implantação da hidrelétrica
- ◆ Produzir informações capazes de subsidiar políticas públicas através das cartas imagem geradas e comparadas ao EIA-RIMA.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

As políticas ambientais atuais procuram relacionar o conceito de desenvolvimento sustentável com fatores econômicos, ecológicos e sociais. Com grande desenvolvimento econômico, grandes áreas de vegetação natural foram e estão sendo substituídas por áreas urbanas ou agroecossistemas (MESQUITA JUNIOR, 1998).

Ao longo das últimas décadas, grande escala global, uso da terra e cobertura terrestre com base em sensoriamento remoto tem se tornado disponível (ALMEIDA et al., 2016). As imagens de satélite são adquiridas facilmente e possuem certa frequência de repetitividade, assim, é possível a análise da extensão e do tipo de mudanças no uso do solo através do sensoriamento remoto (FOODY, 2010).

O recente avanço de características espaciais e espectrais de sensores orbitais e o melhoramento de algoritmos de classificação têm aumentado a popularidade de dados de sensoriamento remoto como fonte para mapeamento do uso e cobertura da terra (ADAM et al., 2014).

Para Santos (2004), as várias funções dos SIGs permitem o armazenamento, medição, recuperação, classificação, atualização, manipulação, simulação e gerenciamento. São capazes de representar linhas, pontos, símbolos, redes e imagens de bases georreferenciadas, ou seja, corrigidas das deformações advindas do processo de aquisição das imagens e com atribuição de um sistema de coordenadas real.

A caracterização da cobertura do solo (o monitoramento e gerenciamento dos recursos florestais naturais), sempre foi alvo de estudos de novas técnicas que buscam facilitar a obtenção dos dados. No entanto, com a complexidade das informações para se aperfeiçoar o processo de tomada de decisão é comum observar esforços na busca de alternativas (CANAVESI et al., 2010).

Alguns estudos (LEITE, et al., 2017; PAVÃO et al., 2015; SOUZA, et al., 2011; MELO et al., 2011) vem sendo realizados, com aplicação de classificação de imagens, como também para avaliação da dinâmica do uso do solo em regiões de floresta tropical (SOHN et al., 1999; SOTHE, 2017).

Berra et al., (2012) e Hentz et al., (2014) utilizaram imagens provenientes do satélite Landsat para a estimativa de variáveis de interesse florestal. No entanto, alguns parâmetros florestais como volume e biomassa são encontrados trabalhos científicos como variáveis dependentes a serem estimadas (BERRA et al., 2012; LIMA JÚNIOR et al., 2014; BARROS et al., 2015).

É importante a proposição de novos métodos que permitem avaliar quantitativa e qualitativamente os fragmentos remanescentes de vegetação, bem como sua distribuição espacial, pois estas informações podem subsidiar estudos complementares, como por exemplo, a criação de novas unidades de conservação (AMARAL et al. 2009).

Alguns estudos foram realizados no intuito de classificar os estágios sucessionais da vegetação utilizando dados de Sensoriamento Remoto (AMARAL et al., 2009; LI et al., 2011; LU et al., 2014; SOTHE et al., 2017).

Uma série de processamentos de dados podem ser realizados no sentido de reconhecer alterações ocorridas na paisagem de uma região, num dado período de tempo. Dentre tais alterações, podem ser citados o desmatamento, a expansão urbana e as variações sazonais da vegetação (RIDD; LIU, 1998).

As imagens provenientes de imagens de satélite possuem características únicas quanto à resolução radiométrica, espectral, espacial e temporal e têm se tornado fontes primárias para classificação da cobertura da terra e da vegetação em diversas escalas (LU et al., 2014).

De acordo com Ponzoni et al. (2012), a aparência da cobertura vegetal em determinado produto de Sensoriamento Remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais.

De acordo com Rosendo; Rosa, (2009):

E para minimizar a variabilidade causada pelos fatores externos, como a reflectância espectral da cobertura vegetal, tem sido transformada e combinada em vários índices de vegetação, que utilizam a informação contida nas reflectâncias de dosséis referentes às regiões do vermelho e do infravermelho próximo, as quais são combinadas sob a forma de razões (ROSENDO; ROSA, 2009).

A avaliação da cobertura vegetal através dos índices faz-se necessária para monitorar as mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e na atividade da vegetação e para verificar a ocorrência de estresse hídrico (JENSEN, 2009).

HOLBEN et al., (2007), relatam que o índice de vegetação da diferença normalizada é apontado como um dos mais aceitos índices para analisar a cobertura vegetal utilizando o sensoriamento remoto.

### 3.1 NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada)

A utilização de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que foi proposto por Rouse et al., (1973) e estudado por vários autores (BEZERRA et al., 2011; SILVA et al., 2009; MELO et al., 2011; de LIMA JÚNIOR et al.,

2014), facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009).

O NDVI tem sido usado para muitos propósitos, incluindo avaliações resposta ecológica ao aquecimento global (PETTORELLI et al., 2005); mudança da cobertura da terra (HÜTTICH et al., 2007; GANDHI et al., 2015; LEITE et al., 2017, SILVA et al., 2017); desertificação (SYMEONAKIS; DRAKE, 2004); o controle da degradação e manutenção da preservação (LOURENÇO et al., 2017; COELHO et al., 2016); ou na análise de incêndios florestais (PRUDENTE; ROSA, 2016); desmatamento (BAYMA; SANO, 2015).

Os índices de vegetação auxiliam na geração de produtos que permitam a comparação das condições de vegetação em escalas globais (PONZONI et al., 2012). Constitui-se em um dos índices de vegetação de maior difusão, com larga aplicabilidade em estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos (CRUZ et al., 2011).

O NDVI é capaz de evidenciar variações sazonais, interanuais e de longo termo de parâmetros estruturais, fenológicos e biofísicos da vegetação (HUETE et al., 2002; CORREIA et al., 2006). Segundo Bayma; Sano (2015), as séries temporais de índices como NDVI, podem evidenciar se as mudanças ocorridas são devidas à sazonalidade climática ocasionada pela alteração no regime de chuvas ou se ocorrem por mudanças no uso da terra (desmatamentos e/ou queimadas).

Segundo Nguyen (2016), índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é calculado a partir das bandas 3 e 4 das cenas landsat 5 TM, correspondentes ao vermelho (parte do espectro visível com comprimento de onda de 0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ , onde a clorofila demonstra baixa reflectância) e ao infravermelho próximo (parte do espectro infravermelho com comprimento de onda de 0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$ , onde a clorofila demonstra alta reflectância).

O NDVI é calculado com base na diferença da refletância faixa de infravermelho próximo (*NIR*) e banda vermelha (*Red*) do Landsat (LIMA et al., 2014; BEZERRA et al., 2011; MELO et al., 2011). Assim, o NDVI é indicativo da presença de cobertura vegetal no pixel, e seus valores variam de -1 a +1, sendo o valor máximo a resposta obtida em pixels com vegetação densa em estágio avançado de crescimento, segundo a equação 1:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (1)$$

O NDVI (0,1 e abaixo) corresponde a áreas estéreis de rocha, areia. Valores moderados representam arbustos e pastagens (0,2 a 0,3), enquanto valores altos indicam florestas tropicais temperadas e tropicais (0,6 a 0,8). O solo nu é representado com valores de NDVI, que são mais próximos de 0 e corpos de água são representados com valores negativos de NDVI (GANDHI et al., 2015).

Considerando a importância de estudos sobre reservatórios de hidrelétrica e os diferentes impactos e suas consequências, o presente estudo pretende apresentar a evolução da aplicação do índice de vegetação ao longo do tempo e do espaço durante os anos de 2008 a 2018, correlacionando com o uso e ocupação do solo e levando em consideração as áreas de cobertura florestal na região da Área de Impacto Direto do complexo Hidrelétrico de Belo Monte.

### 3.2 O desmatamento na região Amazônica

A Região Amazônica do Brasil apresenta uma paisagem florestal extremamente expressiva e diferenciada, destacando a imensa concentração de vida desse ecossistema, além da expressiva presença de água. Sua posição geográfica estabelece um balanço energético dinâmico, com presença de altos índices de radiação solar e uma pluviosidade regular quase permanente que realizam a construção de uma biodiversidade única no mundo. (FREIRE, 2015).

O desmatamento é uma prática que consome a floresta Amazônica por várias décadas. O Brasil tem atuado pela redução do desmatamento da Amazônia desde o final do século XX, quando as discussões sobre a preservação da floresta foram iniciadas (FEARNSIDE, 2017).

Em 2004, o governo federal lançou o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), que são ações visando o controle do avanço do desmatamento nos municípios da região amazônica, promovendo a manutenção de seus serviços ecossistêmicos, por meio de um modelo de desenvolvimento econômico que leve em conta a conservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e do patrimônio cultural e natural das populações tradicionais. Cabe ressaltar que esses objetivos são consistentes com muitos objetivos da Agenda 20/30, da qual o Brasil é signatário.

Além disso, o Brasil assumiu um compromisso internacional durante a COP15 Conferência das Partes da Convenção do Clima (Copenhague) de reduzir em 80% o desmatamento até 2020, o que significa que o desmatamento total naquele ano deverá ficar em torno de 3,9 mil Km<sup>2</sup>. Tal meta poderia ser atingida até mesmo antes de 2020,

considerando as fortes reduções obtidas entre 2009 e 2012. De fato, a estimativa para o desmatamento em 2012 foi cerca de 4,6 mil Km<sup>2</sup> (PMV, 2013).

O objetivo de redução e controle da degradação florestal, novo foco dos planos, principalmente do PPCDAm, visa resguardar a integridade ambiental dos remanescentes de floresta, em especial aqueles já protegidos por unidades de conservação (UC) e terras indígenas (TI). Eles não trazem ações de recuperação e restauração da vegetação nativa, que serão objeto de outras políticas e programas no âmbito de uma política florestal integrada com as políticas de combate ao desmatamento (MMA- PPCDAm, 2018).

Em 2008, um dos resultados do PPCDAm, devido aos elevados índices de desmatamento detectados por toda a Amazônia, o governo federal realizou uma série de operações de combate ao desmatamento, com destaque para as operações “Arco de fogo” e “Guardiões da Amazônia” (IBAMA, 2008).

Em 2009, o MPF passou a investigar as cadeias produtivas vinculadas ao desmatamento ilegal na Amazônia. O resultado foram ações judiciais da cadeia produtiva da pecuária em Mato Grosso e Pará, que através do termo de ajuste de conduta (TAC da carne), tiveram que se adequar as legislações vigentes (NEPMV, 2013).

A prevenção e o controle do desmatamento são atribuições compartilhadas entre a União, os estados e os municípios. As ações de fiscalização são atribuições dos três entes federados em suas respectivas áreas de competência. Sob o contexto constitucional e normativo atual, particularmente após a Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, os estados são responsáveis por emitir as autorizações de supressão de florestas nos imóveis rurais localizados em seu território. A União e os municípios emitem autorizações apenas para as áreas sob sua competência, tais como, unidades de conservação e empreendimentos licenciados sob seu domínio de atuação (NEPMV, 2013).

A adesão ao Programa Municípios Verde (NEPMV) é a assinatura pelo município do Termo de Compromisso com o Ministério Público Federal, visando dar estabilidade jurídica e política ao programa. Alguns municípios paraenses haviam assinado o termo, no qual se comprometem com um conjunto de sete metas, a serem monitoradas pela coordenação do NEPMV e validadas pelo Comitê Gestor, que habilita o município a receber benefícios como o desembargo ambiental, incentivos fiscais e prioridade na alocação dos recursos públicos estaduais (NEPMV, 2013).

Para que seja possível controlar o desmatamento ilegal e também para promover políticas públicas que possam reduzir o desmatamento legalmente permitido, foi criado um mecanismo

de adicionalidade ao percentual de reserva legal previsto na Lei nº 12.651/2012, sem prejuízo ao desenvolvimento regional (MMA-PPCDAm, 2018).

No âmbito dos imóveis rurais, a implementação do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que tem o Cadastro Ambiental Rural (CAR) como seu principal instrumento. O CAR consiste na delimitação georreferenciada dos usos do imóvel rural, ou seja, das suas áreas de produção, de reserva legal e de preservação permanente, de acordo com a exigência legal (MMA-PPCDAm, 2018).

A Lei instituiu as regras para o planejamento do imóvel rural, diferenciando imóveis rurais com áreas inferiores a quatro módulos fiscais dos demais. Para os imóveis acima de quatro módulos, é preciso manter 80% da sua área com cobertura de vegetação nativa como área de Reserva Legal no bioma Amazônia (MMA-PPCDAm, 2018).

No Estado do Pará, além dos desmatamentos referentes à retirada de madeira, mineração e produção pecuária, há uma discussão a respeito da viabilidade e sustentabilidade socioambiental da instalação e funcionamento de empreendimentos hidroelétricos, como a Usina Hidrelétrica (UHE) de Belo Monte, na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu (FREIRE, 2015). Sabe-se que as bacias hidrográficas são sistemas ambientais vulneráveis ao uso e ocupação do seu espaço, pois tratam-se de sistemas abertos dinâmicos funcionando e dependente de forma direta do ciclo hidrológico.

Os municípios que fazem parte da AID de Belo Monte assinaram termos de compromisso com o MPF, estado do Pará, Faepa e IBAMA-PA, assumindo obrigações como: celebrar, um pacto pelo combate e controle do desmatamento; montar uma estrutura de monitoramento, fiscalização e controle do desmatamento com estrutura mínima de georreferenciamento; ter 80% do seu território relativo a imóveis privados ou posses no CAR; manter o controle do desmatamento em níveis inferiores a 40 km<sup>2</sup> por ano; introduzir, nas escolas municipais, noções de educação ambiental de forma transversal em várias disciplinas; criar um grupo de trabalho para acompanhar o processo de descentralização da gestão ambiental no município e o cumprimento das metas estabelecidas no TAC (PAULA FILHO; NERES, 2016).

Em respostas às pressões internacionais exercidas desde as conferências de Estocolmo de 1972 até a do Rio de Janeiro em 2012. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, tem realizado o monitoramento do desmatamento amazônico utilizando imagens de Satélite através do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal – PRODES, que estima as taxas anuais de desmatamento. Essas informações são utilizadas por entidades governamentais e não governamentais para o estabelecimento de políticas públicas visando à preservação da floresta (PRODES, 2016).

No entanto, recentemente, essas taxas voltaram a aumentar, principalmente na região conhecida como arco do desmatamento. Atualmente, em torno de 76% do desmatamento tem ocorrido nos polígonos que medem entre 0 e 25 hectares. (PAULA FILHO; NERES, 2016).

As mudanças nos padrões dos desmatamentos refletem a forma como vêm sendo realizadas as políticas de combate e controle: os órgãos executores dessas políticas (IBAMA, com auxílio do MPF e da Polícia Federal), têm se voltado especificamente para grandes desmatamentos, aqueles acima de 25 hectares. Apontam que o desafio passa a ser então o controle do desmatamento nos polígonos com menos de 25 hectares, aqueles que, além de receberem pouca atenção das políticas de controle, têm o agravante de serem pouco detectados pelos atuais sistemas de monitoramento mensais.

### 3.3 O Rio Xingú e a Hidrelétrica de Belo Monte

O rio Xingu é o terceiro maior afluente do rio Amazonas e o segundo maior sistema fluvial de águas da América do Sul (SAWAKUCHI et al., 2015). A bacia do rio Xingu é uma forte referência da diversidade socioambiental da Amazônia brasileira, mas também, é uma região de grandes contrastes. Possui um dos mais significativos e extensos corredores de áreas protegidas do mundo, que abriga um inédito mosaico da diversidade cultural brasileira, no contexto de uma biodiversidade peculiar que transita entre o Cerrado e a floresta Amazônica (ISA, 2012).

De acordo com Araújo (2014), o Brasil desenvolveu um modelo econômico baseado na geração de energia dependente de grandes hidrelétricas, o que vem gerando a ocorrência de conflitos socioambientais nas áreas desses empreendimentos, que decorrem da utilização dos recursos naturais ou pela apropriação de territórios de comunidades tradicionais. Nesse sentido, construída no Rio Xingu, a Usina Hidrelétrica de Belo Monte tem gerado grandes discussões e muita repercussão acerca de sua implementação, devido aos impactos ambientais gerados (ARAÚJO, 2014).

A AID da UHE de Belo Monte, o setor do Baixo Curso do rio Xingu, sofre com ação antrópica e tem se intensificado neste território a partir da abertura da Rodovia Transamazônica (BR-230) nos anos 1970, e mais recentemente pela implantação da Usina Hidroelétrica (UHE) de Belo Monte na região sudoeste do estado do Pará.

A área denominada de Belo Monte ou Volta Grande do Xingu inclui territórios de cinco municípios (Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu) das mesorregiões do baixo e médio Xingu, no estado do Pará (SALOMÃO, 2007).

O projeto surgiu durante a ditadura militar, quando se iniciaram os primeiros estudos de aproveitamento hidrelétrico do rio Xingu no Pará. Esse período ficou marcado pela construção dos grandes projetos de aproveitamento hidrelétrico no Brasil nos marcos do projeto nacional-desenvolvimentista, que segundo argumentos de órgãos oficiais, pelas características físicas e naturais do território, assim como por questões tecnológicas e de custo-benefício (FAINGUELERNT, 2016).

Com previsão de inundação de dois milhões de hectares, dentre estas várias Terras Indígenas e glebas ribeirinhas (ARAÚJO 2014), com previsão de inundação de dois milhões de hectares, dentre estas várias Terras Indígenas e glebas ribeirinhas. O projeto sofreu grande oposição dos povos indígenas, grupos de ambientalistas e movimentos sociais, culminando no Encontro dos Povos Indígenas em Altamira em Fevereiro de 1989, que de acordo com Sevá Filho (2005) enterrou por um tempo o projeto.

Nos anos 1980, o governo federal investe em planejamento em energia hidrelétrica, com destaque na Amazônia, por meio do Plano 2010 – Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010. O Plano 10 sugeria a construção de 165 usinas hidrelétricas até 2010, sendo 40 delas na Amazônia Legal (ARAÚJO, 2014).

Em 1994, o projeto foi remodelado e adaptado ambientalmente. O reservatório da usina foi consideravelmente reduzido (passou de 1.225 km<sup>2</sup> para 400 km<sup>2</sup>), evitando a inundação da Área Indígena Paquiçamba (LUNA, 2010). Sendo rebatizado em 1999 de Complexo Hidrelétrico de Belo Monte (CHBM) como um barramento isolado no rio Xingú, surgindo como a salvação do país, devido a crise de oferta de energia ocasionada. (ARAÚJO 2014).

Em uma briga de força entre o governo federal, IBAMA, comunidades atingidas (ribeirinhos e população indígena), justiça federal e ministério público, até que em 2005 o Congresso Nacional aprovou o Decreto Legislativo nº 788/2005 que autorizou a implantação do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) de Belo Monte. Em 2008 ocorre o Encontro Xingu Vivo para Sempre, com representações da população local e nacional, a fim de debater os impactos de hidrelétricas na Bacia do Rio Xingu (FREIRE, 2018).

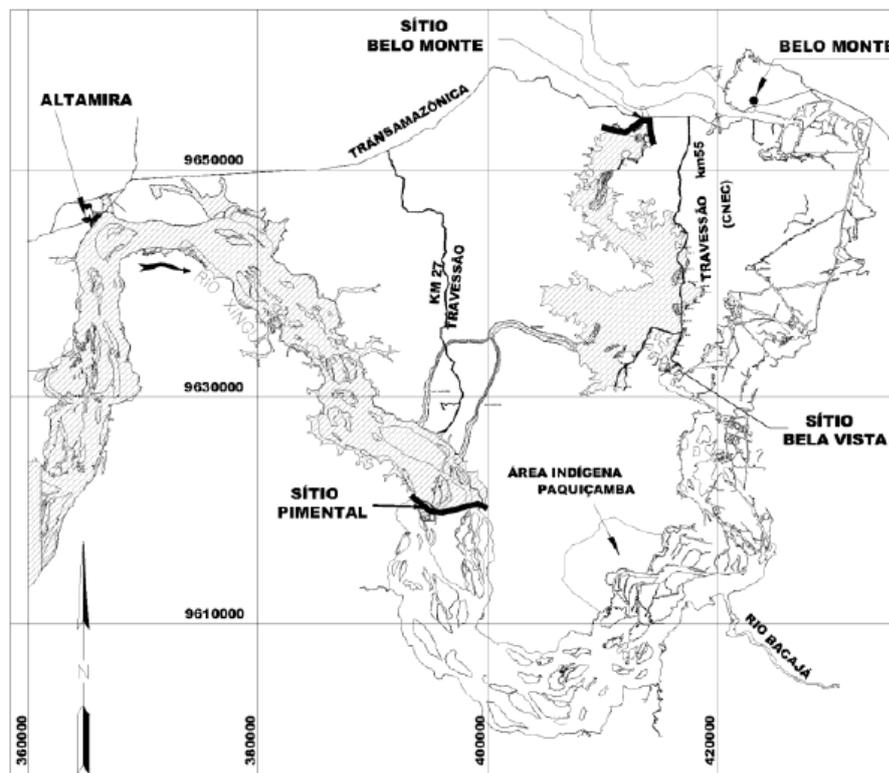
Em um processo obscuro são realizadas quatro audiências públicas sobre Belo Monte em Setembro de 2009, com os EIA somente sendo disponibilizados dois dias antes da primeira audiência, o que leva o MPF, a apresentar uma recomendação ao IBAMA para a realização de pelo menos mais treze audiências. Nestes estudos iniciais apresentados, a UHE de Belo Monte causariam impactos direta ou indiretamente em 66 municípios e 11 Terras Indígenas. O Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impactos Ambientais (EIA-RIMA) de Belo Monte foram finalizados em 2009 (ARAÚJO, 2015).

A construção da UHE de Belo Monte foi autorizada após obter as licenças: Prévia em fevereiro de 2010, de Instalação em junho 2011 e a de Operação em novembro de 2015 e opera desde abril do ano 2016, devendo estar em pleno funcionamento em 2019. Belo Monte, a maior 100% brasileira e a quarta maior do mundo, encontra-se com 14 das suas 24 unidades geradoras em atividade, que possuem a capacidade de atender 60 milhões de pessoas, 11.233,1 MW de potência instalada, a quantidade média de geração de energia de 4.571 MW e distribui energia para 17 estados do Brasil (Norte Energia S.A., 2016).

O Complexo Hidrelétrico de Belo Monte está localizado no Volta Grande no rio Xingu, no Estado do Pará. O projeto envolve três sítios: o sítio Belo Monte (casa de força principal), que se encontra no cruzamento do rio Xingu e da rodovia Transamazônica, o sítio Pimental (barramento, casa de força complementar, vertedouro principal), que fica em Vitória do Xingu e Altamira, e o sítio Bela Vista (vertedouro auxiliar), na região entre Belo Monte e Pimental.

Na Figura 1 é mostrado o Complexo Hidrelétrico de Belo Monte: a água é desviada pela barragem do Pimental, transferido lateralmente para a barragem de Belo Monte, construída em um tributário da margem esquerda (com uma barragem secundária em Bela Vista para evitar o derramamento no rio), de onde é devolvido ao rio depois de gerar eletricidade (SOUSA JUNIOR; REID, 2010).

Figura 1- Mapa da região de Belo Monte.



Fonte: SOUSA JUNIOR E REID, 2010.

Nas imediações da cidade de Altamira, o rio Xingu sofre uma acentuada deflexão formando a chamada Volta Grande, de grandes corredeiras, com um desnível de 85m em 160km” (BRASIL, 2009, p.88, apud FREIRE, 2018 p.32). O desvio das águas implica na mudança no nível do rio, sendo assim, nas áreas de reservatório o nível aumentou para 97m acima do nível do mar.

Segundo Freire, (2018) a Volta Grande do Xingu, caracterizada por uma área onde o curso do rio apresenta baixa profundidade com a presença de afloramentos rochosos acima do nível fluvial, houve redução da vazão do rio.

Quando todas as turbinas forem instaladas em 2019, um trecho de 100 km de rio abaixo da barragem principal vai perder 80% do seu volume de água, destruindo os meios de subsistência da população de ribeirinhos que depende da pesca nesta área, bem como os povos indígenas em duas "terras indígenas" deste trecho de "vazão reduzido" e um no Rio Bacajá, um afluente do Xingu Planos para barragens adicionais a montante de Belo Monte, são oficialmente negados atualmente, que inundariam vastas áreas de terra indígena, onde os impactos ambientais também serão grandes (FEARNSSIDE, 2017).

Dentre os fatores associados aos impactos no meio físico-biótico com a implantação do reservatório destacam-se: que a formação de um reservatório aumenta a pressão hidrostática sobre as nascentes situadas ao longo das margens do rio e nos rios que são represados, o que pode levar a alterações na alimentação natural e drenagem de aquíferos (ELETROBRAS, 2009); o desmatamento e aumento da erosão nas margens dos rios e igarapés; a eliminação do pulso de inundação; as mudanças na vazão do rio e alterações no ciclo hidrológico na Volta Grande; a perda de habitat e biodiversidade; a perda de conectividade e rotas de migração; e as mudanças na qualidade da água (SANTOS, 2009).

As hidrelétricas têm uma grande emissão nos primeiros anos oriunda da morte das árvores, da decomposição subaquática do carbono do solo e das folhas da floresta original e a explosão de macrófitas nos primeiros anos devido à fertilidade maior da água (FÉLIX FILHO, 2013).

Segundo De Paula et al., (2016), as obras de Belo Monte tiveram início em 2011 e consistem de uma barragem principal, um reservatório (abrangendo parcialmente a calha do rio Xingu e parcela dos terrenos da margem esquerda deste curso d'água, na altura do trecho denominado Volta Grande, uma área de corredeiras de aproximadamente 386 km<sup>2</sup>) e duas casas de força, a principal na localidade de Belo Monte e uma casa de força complementar a ser posicionada na barragem principal.

Molina (2009) expõe que no trecho de 100 km entre o sitio da barragem (Pimental) e Belo Monte os níveis da água do rio Xingu e do lençol freático

baixarão como consequência da redução das vazões. Por isso é chamado de Trecho de Vazão Reduzida (TVR). A queda dos níveis ocorrerá também no trecho final de vários tributários incluindo o rio Bacajá, principal tributário do Xingu no TVR, mesmo que este rio não sofra nenhuma redução de vazão.

Para mitigar os impactos da redução da vazão, foi proposto pelo EIA (Estudo de Impacto Ambiental) um Hidrograma Ecológico - HE (RIMA, 2009), no qual permita que as planícies aluviais sejam molhadas ou, pelo menos, que as raízes das plantas da Floresta Aluvial sofram os efeitos da umidade.

### 3.4 Os impactos da UHE de Belo Monte

A barragem de Belo Monte (FIGURA 1), interrompe o Rio Xingu, deslocando aproximadamente 25.000 pessoas na cidade de Altamira e 18.000 ribeirinhos ao longo do trecho deste afluente do Rio Amazonas que atualmente está inundado pelo reservatório (VILLAS-BÔAS et al. 2015).

Os impactos totais de Belo Monte levarão algum tempo para se manifestar, mas as pescarias, a navegação e os meios de subsistência já foram afetados durante o processo de construção (MAGALHÃES et al., 2016). A área afetada possui uma biodiversidade rica e única de vários grupos taxonômicos, especialmente na fauna de peixes excepcionalmente diversificada (LEES et al., 2016).

O Projeto Volta Grande pode aumentar as perdas de biodiversidade e no funcionamento do ecossistema de Belo Monte (TÓFOLI et al., 2017). O processo foi interrompido por várias vezes para levar em consideração as diretrizes do novo órgão ambiental (SOUSA JUNIOR; REID, 2010). O licenciamento ambiental tem sido controverso, principalmente devido à falta de consulta com pessoas locais - comunidades tradicionais e indígenas e os impactos ambientais são subestimados.

Os impactos nos ecossistemas e na biodiversidade devem ser enfatizados. Os efeitos diretos e indiretos incluem a alteração do em grande parte uma mudança no ecossistema de água doce, conseqüentemente impactando a interação biótica; saturação dos solos adjacentes; alterações microclimáticas; e formação de ilhas no reservatório. Perdas que por sua vez é difícil de medir, contribuindo para a subestimação dos impactos nas avaliações ambientais (SOUSA JUNIOR; REID, 2010).

Nesse sentido, analisar da evolução de vegetação ao longo do tempo e espaço, com ênfase no aumento do desmatamento, na região de Belo Monte através da aplicação do índice NDVI, calculado a partir de imagens Landsat 5/TM e Landsat 8/OLI, durante os anos de 2008 à 2018, e assim, possibilitar um planejamento de políticas públicas mais efetivas para as áreas diretamente afetadas pela construção da hidrelétrica.

#### **4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.**

Para o desenvolvimento da pesquisa, realizou-se primeiramente a caracterização da área de estudo, a Área de Influência Direta da barragem de Belo Monte (área de estudo), é a área geográfica diretamente afetada pelos impactos decorrentes do empreendimento e corresponde ao espaço territorial contíguo. Esta fase contou com a realização de um levantamento bibliográfico relacionado ao empreendimento, e também sobre a ferramenta a ser aplicada que é o NDVI.

Durante o levantamento bibliográfico, foram procurados trabalhos relacionados de mesmo bioma, para que os resultados fossem analisados de forma idônea e comparados para se ter uma confiabilidade nos resultados.

Em seguida, realizou-se a seleção das imagens de satélite e utilizou-se o Processamento Digital de Imagens (PDI), que se caracteriza por grande diversidade de técnicas destinadas a facilitar a extração de informações contidas em uma imagem. Devido à quantidade de informações em uma imagem, que é muito maior do que a que o olho humano pode perceber que implica na necessidade de processá-las, traduzindo as informações para o intérprete ou extraíndo das imagens apenas a parte essencial para os fins determinados.

O pré-processamento prepara a imagem, adequando-a do ponto de vista geométrico, radiométrico diminuindo os efeitos atmosféricos, os métodos de processamento realçarão o comportamento espectral ou textual de um objeto ou fenômeno. As classificações enquadraram-se num grupo diferenciado dentre as técnicas de processamento digital permitindo classificar uma imagem em temas, gerando mapas temáticos (JACINTHO, 2003). Durante esta fase foi utilizada a ferramenta - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

Vale ressaltar que o trabalho apenas analisou o NDVI originado a partir de um conjunto de imagens de satélite e os seus consequentes mapas de vegetação. Neste sentido, não foram realizadas análises sociais ou econômicos decorrentes do cenário adotado.

##### **4.1 Levantamento bibliográfico**

Esta dissertação está fundamentada em vários autores e pesquisadores através dos seus trabalhos científicos, além das pesquisas diversas realizadas sobre o tema geoprocessamento de imagens, verificando os fatores que norteiam a problemática principal do referido trabalho e as técnicas de análises que possibilitam resultados significativos correlacionados a gestão ambiental.

A Revisão integrativa se baseia em publicações localizadas em diferentes fontes de pesquisas na área de geoprocessamento, com enfoque em pesquisas quantitativas. Inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico a partir de livros, teses, dissertações, revistas acadêmicas, atas e documentos oficiais de instituições governamentais (TABELA 1) para a obtenção de informações a respeito da cobertura do solo na região da hidrelétrica de Belo Monte e do índice NDVI, ferramenta que permitirá uma melhor caracterização da área (SANTOS et al., 2016; LEITE et al., 2017).

Tabela 1 - Base de dados utilizados para apresentação dos mapas:

BASE DE DADOS	ESCALA	FONTE
Limites estaduais e municipais	1:500.000	IBGE
Sedes municipais	1:500.000	IBGE
Estradas (oficiais e não oficiais)	1:50.000	Imazon
Terras Indígenas	1:500.000	FUNAI
Unidades de Conservação	1:1.000.000	IBAMA
Assentamentos	1:500.000	INCRA
Desmatamento	1:250.000	INPE

Durante o levantamento bibliográfico, constatou-se que diversos índices são aplicados ao processamento de imagens, contudo percebeu-se que a utilização do NDVI, como instrumento no processo de caracterização da cobertura do solo, ocorre de maneira expressiva na maioria dos artigos encontrados e nos seus levantamentos bibliográficos.

As principais fontes primárias utilizadas foram documentos oficiais do licenciamento ambiental de Belo Monte, como atas de ações civis públicas e pareceres técnicos dos órgãos responsáveis pela avaliação dos impactos do empreendimento a respeito da cobertura do solo na região da hidrelétrica de Belo Monte, além de artigo, livros, teses, dissertações sobre sua geopolítica, geografia e os problemas ambientais encontrados devido à implantação da atividade de geração de energia hidrelétrica na região amazônica.

Os dados usados são provenientes do tipo de cobertura da superfície terrestre (floresta e desmatado) relacionadas ao PRODES, que independente do instrumento utilizado, a área mínima mapeada pelo PRODES é de 6,25 hectares. Este programa realiza o monitoramento do desmatamento por corte raso (remoção total da floresta) para a Amazônia Legal (INPE, 2014).

#### 4.2 Caracterização da área de Belo Monte

De acordo com os Estudos de Impacto Ambiental (EIA), a região da UHE de Belo Monte, os elementos climáticos para a área apresentam-se dispostos da seguinte maneira:

temperatura média anual de 25° C, apresentando isotermas maiores, em torno de 26°C; totais pluviométricos anuais em torno de 2.300 mm, com as maiores precipitações ocorrendo no período de janeiro a abril, e as menores no período que vai de julho a outubro, sendo agosto o mês mais seco e fevereiro de maior precipitação. A umidade relativa do ar apresenta valores de isohigros em torno de 85% (BRASIL, 2009).

Com relação à pedologia, descritos no EIA da UHE de Belo Monte, ocorrem pequenos trechos de solos com porcentagens pequenas de argila e a presença de solos mais argilosos em grande parte das bacias hidrográficas (BRASIL, 2009).

As principais unidades de paisagens são: florestas ombrófilas ou úmidas, podendo ser abertas ou densas; vegetação aluvial, diretamente influenciada pelo sistema hidrológico do rio Xingu; e florestas secundárias recentes e antigas, áreas de capoeiras utilizadas para culturas de ciclos curto, longo e pastagens (MPEG, 2002).

Segundo Salomão et al. (2007), na zona de influência da rodovia Transamazônica (BR-230), na região do rio Xingu e suas transversais (FIGURA 1), cuja ocupação humana tem sido intensamente cerca de 60% da cobertura vegetal original foram convertidos em diversos tipos de usos da terra, entre os quais agricultura familiar de ciclo curto, pastagens para pecuária bovina e culturas perenes, como cacau e pimenta do reino.

#### 4.3 Área da pesquisa

A barragem de Belo Monte, foi selecionada porque produz impactos notáveis no Rio Xingu e ecossistemas circunvizinhos, bem como impactos sociais, visto que, 25.000 pessoas foram deslocadas na cidade de Altamira e aproximadamente 18.000 ribeirinhos ao longo do trecho deste afluente do Rio Amazonas que atualmente está inundado pelo reservatório (VILLAS-BÔAS et al., 2015).

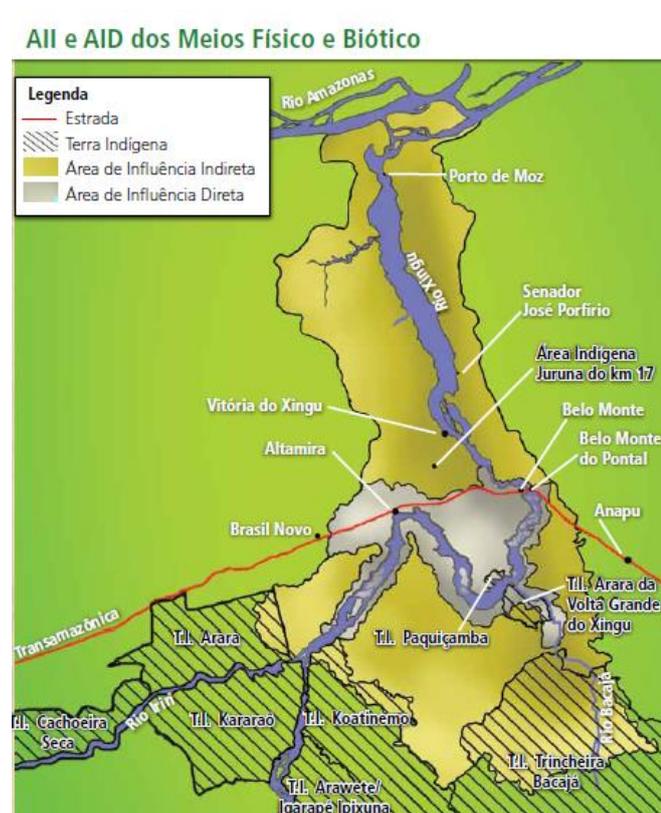
A área da pesquisa compreende alguns municípios do entorno do empreendimento da UHE de Belo Monte: Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, que é a Área de Influência Direta (AID) delimitada pela extensão dos impactos causados pela implantação do complexo hidrelétrico de Belo Monte.

A Área de Influência Direta (AID) foi definida no EIA, estudo usado para aprovar a construção das barragens durante seu processo de regularização ambiental; delineado por um polígono (*buffer*) a cada lado do rio Xingu com base nas informações contidas no EIA da UHE de Belo Monte.

De acordo com a legislação Brasileira vigente (CONAMA 01/86, Nota Técnica nº 39/2007 – 4ª CCR), onde a área de influência que é a definição dos 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, é delimitada em três âmbitos – Área de Influência Indireta (AII), Área de Influência Direta (AID) que para a UHE de Belo Monte corresponde a aproximadamente 51.521 km<sup>2</sup> e a Área Diretamente Afetada (ADA) corresponde aproximadamente 1.522 km<sup>2</sup> (FIGURA 2). Os impactos ambientais e socioeconômicos ocorrem nas fases de implantação, construção e operação do empreendimento, ora com relações causais diretas, ora indiretas. Além da ADA onde se localiza o empreendimento.

Figura 2- Mapa demonstrativo das áreas de influência região de Belo Monte.



Fonte: IBAMA, 2011.

#### 4.4 Obtenção e tratamento de imagens.

As imagens LANDSAT foram obtidas na Divisão de Geração de Imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (U.S.G.S. – *United States of Geological Survey*) preferencialmente de períodos secos de 2008 à 2018. As Imagens selecionadas terão órbita 225, ponto 62 e órbita 226, ponto 62, a projeção em UTM, DATUM SIRGAS 2000, zona 22 sul. Contudo, com relação ao ano de 2012, não foi possível a análise das cenas devido à má qualidade da imagem, visto que não se tem a visão da cobertura do solo, objeto deste estudo. As Imagens selecionadas e seus detalhes estão relacionados na tabela 2:

Tabela 2 – Identificação das imagens orbitais da área de estudo, com projeção em UTM, Datum Sirgas 2000, zona 22 sul.

<b>SATÉLITE/SENSOR</b>	<b>DATA</b>	<b>ÓRBITA</b>	<b>PONTO</b>
LANDSAT 5/TM	11/07/2008	225	062
LANDSAT 5/TM	02/07/2008	226	062
LANDSAT 5/TM	30/05/2009	225	062
LANDSAT 5/TM	19/06/2009	226	062
LANDSAT 5/TM	15/06/2010	225	062
LANDSAT 5/TM	24/07/2010	226	062
LANDSAT 5/TM	04/07/2011	225	062
LANDSAT 5/TM	27/07/2011	226	062
LANDSAT 8/OLI	25/07/2013	225	062
LANDSAT 8/OLI	01/08/2013	226	062
LANDSAT 8/OLI	28/07/2014	225	062
LANDSAT 8/OLI	20/08/2014	226	062
LANDSAT 8/OLI	16/08/2015	225	062
LANDSAT 8/OLI	23/08/2015	226	062
LANDSAT 8/OLI	17/07/2016	225	062
LANDSAT 8/OLI	26/09/2016	226	062
LANDSAT 8/OLI	16/08/2017	225	062
LANDSAT 8/OLI	23/08/2017	226	062
LANDSAT 8/OLI	23/07/2018	225	062
LANDSAT 8/OLI	15/08/2018	226	062

As imagens obtidas durante o período seco justificaram-se por ser o período ideal do ano para analisar os efeitos do desmatamento, devido à menor instabilidade atmosférica gerada por ausência de circulações de grande escala.

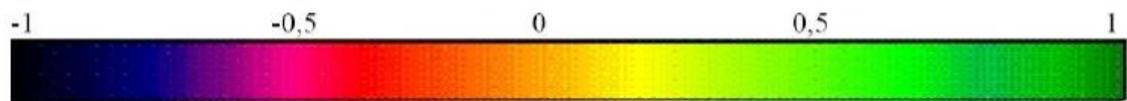
As cenas foram processadas e os mapas temáticos gerados no ArcGIS® 10.2.2. Um arquivo de imagem foi importado para o software ArcGIS®10.2.2 e gerado o polígono constituindo a máscara da AID da região de Belo Monte, que foi sobreposta ao mosaico das imagens obtido previamente. O processamento digital de dados de satélite fornece ferramentas para analisar a imagem através de diferentes algoritmos e índices matemáticos. O processamento das imagens é baseado em características como: radiância e refletância e foram ajustados quando necessário para destacar as características de interesse na imagem (ALLEN et. al., 2002; SILVA et al., 2017). Foi utilizado uma combinação de bandas RGB (LANDSAT 8/OLI- 6, 5, 4 e para o LANDSAT 5/TM - 5, 4, 3) para a composição da imagem com a finalidade de ressaltar a visualização da vegetação.

Posteriormente foram criados planos de informação pertencentes a categorias “Imagem”, que foram armazenadas as imagens TIFF; onde são guardadas armazenar as imagens de

NDVI geradas com uma grade numérica; e outra “NDVI”, onde ficaram os mapas temáticos de NDVI e arquivos do tipo shapefile. O arquivo shape correspondente à delimitação da AID de Belo Monte foi usado como máscara para que fossem feitos os recortes das imagens TIFF, eliminando as áreas que não interessavam ao estudo.

Foi aplicada a ferramenta NDVI para o mapeamento de áreas e em seguida foi gerada uma grade com os valores processados e assim, a criação de classes temáticas com base em intervalos de valores do índice, para geração das imagens temáticas, com intervalos de valores definidos associados a uma escala de cores. A Figura 3 expõe um exemplo da escala de valores e suas cores correspondentes ao NDVI (MELO et al.,2011).

Figura 3- Valores do resultado da razão entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo.



Fonte: MELO et al.,2011

Esse índice é expresso através da equação gerada a partir da diferença da refletância da faixa de infravermelho próximo e banda vermelha dividido pela soma das mesmas provenientes do satélite, como exposto na equação 1 da página 25. Como o resultado, é uma técnica bastante importante utilizada para melhor visualizar regiões no que diz respeito à variação da vegetação, ele é a razão entre as bandas de alta correlação entre si e serve para realçar os alvos de interesse e a biomassa vegetal (PACHECO et al., 2006).

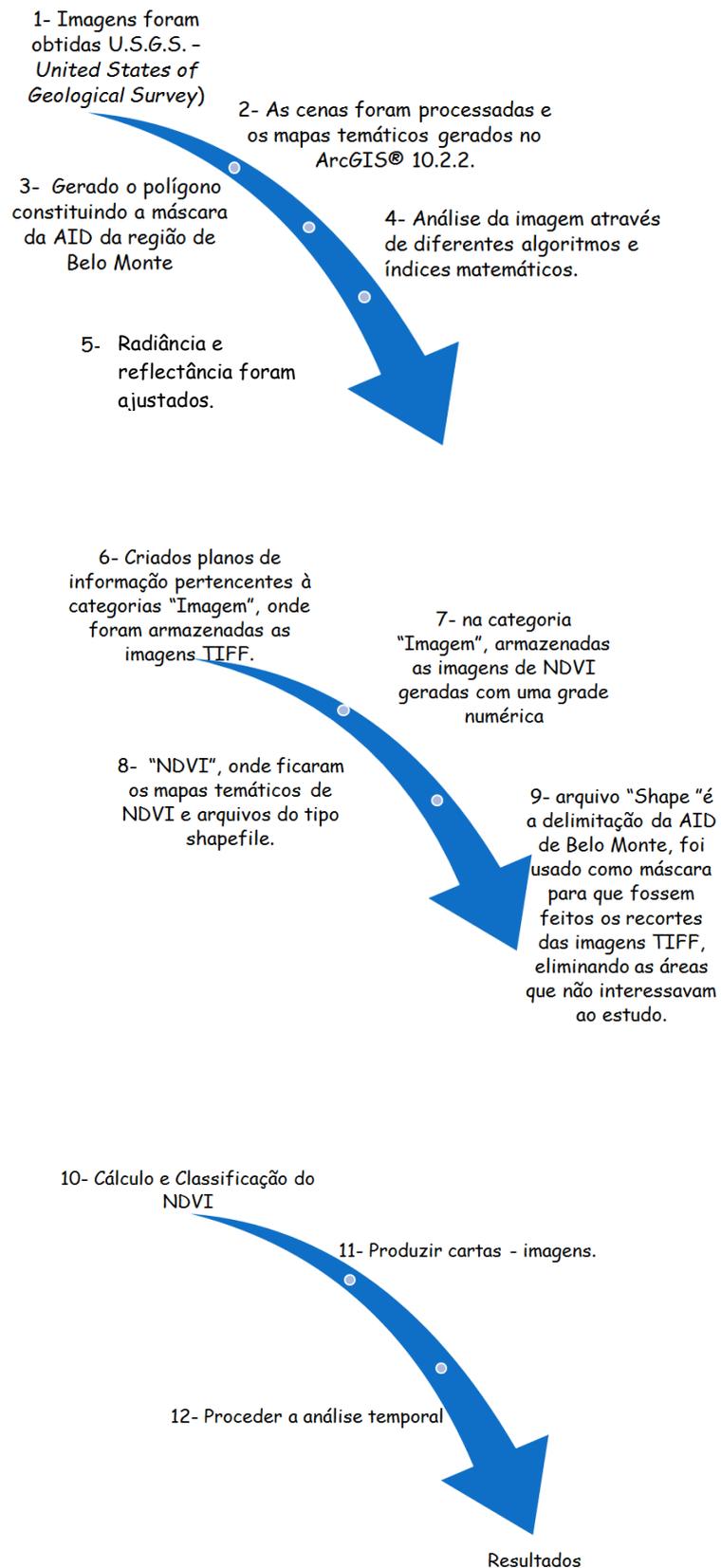
De acordo com Oliveira e Freitas (2015), os valores encontrados do NDVI foram contabilizados e subdivididos em 4 classes (TABELA 3), a saber:

Tabela 3-Representação das classes de valores resultantes do NDVI.

VALORES	CLASSES
$NDVI \geq 0,6$	Presença de vegetação densa
$0,2 \leq NDVI < 0,5$	Presença de vegetação em crescimento
$- 0,2 \leq NDVI < 0,2$	Presença de solo exposto, água, entre outros

O procedimento adotado foi o de pesquisa-ação, sendo utilizada a técnica de triangulação de dados. As etapas estão descritas no fluxograma (Figura 4).

Figura 4 - Fluxograma de etapas da metodologia:



## **5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Para a construção de um quadro diagnóstico da AID de Belo Monte, como subsídio para a elaboração do zoneamento ambiental, e para um melhor entendimento da dinâmica de desmatamento e uso da área, preliminarmente, procedeu-se uma pesquisa para identificação dos dados disponíveis.

Tais métodos sugerem a integração de dados sobre sócio- economia, áreas indígenas, clima, Geomorfologia e solos, vegetação, Dados do EIA de Belo Monte referentes à vegetação, e Uso/Cobertura do solo para a análise das fragilidades e aptidões do meio ambiente.

Quando constatada a indisponibilidade de cartas imagem em escala adequada, procedeu-se a digitalização da carta da AID de Belo Monte, que agrega informações sobre estes temas, em especial no que tange aos dados do EIA para tipo de vegetação.

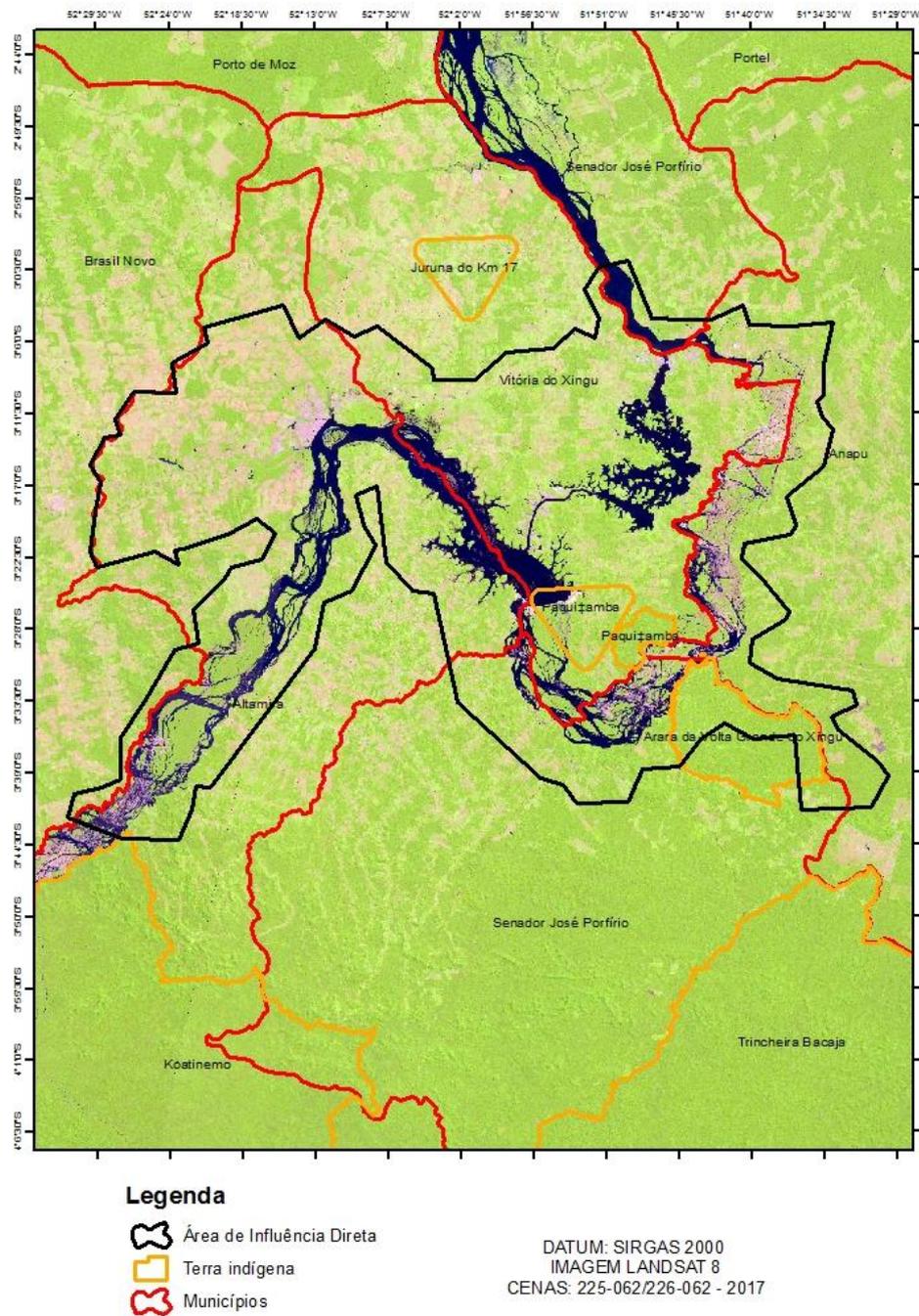
O processamento de imagens de sensoriamento remoto foi empregado na produção de um mapa de uso e cobertura do solo, bem como na análise da dinâmica da vegetação na região.

Finalmente, procedeu-se a integração dos dados através da análise espacial. A interpretação do quadro resultante foi feita visando à proposição de diretrizes para um Plano de Gestão Ambiental.

### 5.1 Sócio Econômica

A maioria das sedes municipais localiza-se às margens da rodovia Transamazônica, menos as cidades de Porto de Moz, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, que estão localizadas às margens do rio Xingu (FIGURA 5).

Figura 5- Mapa de localização da AID de Belo Monte



Fonte: próprio autor.

A agricultura familiar é a base da economia local. Tem sua origem na agricultura ribeirinha e nas atividades extrativistas tradicionais (borracha, castanha-do-Brasil). O café, a pimenta, a banana e o coco são outras culturas encontradas, além da mandioca, arroz, milho e feijão, que formam a base alimentar da região. A pecuária ocupa grande parte das terras, cerca de quatro vezes mais do que as áreas que são ocupadas pelas lavouras. Áreas de florestas também são usadas para atividade econômica, como o extrativismo vegetal, que junta atividades tradicionais, como a extração da castanha e do açaí, com outras de grande impacto ambiental, como a exploração de madeira. Cerca de 10 por cento da extração de madeira do estado do Pará é feita na Área de Influência Indireta da UHE Belo Monte, com alta produção de lenha e madeira em tora (ELETROBRÁS, 2009).

As atividades industriais são pequenas, estão mais ligadas à produção agropecuária (como separação de polpas, moagem de grãos e abate de animais) e, as empresas dedicadas à transformação da madeira em produtos que possam ser comercializados e à extração mineral, em sua maioria localizada em Altamira (ELETROBRÁS, 2009).

A infraestrutura é carente, como também, os serviços públicos de educação e saúde. Nos períodos de chuva, em algumas áreas o trânsito de pessoas não é possível pelas vicinais, por isso, o rio Xingu e seus afluentes são muito importantes para a população, pois a navegação no rio é a forma de transporte mais utilizada, inclusive para transporte de carga. Os principais portos são os portos em Vitória do Xingu, Porto de Moz, Senador José Porfírio, além de Altamira. De Altamira partem embarcações para várias localidades ribeirinhas, incluindo o acesso a várias Terras Indígenas (ELETROBRÁS, 2009).

Os impactos ambientais, pelo uso e ocupação da terra da região do vale do rio Xingu, para um melhor entendimento desse uso por ribeirinhos, pequenos extrativistas habitantes de áreas de proteção ambiental dentre muitas outras populações que dependem dos recursos naturais da área, utiliza-se o Cadastro Ambiental Rural (CAR) que é um instrumento fundamental para auxiliar no processo de regularização ambiental de propriedades e posses rurais. Consiste no levantamento de informações georreferenciadas do imóvel, com delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APP), Reserva Legal (RL), remanescente de vegetação nativa, área rural consolidada, áreas de interesse social e de utilidade pública, com o objetivo de traçar um mapa digital a partir do qual são calculados os valores das áreas para diagnóstico ambiental (MMA, 2018).

O produto final do CAR é um mapa de uso do solo do imóvel que expõe a lógica de ocupação pelo seu ocupante, os remanescentes florestais e os passivos ambientais. Os dados

gerados pelo georreferenciamento são armazenados no Sistema de Monitoramento e Licenciamento Ambiental (Simlam), onde as informações inerentes ao CAR são recebidas pela Semas-PA (PAULA FILHO; NERES, 2016).

O CAR tornou-se obrigatório a partir de 2008 quando ocorreu a inclusão de alguns desses municípios na lista de embargo do MMA e sucedeu-se uma série de ações na região visando o combate do desmatamento ilegal. Dessa forma, o poder público local, juntamente com a Semas-PA, intensificou debates e ações no sentido de regularizar a situação ambiental e produtiva, e, dessa forma, o CAR passou a ser utilizado como o principal instrumento (PAULA FILHO; NERES, 2016).

Ferramenta importante para auxiliar no planejamento do imóvel rural e na recuperação de áreas degradadas, o CAR fomenta a formação de corredores ecológicos e a conservação dos demais recursos naturais, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental, sendo atualmente utilizado pelos governos estaduais e federal.

Uma vez identificado o desmatamento ilegal, pelo monitoramento de órgão ambiental, o local é encontrado através da base CAR, identificando então o responsável e automaticamente quando o desmatamento é confirmado pelo órgão ambiental, a propriedade entra para a Lista de Desmatamento Ilegal (LDI) estadual, embargando a área da propriedade desmatada.

Antonaz (2009), afirma que é necessário estar atento à parcela da população que seria afetada pela construção da hidrelétrica, segundo o EIA, além de alerta à minimização da “complexidade sócio-cultural da população residente atingida, reduzida à categoria de diversos tipos de proprietários ou não proprietários, pessoas que terão suas terras alagadas ou não”.

### 5.1.1 O município de Altamira

Altamira é um município brasileiro no estado do Pará, na Região Norte do país, fica a uma altitude de 109 metros, localiza-se em latitude 03°12'12" sul e longitude 52°12'23" oeste (IBGE, 2018).

Sua população estimada em 2018 era de 113.195 habitantes com uma densidade de 0.66 hab/km<sup>2</sup>, onde a população urbana representa 85,75% total e a população rural 14,25%. Com uma área de 159.533,328 km<sup>2</sup>, segundo o IBGE em 2018, posiciona-se como o município mais extenso do Brasil, que representa 12,79% do estado do Pará. Possui médio Índice de Desenvolvimento Urbano (IDH) 0,665 (IBGE, 2018;).

De acordo com o PMV- Programa Municípios Verdes o percentual de Cadastro Ambiental Rural (CAR) Área CAR cadastrada (SEMA-09/2017) 13.867,92 km<sup>2</sup>, 68.42% do total cadastrável.

O município de Altamira (PA) lidera o ranking desde junho de 2018, com uma área de aproximadamente 1.600 hectares de floresta derrubada em setembro segundo o boletim do ISA (2018). Em quanto para o INPE/PRODES durante o período de 08/2015 a 07/2016 desmatamento foi de 409,50 km<sup>2</sup>.

### 5.1.2 O município de Senador José Porfírio

É um município brasileiro do estado do Pará, pertencente à mesorregião do Sudeste Paraense e microrregião de Altamira. Localiza-se no norte brasileiro, a uma latitude 02°35'27" sul e longitude 51°57'15" oeste (IBGE, 2018).

Sua população estimada em 2018 era de 11.827 mil habitantes distribuídos em 14.419 km<sup>2</sup> de extensão territorial, com uma densidade de 0.81 hab/km<sup>2</sup>, onde a população urbana representa 49.82% total e a população rural 50.18%, possui baixo Índice de Desenvolvimento Urbano (IDH) 0,514 (IBGE, 2018).

O município de Senador José Porfírio é sede do maior projeto de mineração de ouro a céu aberto, proposto por uma corporação canadense, a Belo Sun. De 2013 a 2017, o desmatamento no município aumentou mais de 500%. Parte deste aumento é atribuído por analistas a outro megaempreendimento: a hidrelétrica de Belo Monte.

O percentual de Cadastro Ambiental Rural (CAR) Área CAR cadastrada (SEMA-09/2017) 1.982,45 km<sup>2</sup>, 70,76% do total cadastrável de acordo com o PMV- Programa Municípios Verdes.

O município de Senador José Porfírio (PA) lidera o ranking desde junho de 2018, com uma área de aproximadamente 1.600 hectares de floresta derrubada em setembro segundo o

boletim do ISA (2018). Enquanto para o INPE/PRODES durante o período de 08/2015 a 07/2016 desmatamento foi de 68,00 km<sup>2</sup>.

### 5.1.3 O município de Vitória do Xingu

Vitória do Xingu é um município brasileiro do estado do Pará, localiza-se a uma latitude 02°52'48" sul e a uma longitude 52°00'36" oeste. Sua população estimada em 2016 era de 14.566 habitantes. Possui uma área de 3.135,2 km<sup>2</sup> de extensão territorial, com uma densidade de 4,71 hab/km<sup>2</sup>, onde a população urbana representa 39.77% total e a população rural 60.23% possui baixo Índice de Desenvolvimento Urbano (IDH) 0,597 (IBGE, 2018).

O percentual de Cadastro Ambiental Rural (CAR) Área CAR cadastrada (SEMA-09/2017) 1.982,45 km<sup>2</sup>, 70.76% do total cadastrável de acordo com o PMV- Programa Municípios Verdes. Enquanto para o INPE/PRODES durante o período de 08/2015 a 07/2016 desmatamento foi de 10,30 km<sup>2</sup>.

### 5.1.4 O município de Brasil Novo

Brasil Novo é um município brasileiro do estado do Pará, pertencente à Mesorregião do Sudoeste Paraense. Localiza-se no norte brasileiro, a uma latitude 03°18'17" sul e a uma longitude 53°32'08" oeste, estando a uma altitude de 190 metros, com uma área de 6.362 km<sup>2</sup>. Sua população estimada em 2016 era de 14.834 habitantes com uma densidade de 2,33 hab/km<sup>2</sup>, onde a população urbana representa 38.49% total e a população rural 61.51%. Possui médio Índice de Desenvolvimento Urbano (IDH) 0,613 (IBGE, 2018).

De acordo com o PMV- Programa Municípios Verdes o percentual de Cadastro Ambiental Rural (CAR) Área CAR cadastrada (SEMA-09/2017) 4.166,43 km<sup>2</sup>, 86.96% do total cadastrável. Enquanto para o INPE/PRODES durante o período de 08/2015 a 07/2016 desmatamento foi de 6,50 km<sup>2</sup>.

### 5.1.5 O município de Anapu

Anapu é um município brasileiro localizado no estado do Pará, na Região Norte do país. Sua população estimada em 2018 era de 27 161 habitantes. Situa-se a uma latitude 03°28'20" sul e a uma longitude 51°11'52" oeste, estando a uma altitude de 96 metros. Com uma área de 11.895,296 km<sup>2</sup>. Sua população estimada em 2016 era de 14.834 habitantes com uma densidade de 2,28 hab/km<sup>2</sup>, onde a população urbana representa 48.02% total e a população rural 51.98%. Possui médio Índice de Desenvolvimento Urbano (IDH) 0,613 (IBGE, 2018).

De acordo com o PMV- Programa Municípios Verdes o percentual de Cadastro Ambiental Rural (CAR) Área CAR cadastrada (SEMA-09/2017) 5.202,26 km<sup>2</sup>, 80.59% do total cadastrável. Enquanto para o INPE/PRODES durante o período de 08/2015 a 07/2016 desmatamento foi de 85,80 km<sup>2</sup>.

## 5.2 Áreas Indígenas

Os impactos não se limitam somente ao meio ambiente, mas, sobretudo as várias populações indígenas que serão direta ou indiretamente afetadas, pois utilizam o rio Xingu para obtenção de alimentos (ARAÚJO, 2014).

Os povos indígenas da bacia do Xingu somam 28 etnias que totalizam cerca de 20 mil índios distribuídos em 19,8 milhões ha (cerca de 40% da bacia), que serão direta ou indiretamente afetados pela usina. Na região de influência da usina, duas Tribos Indígenas (TI) são consideradas diretamente impactadas: a TI Paquiçamba, dos índios Juruna, e a área dos Arara da Volta Grande, que se situam no trecho de 100 km do rio que teria sua vazão drasticamente reduzida” (FEARNSSIDE, 2011) (FIGURA 4).

Como no caso dos índios da aldeia Paquiçamba, localizada às margens do rio Xingu, que sofrem com a diminuição da sua população, ocasionada pela escassez do pescado, que acarreta o abandono da pesca, que é eventualmente complementada com a caça (ARAÚJO, 2014).

## 5.3 Clima

Segundo a classificação de Koppen, o clima da área onde está localizada a área de estudo, corresponde aos seguintes tipos climáticos (IBGE, 2018):

- ❖ Am: Corresponde às florestas tropicais com chuvas do tipo monção, apresentando uma estação seca de pequena duração, com umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das formações fitoecológicas;
- ❖ Amw': Caracteriza-se por um clima tropical úmido, com uma estação seca pouco pronunciada, com precipitações muito elevadas.

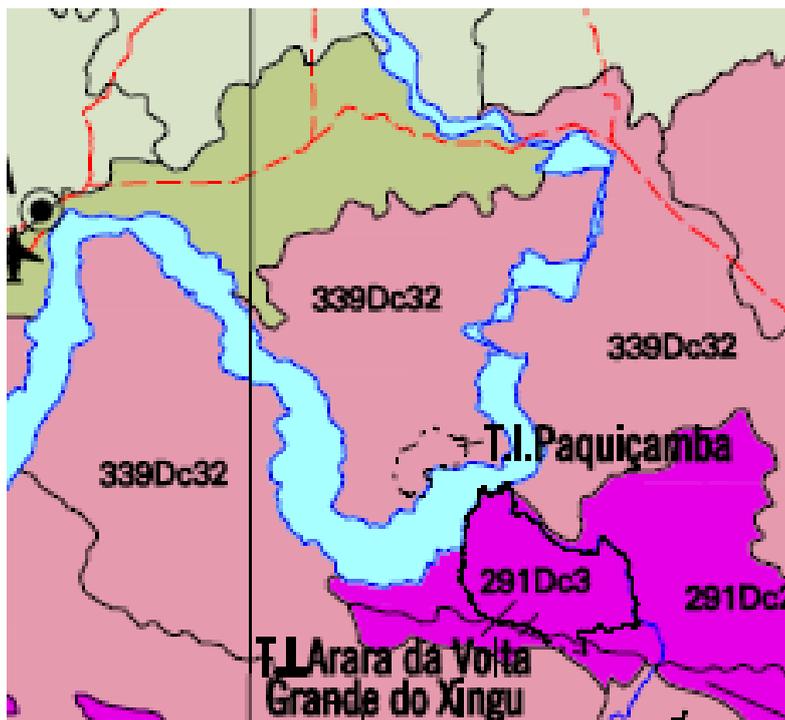
Estes tipos climáticos possuem, ainda, as seguintes características:

A temperatura média anual de 25° C, apresentando isoterms maiores, em torno de 26°, com totais pluviométricos anuais de 1.705 mm, as maiores precipitações no período de janeiro a abril, onde fevereiro é o mês de maior precipitação, enquanto as menores precipitações no período que vai de julho a outubro, sendo agosto o mês mais seco. A umidade relativa do ar apresentando valores de isohigros em torno de 85%.

#### 5.4 Geomorfologia e solos

A presente caracterização geomorfológica tem como objetivo apresentar as características das unidades encontradas no corredor estudado e teve como principais fontes de dados o IBGE (2019), BRASIL (2009) de Belo Monte e De Paula et al., (2016) (FIGURA 6).

Figura 6- Cena de Belo Monte referente a caracterização geomorfológica



FONTE: IBGE (2019).

Legenda:

Domínios Morfoestruturais		Unidades geomorfológicas
Bacias e coberturas sedimentares Fanerozóicas	285	Planalto Meridional da Bacia Sedimentar do Amazonas
Bacias e coberturas sedimentares Fanerozóicas	290	Planalto do Tapajós - Xingu
Crátons Neoproterozóicos	291	Planaltos Residuais do Sul do Pará
Crátons Neoproterozóicos	339	Depressão do Médio Xingu

O destaque da área do Planalto Meridional da Bacia Sedimentar do Amazonas e para a região do Planalto do Tapajós- Xingu (FIGURA 6) apresenta-se como um conjunto de formas

e relevos de topos tabulares, conformando feições de rampas, suavemente inclinadas e de lombadas, esculpidas em rochas sedimentares e cristalinas denotando eventual controle estrutural. São em geral definidas por vales rasos, apresentando vertentes de baixa a média declividade. Resultam da instauração de processos de dissecação atuando sobre superfície de aplainamento.

Para a região dos Planaltos Residuais do Sul do Pará e também para a Depressão do Médio Xingú, apresentam um conjunto de formas de relevo de topos convexos, esculpidas em diferentes tipos de rochas, às vezes denotando controle estrutural. São definidas por vales pouco profundos, apresentando vertentes de declividade mediana a suave, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem (DE PAULA et al., 2016).

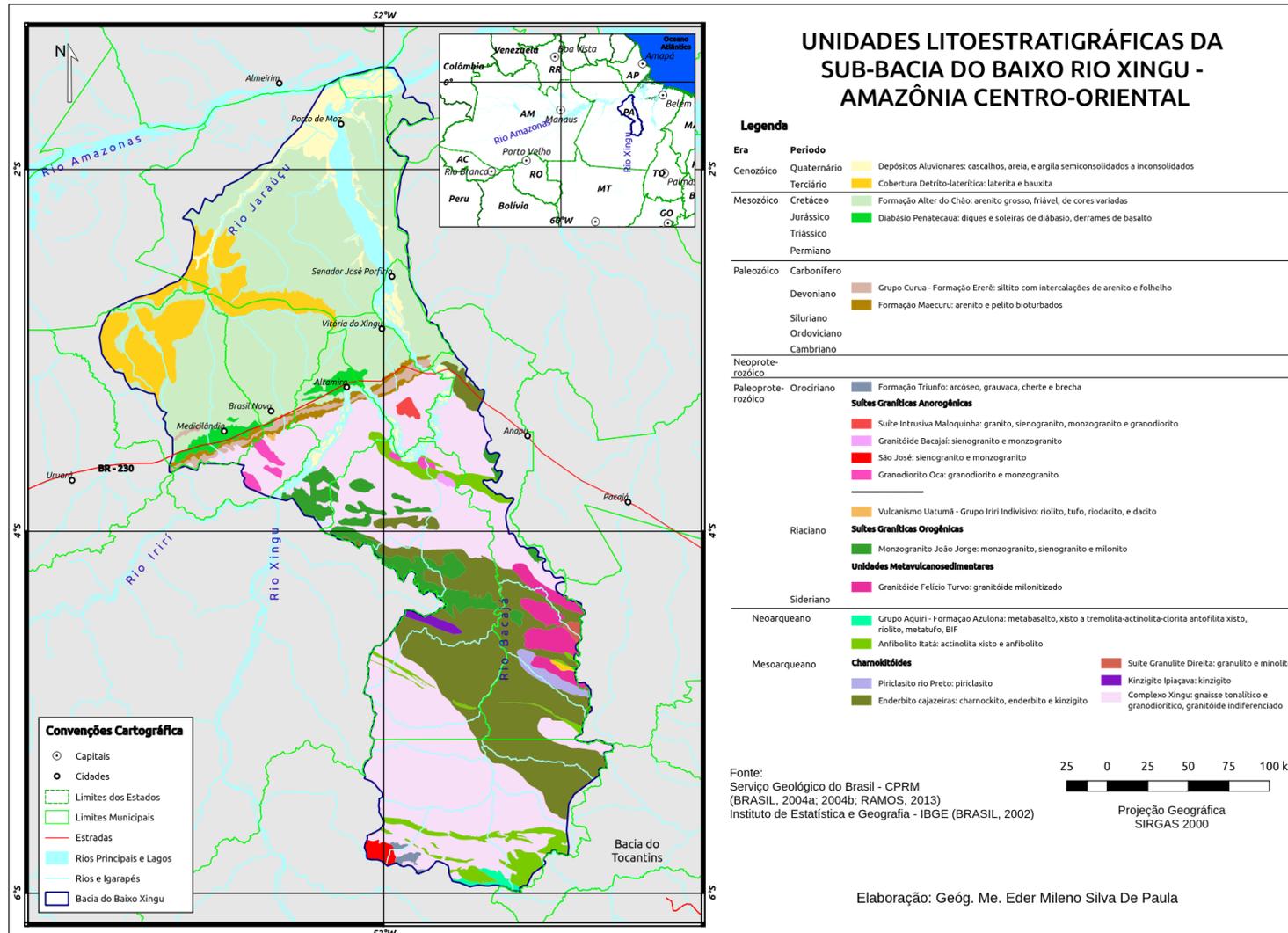
No domínio há morros e serras altas constituídas pelas Formações Ererê, Maecuru e Diabásio Penatecaua, correspondendo ao limite meridional da Bacia Sedimentar do Amazonas, com cobertura de Floresta Ombrófila Densa Submontana. Nesse domínio encontra-se parte da Província Espeleológica Altamira-Itaituba, na qual já foram registrados 50 abrigos, grutas e cavernas (LEME ENGENHARIA, 2009) somente na porção contida na sub-bacia do baixo Xingu (FIGURA 7).

Já no domínio Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia Amazônica, além dos Latossolos Amarelos Distróficos associados aos Plintossolos Pétricos Concrecionários, ocorrem Nitossolos Vermelhos Distróficos, também associados à Chernossolos Argilúvicos Órticos e Latossolos Vermelhos Eutróficos. Em geral, são solos espessos, bem drenados e de baixa fertilidade natural, com exceção dos Nitossolos Vermelhos eutróficos que possuem boa fertilidade natural (DANTAS; TEIXEIRA, 2013). Nesse domínio há morros e serras altas constituídas pelas Formações Ererê, Maecuru e Diabásio Penatecaua, correspondendo ao limite meridional da Bacia Sedimentar do Amazonas, com cobertura de Floresta Ombrófila Densa Submontana (DE PAULA et al., 2016) (FIGURA 13).

As planícies que margeiam os rios de água clara, como o Xingu, “apresentam pouca sedimentação aluvial, decorrente de baixa carga de sedimentos em suspensão e também de baixa concentração de sesquióxidos de ferro” (DANTAS; TEIXEIRA, 2013, p. 32). Existe um amplo domínio de solos hidromórficos, muito mal drenados e de alta fertilidade natural com predomínio de Gleissolos Háplicos Eutróficos ou Distróficos com argilas de atividade associados a Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos, recobertos por Formações Pioneiras Arbustiva e Herbácea sobre influência fluvial, e Floresta Ombrófila Densa Aluvial (FIGURA 13) (DE PAULA et al., 2016).

O domínio Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia é constituído por morros, serras baixas, colinas amplas e suaves e inselbergs. São superfícies aplainadas “arrasadas por prolongados eventos de erosão generalizada, conjugados com estabilidade tectônica em escala regional durante o Cenozoico (DANTAS; TEIXEIRA, 2013). Sobre esse domínio evoluíram solos pobres e bem drenados do tipo Argissolos Vermelho Amarelos distróficos, por vezes associados à Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos ou a Neossolos Litólicos Distróficos, o qual foi recoberto por Floresta Ombrófila Submontana Densa e Aberta (FIGURA 13) (DE PAULA et al., 2016).

Figura 7 - Mapa da compartimentação geocológica da sub-bacia do Baixo Rio Xingu



FONTE: PAULA et al., (2016).

### 5.5 Vegetação

A vegetação nativa ainda recobre uma parte do território da AID de Belo Monte (FIGURA 7), onde aparecem várias formações características do Bioma Amazônico, nos seus diferentes estágios sucessionais, com predominância de matas secundárias em estágio médio e áreas de pastagens.

Porém várias outras classes de uso do solo e cobertura vegetal são observadas nestes corredores, cujas principais características são apresentadas, de maneira sucinta na figura 6, com destaque apenas as que são relevantes para a AID (FIGURA 8).

Figura 8 - Classificação da cobertura vegetal, tanto natural como antrópica, adotado pelo IBGE.



#### NATURAL

#### A - REGIÕES FITOECOLÓGICAS OU TIPOS DE VEGETAÇÃO

#### I - REGIÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA Densa (FLORESTA PLUVIAL TROPICAL) - D

#### FORMAÇÕES/SUBFORMAÇÕES

- |    |  |
|----|--|
| Da | Floresta Ombrófila Densa Aluvial           |
| Db | Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas |
| Ds | Floresta Ombrófila Densa Submontana        |

Agricultura (culturas cíclicas e/ou permanentes) Ac.D

Pecuária (pastagem) Ap.D

**II - REGIÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (FACIAÇÕES DA FLORESTA Densa) - A**  
**FORMAÇÕES/SUBFORMAÇÕES**

- Ab** Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas
- Aa** Floresta Ombrófila Aberta Submontana

FONTE: IBGE (2018)

### 5.5.1 Região da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial Tropical) – (D)

Essa floresta é caracterizada por ocorrer em um clima sem período biologicamente seco durante o ano, com mais de 2300 mm de chuvas anuais e temperaturas médias oscilando entre 22°e 25°C (IBGE, 2018).

Entende-se por vasta área da Depressão Amazônica recobrimdo praticamente a totalidade da superfície caracterizada como Depressão da Amazônia Central e abrangendo, por conseguinte, a maior parte dos terrenos do Pará. As diferenciações na sua composição estrutura prendem-se às variações edáficas e altitudinais (IBGE, 2008).

### 5.5.2 Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Da)

Trata-se de uma formação Ribeirinha que ocorre ao longo dos cursos de água e ilhas, ocupando as planícies inundadas e periodicamente inundáveis e também os terraços antigos quaternários (IBGE, 2008).

A floresta Ombrófila densa Aluvial das áreas periodicamente inundáveis, “mata de várzea”, tem o predomínio das espécies de rápido crescimento, casca lisa com frequência seus troncos se apresentam com anomalias como reforços de raízes aéreas ou conhecidas como “mata de igapó”, difere da anterior tanto pelo nível de encharcamento de solo, como pela seleção tabulares (saponemas, cantanas, ou contrafortes) cercando a sua base. Já a floresta de Aluvial das áreas permanentes inundadas, de um número menor de espécies adaptadas. São ambientes espaciais que ocorrem principalmente em rios de água escura (IBGE, 2008).

### 5.5.3 Floresta Ombrófila das Terras Baixas (Db)

A formação das Terras Baixas ocupa a faixa costeira e os vales de sedimentação terciária, fora das “várzeas” planícies de inundaçãõ, em terrenos com altitudes que não ultrapassam a 100 metros. É nas terras baixas que a Floresta Ombrófila Densa se caracteriza pela exuberância da sua cobertura vegetal, com predomínio de árvores de grande porte e emergentes (IBGE, 2008).

#### 5.5.4 Floresta Ombrófila Densa Submontana - (DS)

A Floresta Submontana está situada sobre áreas cujas cotas altimétricas estão entre 100 e 600m, geralmente em correspondência com terrenos mais antigos ou cristalinos. Suas árvores raramente ultrapassam os 30m de altura, formando uma cobertura vegetal mais ou menos uniforme, vez por outra interrompida pelas emergentes de maior altura (IBGE, 2008).

#### 5.5.5 Região de Floresta Ombrófila Aberta (Faciações da Floresta Densa) – (A)

Ocupa espaços intermediários entre o domínio da Floresta Ombrófila Densa e a floresta Estacional Semidecidual, do sul do estado. Ao norte aparece dispersa em meio a Floresta Densa, formando mosaicos de áreas reduzidas. Reveste terrenos de litologias variadas (cenozóicos e pré-cambrianos) e modelados diversos (formas de acumulação, dissecadas etc.). Embora situada na faixa de clima ombrófilo, é caracterizada por um período seco pouco pronunciado (dois a três meses) e temperaturas médias acima de 22°C.

No Estado do Pará apresenta-se com duas formações: Terras baixas e Submontanas e três faciações florísticas que alteram a fisionomia ecológica da Floresta Ombrófila Densa, imprimindo-lhes claros, daí advindo-lhe o nome adotado, às vezes com predomínio de palmeiras, ora cipós ou sororocas (IBGE,2012).

A Floresta Aberta com palmeiras se revela pelos adensamentos de palmeiras, eventualmente de forma gregária, quase pura, mas geralmente intercaladas com árvores que formam um dossel mais alto, uniforme e contínuo. Ao norte se mistura com espécies da Floresta Densa e ao sul com espécies da Floresta Estacional Semidecidual (IBGE,2012).

A Floresta Aberta com cipós, descrita por Veloso et al. (1974) como “uma formação arbórea, total ou parcialmente envolvidas por lianas”, destaca-se nas grandes depressões no sul do estado. Tem fisionomia mais aberta nas áreas aplanadas, onde as árvores de porte baixo (em torno de 20m) aparecem completamente cobertas pelas lianas lenhosas, até relativamente mais densa, nas áreas dissecadas, onde as árvores são mais altas (com mais de 25m) e somente algumas cobertas pelos cipós (IBGE,2012).

A outra tipologia da floresta aberta é caracterizada pelos grupamentos da Musaceae *Phenakospermum guyanense* (sororoca). Sendo uma espécie heliófila, não aparece na submata da floresta mais fechada. Fica limitada dentro da floresta, às clareiras abertas pela queda naturais das árvores, bem como naquelas abertas pelo homem e nos dois casos a sororoca figura como planta de primeira ocupação. Tem maior ocorrência no sudoeste do estado do Pará, distribuindo-se ao longo do médio curso do Rio Xingu (BRASIL, 2019).

É a tipologia mais impactada por diversos usos da terra como agricultura familiar, pastagens, sendo considerável também o percentual de áreas de capoeiras abandonadas. As florestas abertas crescem sobre solos rasos com afloramentos rochosos, com pouca a mediana retenção hídrica, o que produz considerável caducifolia para os padrões de florestas ombrófilas amazônicas, denotando certo grau de sazonalidade (BRASIL, 2009).

#### 5.5.6 Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas - (Ab)

De acordo com os dados do IBGE, (2012), com ocorrência mais restrita, distribui-se intercaladamente em meio a Floresta Densa, especialmente nos vales de sedimentação terciária, com altitudes que não ultrapassam 100 metros. Nesta situação, distingue-se com as fisionomias ou faciações abertas com palmeiras ou aberta com cipós.

#### 5.5.7 Floresta Ombrófila Aberta Submontana – (As)

Esta formação é observada com grande distribuição, especialmente na região sul da Transamazônica na faixa transicional entre a Floresta Densa e a Floresta Estacional, em terrenos geralmente cristalhos. Ocorre alternando-se em mosaicos com a própria Floresta Densa, com fisionomias abertas com palmeiras, cipós e/ou sororocas. Em parte desta área, a devastação paulatina da vegetação, seja pelo corte raso, seja pelo extrativismo madeireiro seletivo, tem provocado um recrudescimento no aparecimento de palmeiras, especialmente babaçu (*Attalea speciosa*) e também Inajá (*Attalea maripa*), com tendência de formar imensos “cocais”, semelhante como ocorreu em grande parte do Estado do Maranhão e norte do Tocantins (IBGE, 2012).

#### 5.5.8 Dados do EIA de Belo Monte referentes à vegetação.

O meio biótico referente aos dados de vegetação do de acordo com o EIA da UHE de Belo Monte que objetiva caracterizar um retrato real, levando em conta as diferentes abrangências espaciais, de cunho físico, biótico, delimitadas como as áreas de influência para os estudos ambientais, e apresentar uma análise prospectiva de seu comportamento para diferentes cenários futuros, com a finalidade de tentar prever a tendência de delineamento da qualidade ambiental da região de inserção do empreendimento sem considerar a perspectiva de sua implantação; estudo requerido por parte do IBAMA, para concessão de licenças ambientais.

Ressalta-se o EIA busca, prioritariamente, a integração dessas ações – tanto as voltadas para impactos negativos quanto aquelas direcionadas para os positivos – com Planos,

Programas e Projetos co-localizados, já previstos ou mesmo em curso para a região onde se pretende inserir o empreendimento (BRASIL, 2009).

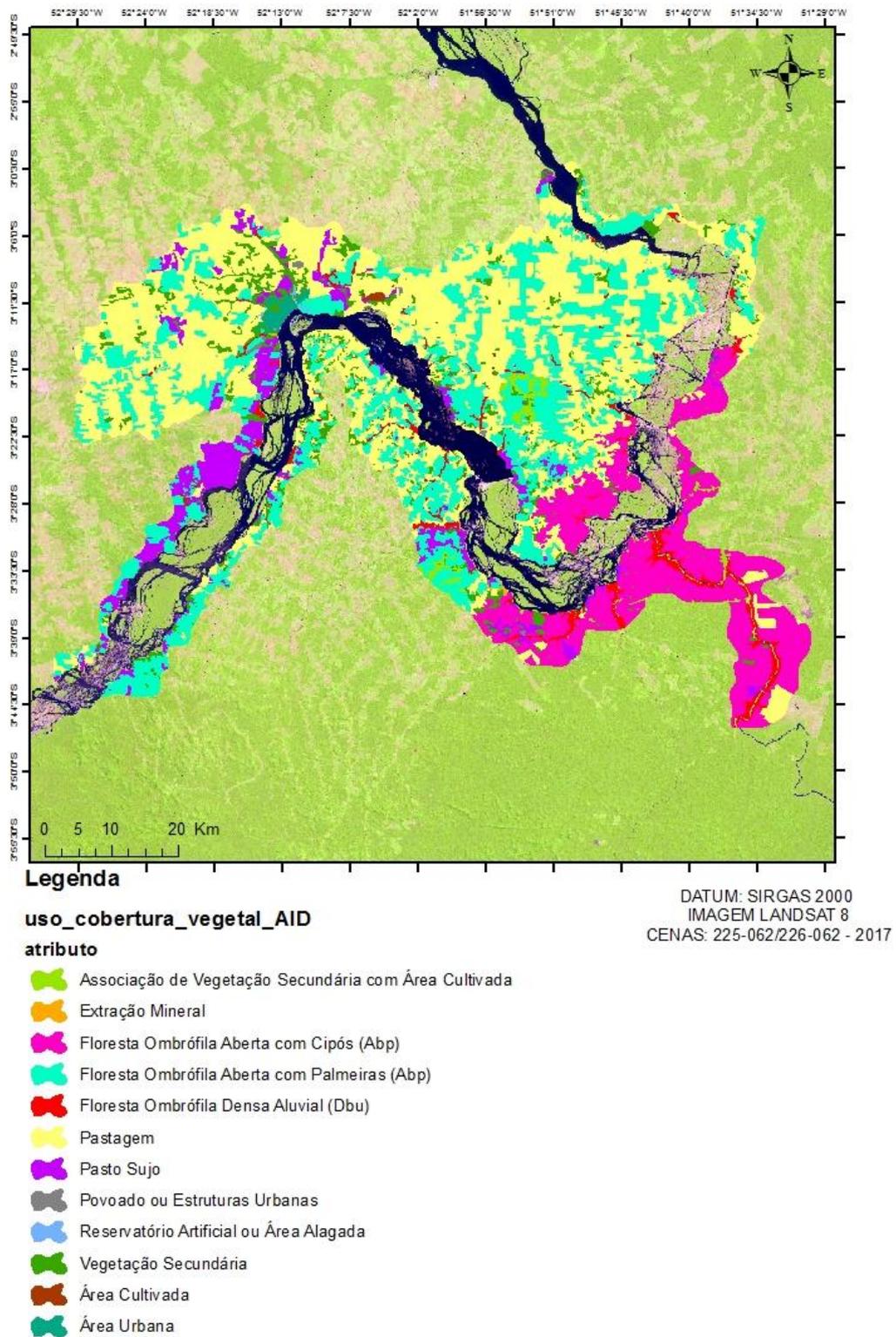
Os dados da Tabela 4 foram tratados de acordo com o disponibilizado no EIA supracitado, as áreas de pastagem representam quase a metade da área com 43%, enquanto as áreas de vegetação representam juntas 51,04%, podendo ser visualizadas na figura 9 no mapa da vegetação, áreas urbanas e alagadas da AID de Belo Monte, feito com base nas informações disponíveis do EIA.

Tabela 4 - Porcentagem de uso da terra, segundos dados de licenciamento da UHE de Belo Monte para a área de estudo.

<b>ATRIBUTO DA AID</b>	<b>%</b>
VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	5,55
RESERVATÓRIO ARTIFICIAL OU ÁREA ALAGADA	0,08
POVOADO OU ESTRUTURAS URBANAS	0,16
PASTO SUJO	6,33
PASTAGEM	41,71
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ALUVIAL (Dbu)	2,86
FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA COM PALMEIRAS (Abp)	26,47
FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA COM CIPÓS (Abp)	15,13
EXTRAÇÃO MINERAL	0,04
ASSOCIAÇÃO DE VEGETAÇÃO COM ÁREA CULTIVADA	1,03
ÁREA URBANA	0,51
ÁREA CULTIVADA	0,12

Fonte: Próprio autor.

Figura 9 - Mapa da vegetação, áreas urbanas e alagadas da AID de Belo Monte.



Fonte: Próprio autor.

## 5.6 O desmatamento na região da UHE de Belo Monte

O desmatamento nesta área consiste numa região que sofre com intenção e progressiva interferência humana, que tem se intensificado neste território a partir da abertura da Rodovia Transamazônica (BR-230) nos anos 1970, e mais recentemente pela implantação da Usina Hidroelétrica (UHE) de Belo Monte na região sudoeste do estado do Pará (FREIRE, 2015). Essa região tem como tradição de desenvolvimento econômico uma forte exploração dos recursos naturais evidenciado pelos grandes índices de desmatamento.

No Estado do Pará, além dos desmatamentos referentes à retirada de madeira, mineração, produção agropecuária e crescimento das áreas urbanizadas, ocorre o processo de instalação de empreendimentos hidrelétricos, como o caso da Usina Hidrelétrica (UHE) de Belo Monte, na Bacia Hidrográfica do rio Xingu, mais especificamente em seu baixo curso (FREIRE, 2015).

No Brasil o desmatamento Amazônico é estimado anualmente pelo governo por meio do Projeto PRODES-INPE (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial). De acordo com o PRODES, observa-se que após a implantação da UHE de Belo Monte, polígonos de floresta encontram-se desmatados ou inundados como podemos observar na imagem atual de 2017 (FIGURA 10) em comparação a de 2011 (FIGURA 9), ainda com curso natural do rio. O Prodes do ano de 2010 relaciona o local da construção como polígono de floresta.

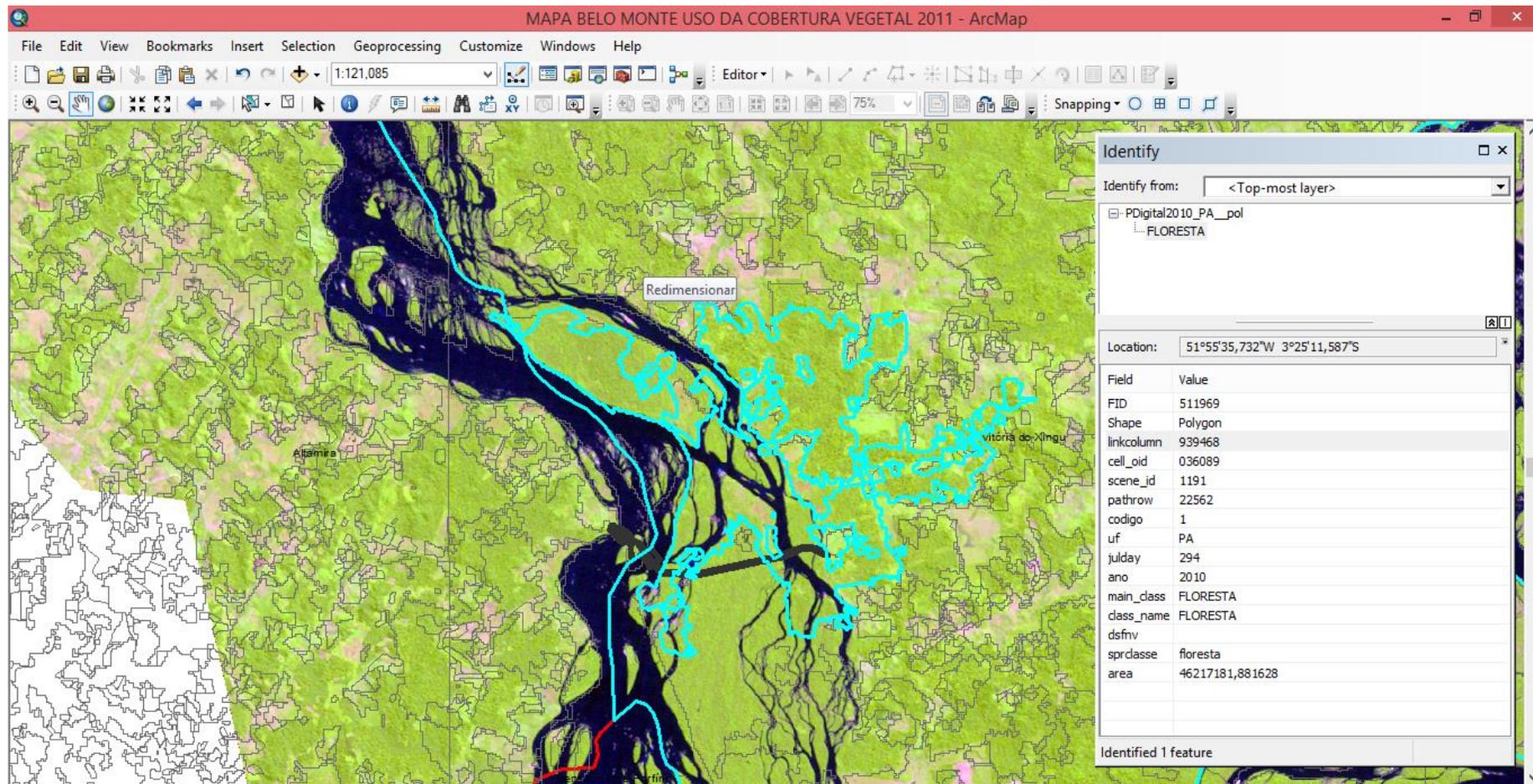
Observa-se que com a abertura do reservatório foi feito um trecho de canais entre a rodovia transamazônica e a Volta Grande do Xingu, onde a maioria do território de acordo com o PRODES, caracterizado na maioria de suas áreas, como trecho aberto e desmatado (FIGURAS 12 e 13).

Dada a repetitividade com que as imagens de satélite são adquiridas, é possível a análise da extensão e do tipo de mudanças no uso do solo através do sensoriamento remoto.

O Banco de Dados Geográficos implementado é o principal resultado desse trabalho, que são as cartas imagens referentes a cada ano (FIGURAS 14 a 18), não só pelas informações já produzidas, mas pela possibilidade de atualização contínua, com a realização de novas análises, conforme o objetivo pretendido.

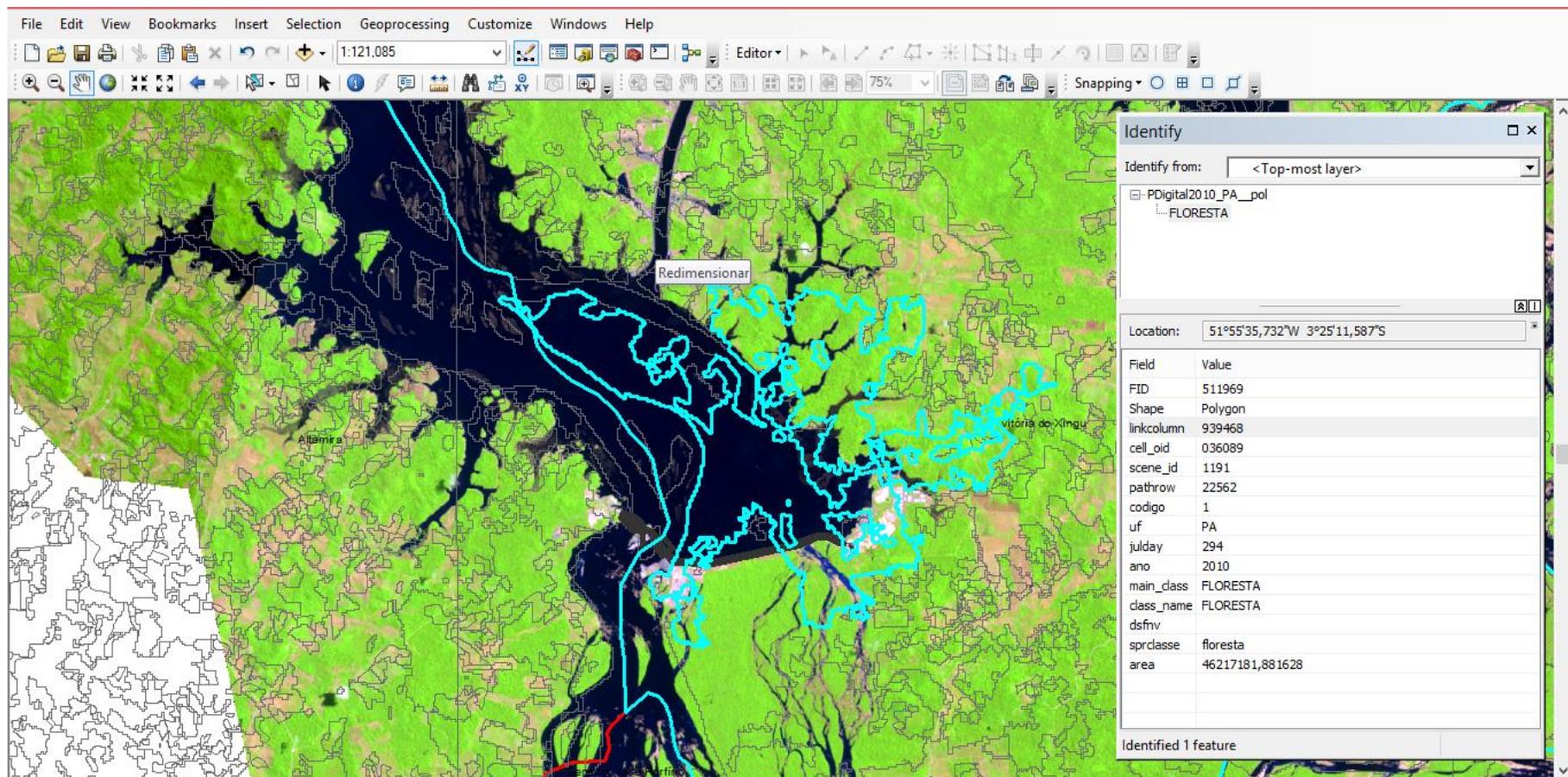
Os mapas resultantes de comparações sobre o meio físico (FIGURA 19) representa uma comparação temporal, que aponta sua fragilidade potencial frente a eventuais intervenções humanas, sobre a pressão da dinâmica do desmatamento na região.

Figura 10 - Cobertura vegetal do ano de 2011, seguindo a classificação adotada pelo PRODES 2010.



Fonte: Próprio autor.

Figura 11 - Cobertura vegetal do ano de 2017, seguindo a classificação adotada pelo PRODES 2010.



Fonte: Próprio autor.

Figura 12 - Cena do trecho do Reservatório dos Canais fica entre a Transamazônica e a Volta Grande no ano de 2011.

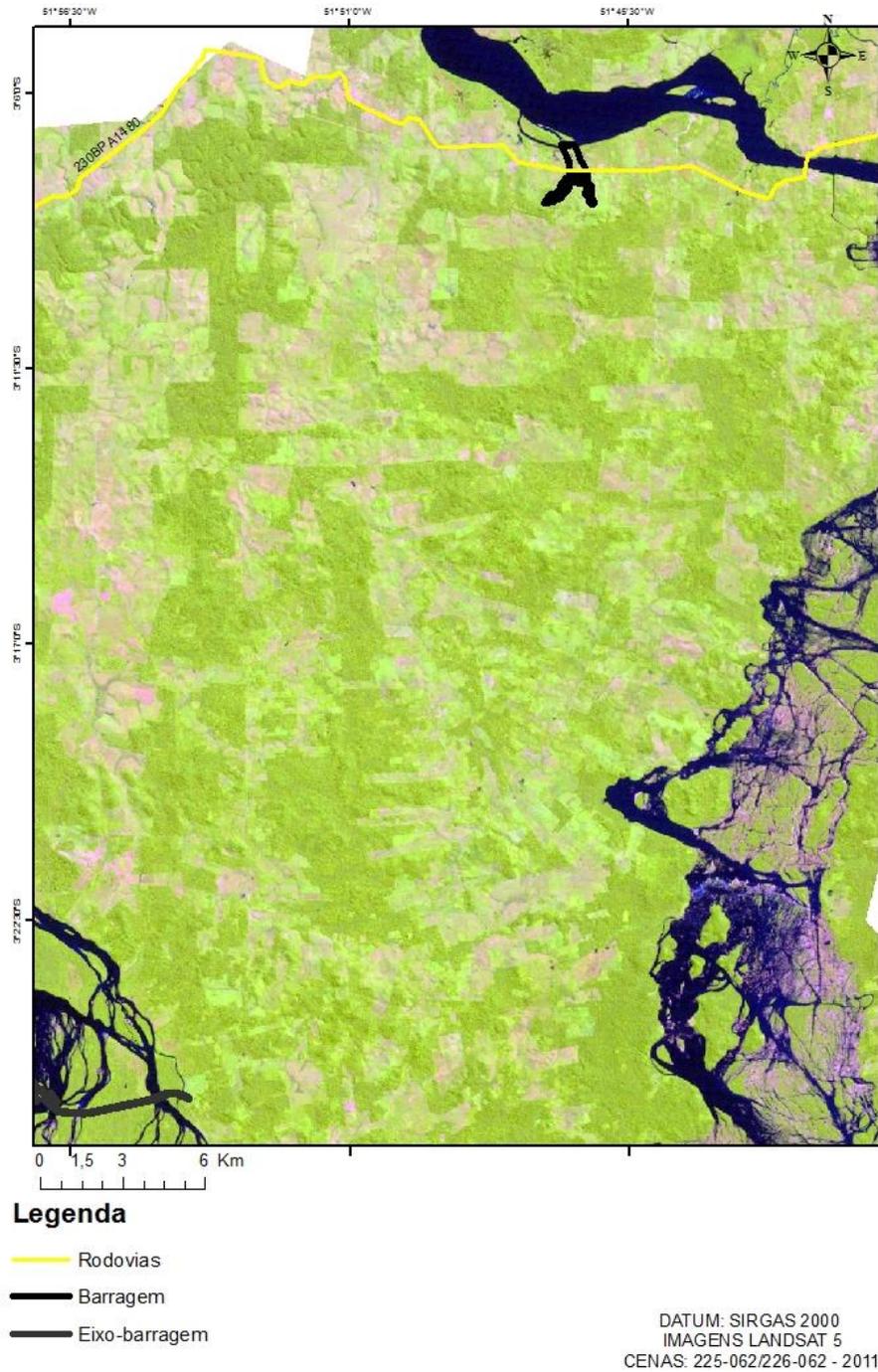
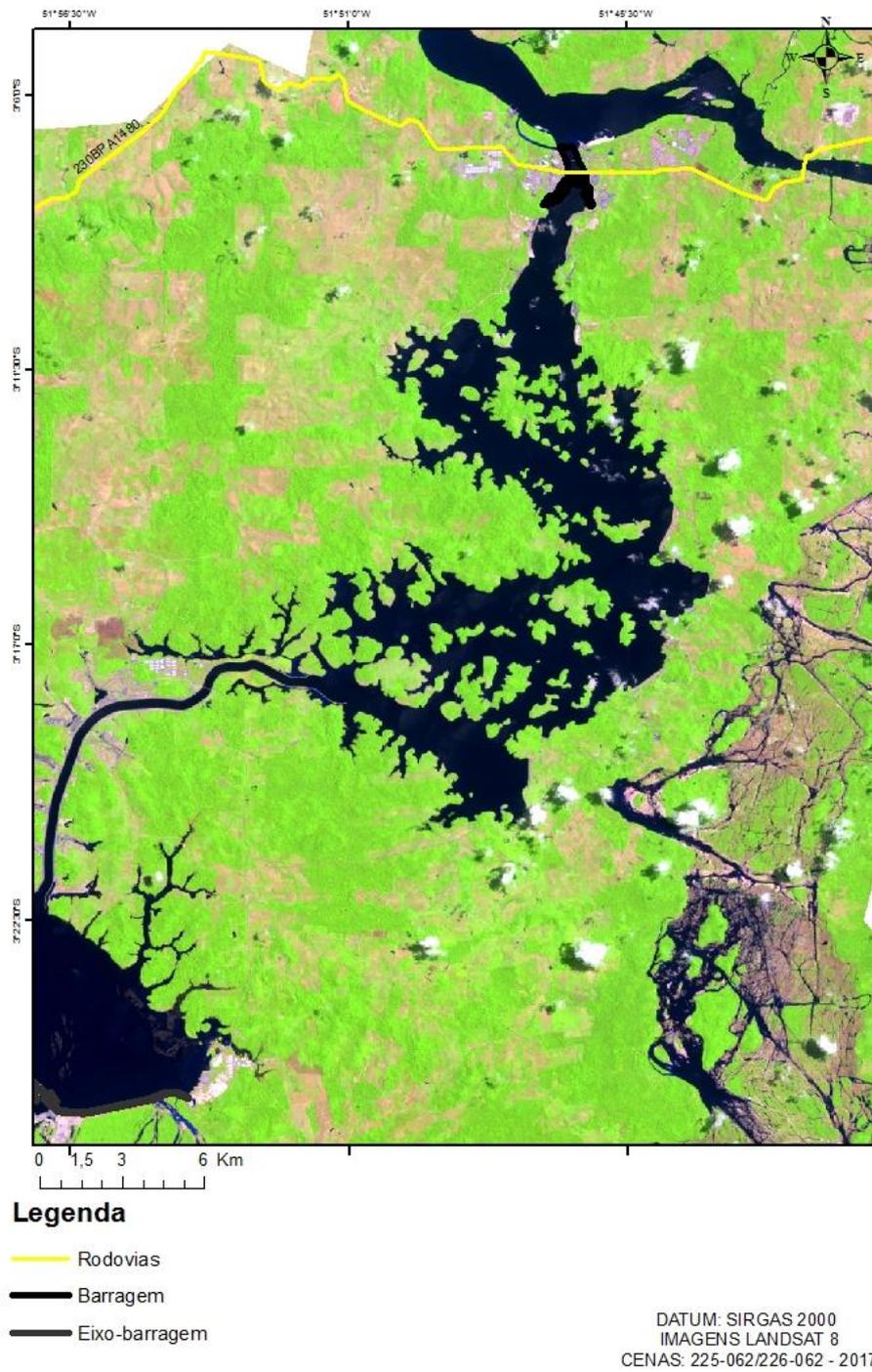
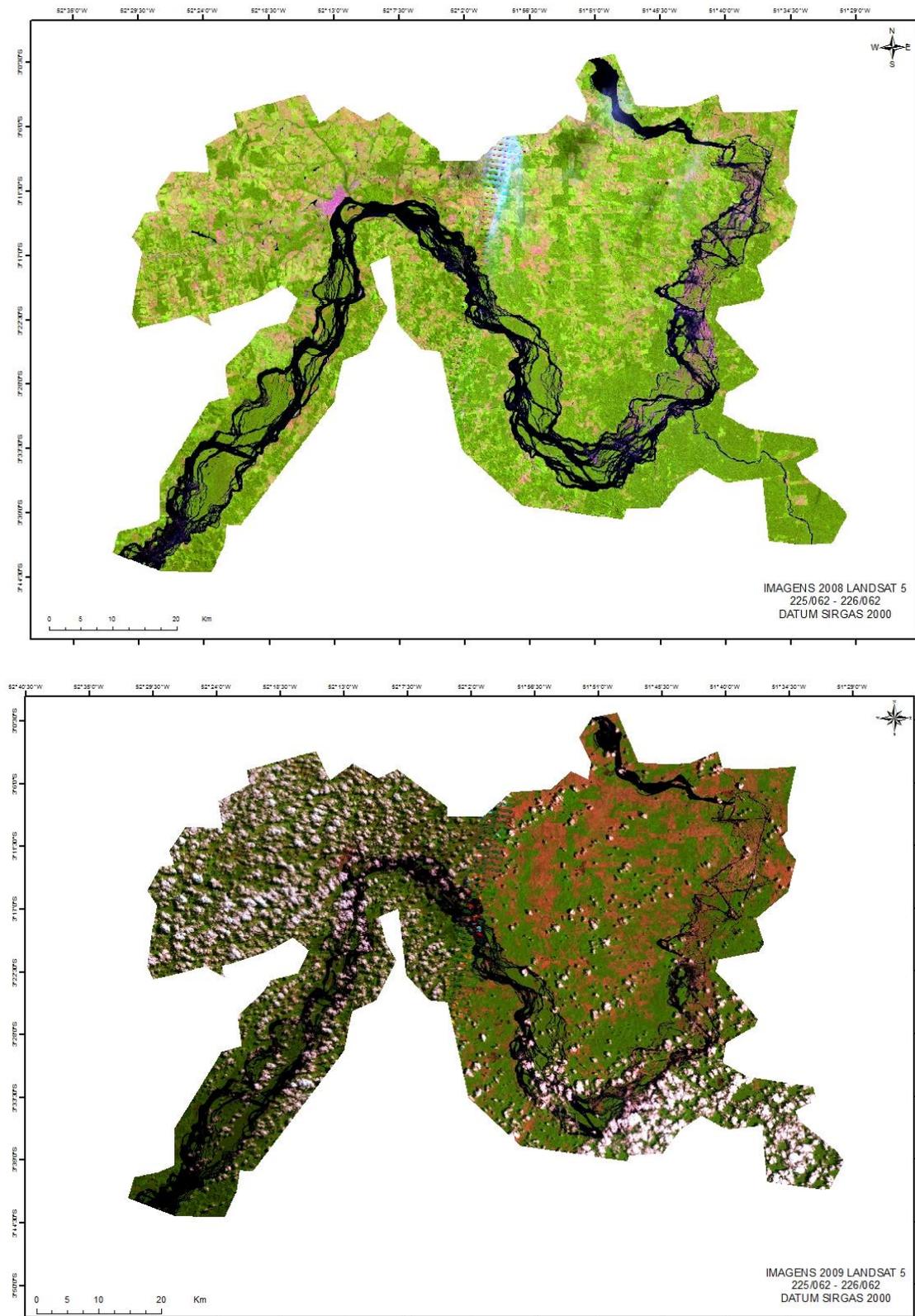


Figura 13 – Cena do trecho do Reservatório dos Canais fica entre a Transamazônica e a Volta Grande no ano de 2017.



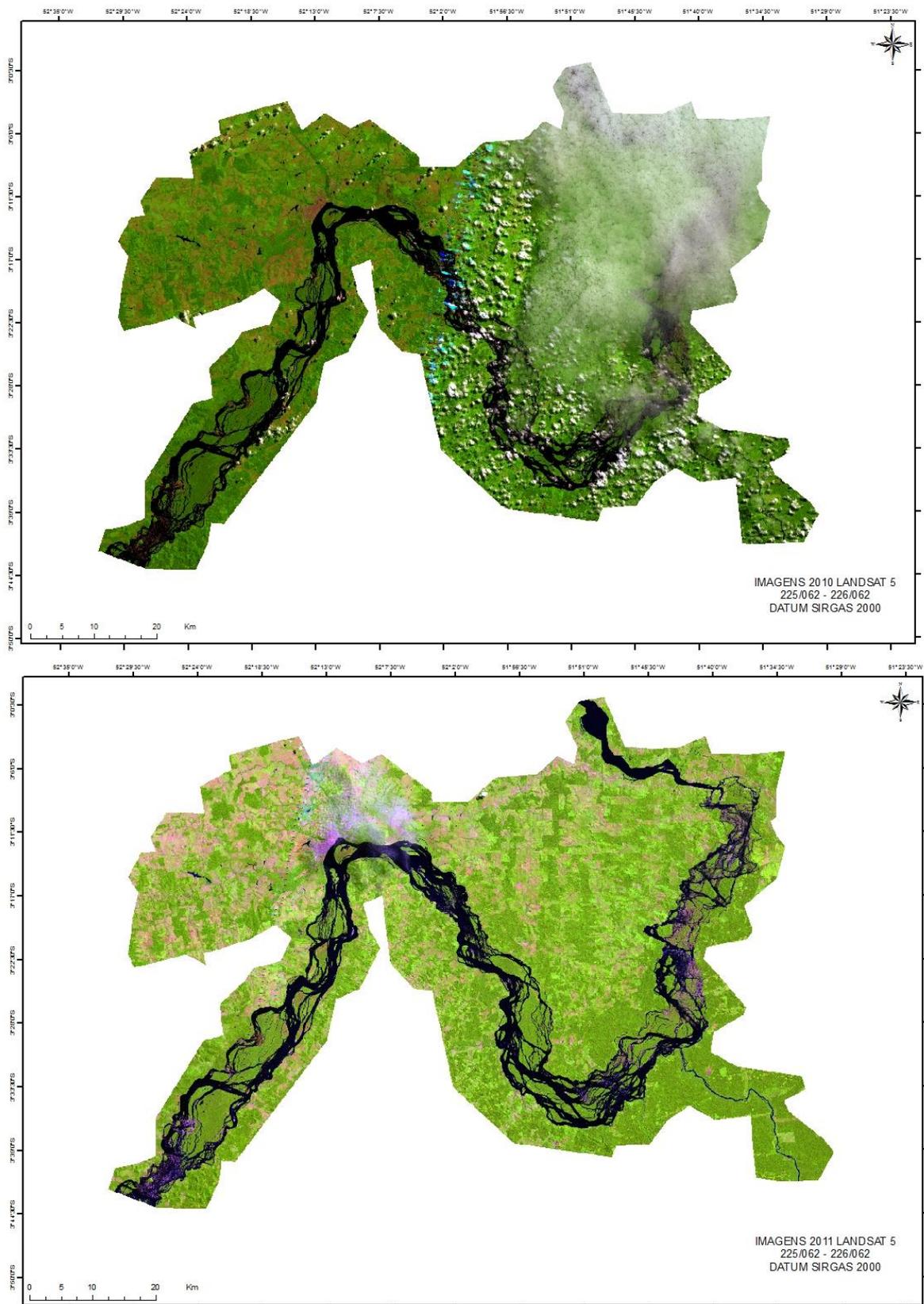
Fonte: Próprio autor.

Figura 14 – Imagens LANDSAT 5(TM), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2008 e 2009.



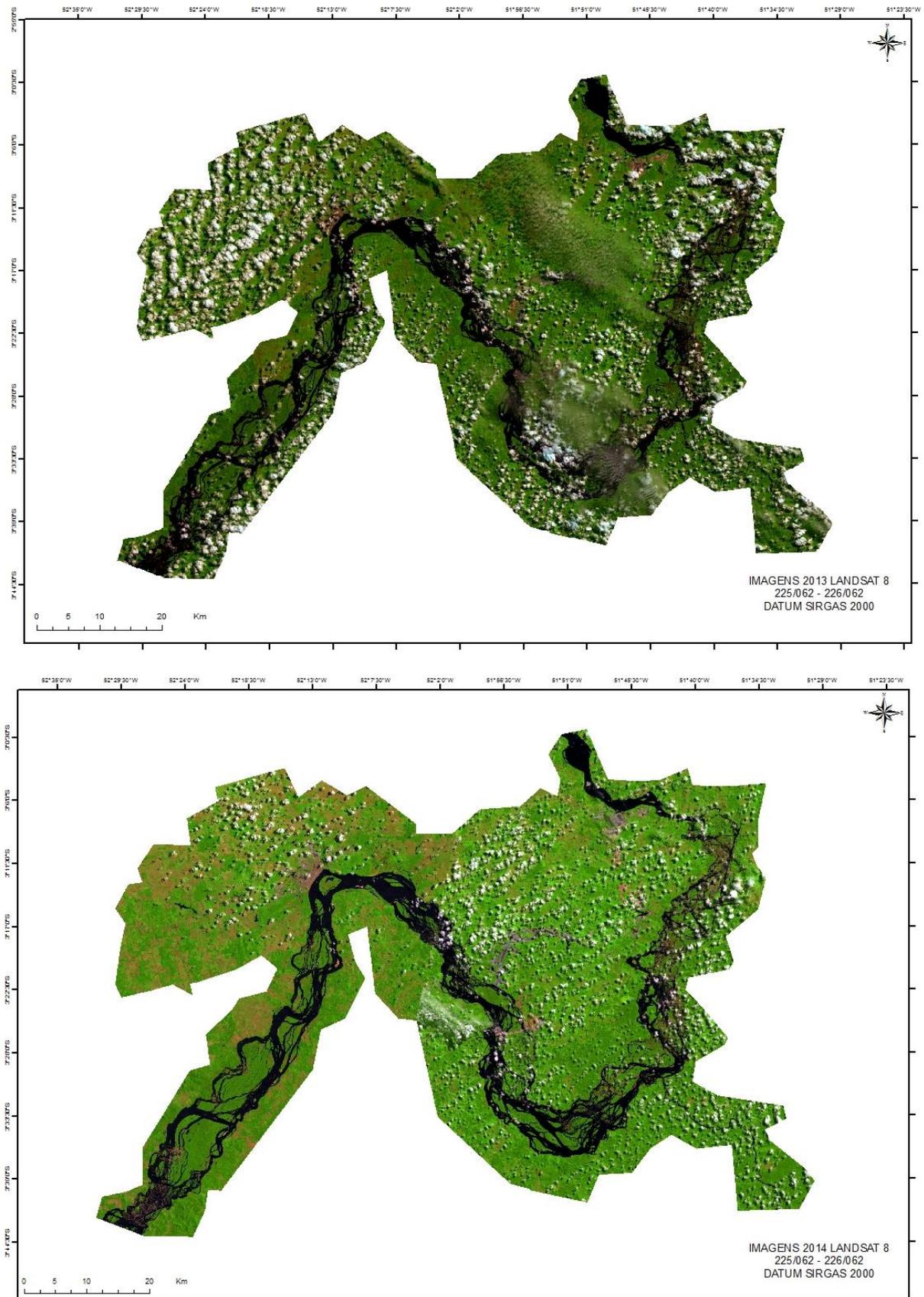
Fonte: Próprio autor.

Figura 15- Imagens LANDSAT 5(TM), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2010 e 2011.



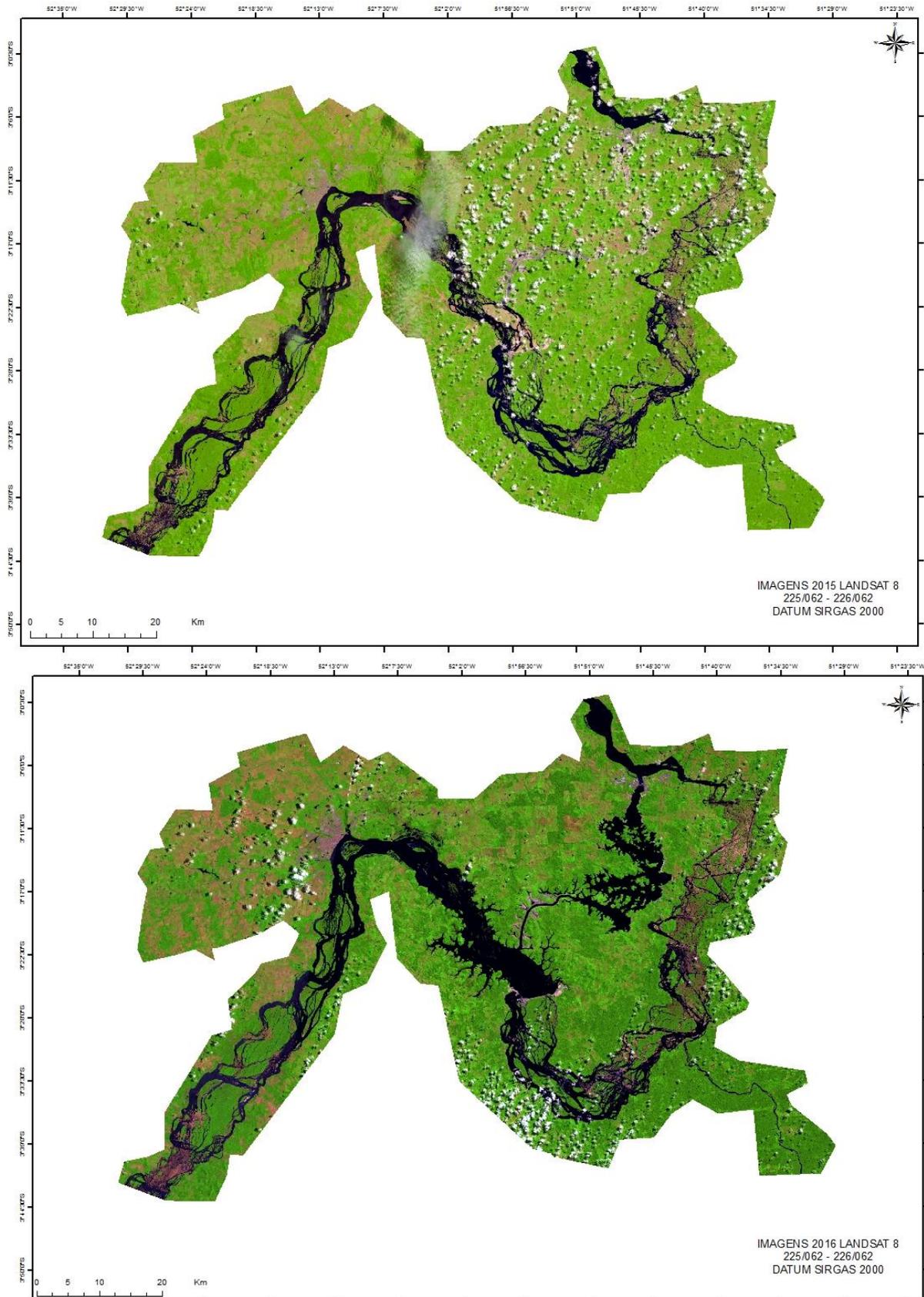
Fonte: Próprio autor.

Figura 16 - Imagens LANDSAT 8(OLI), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2013 e 2014.



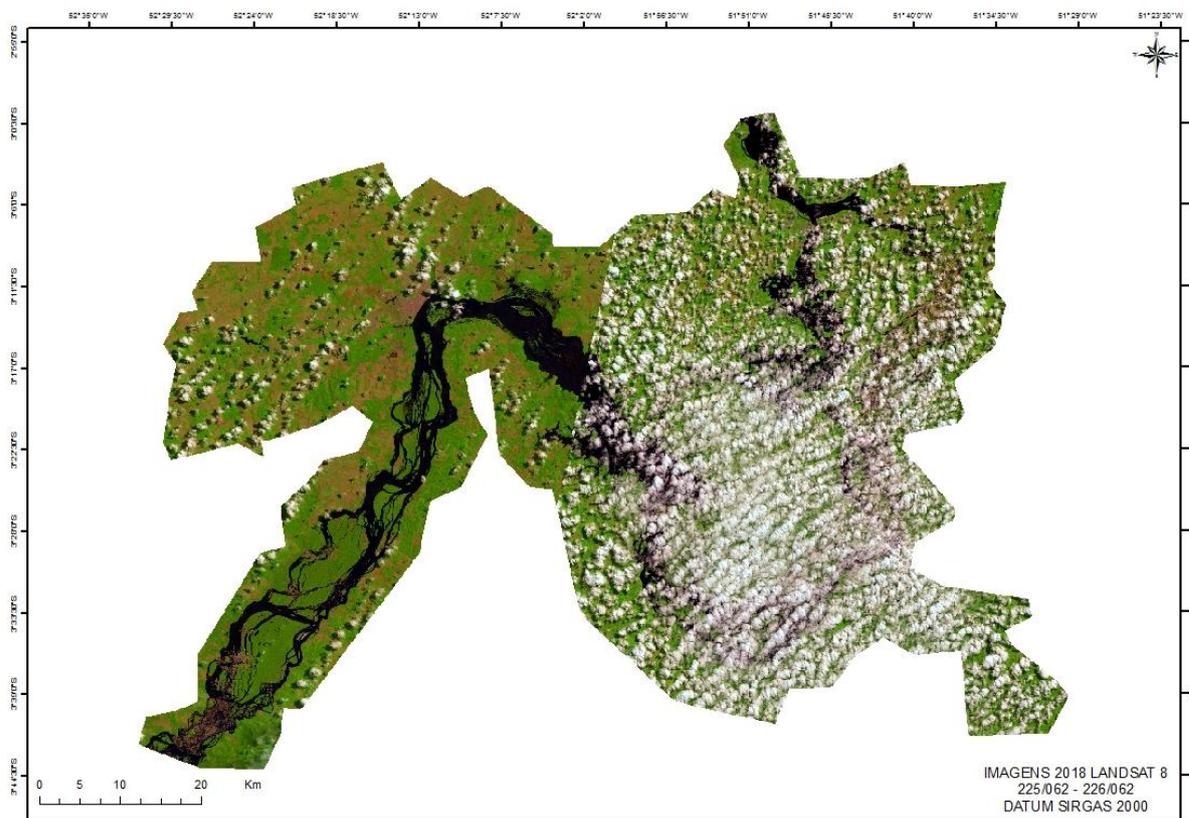
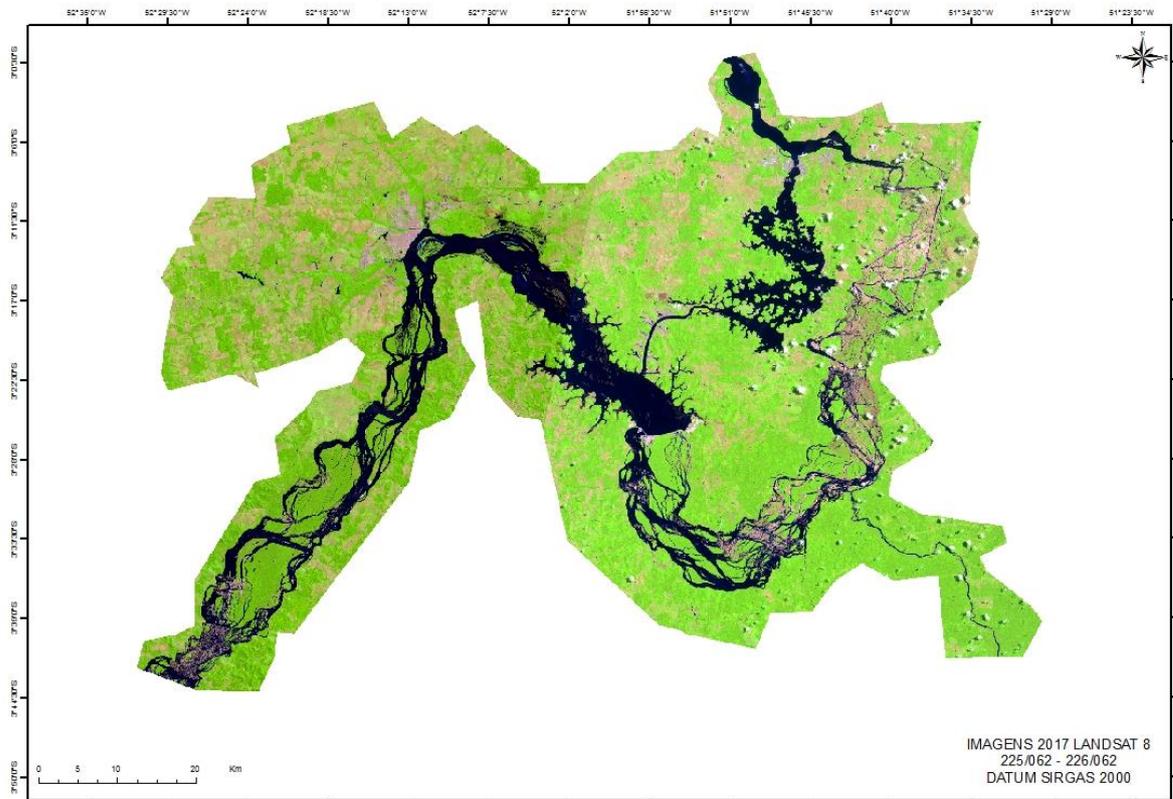
Fonte: Próprio autor.

Figura 17 -Imagens LANDSAT 8(OLI), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2015 e 2016.



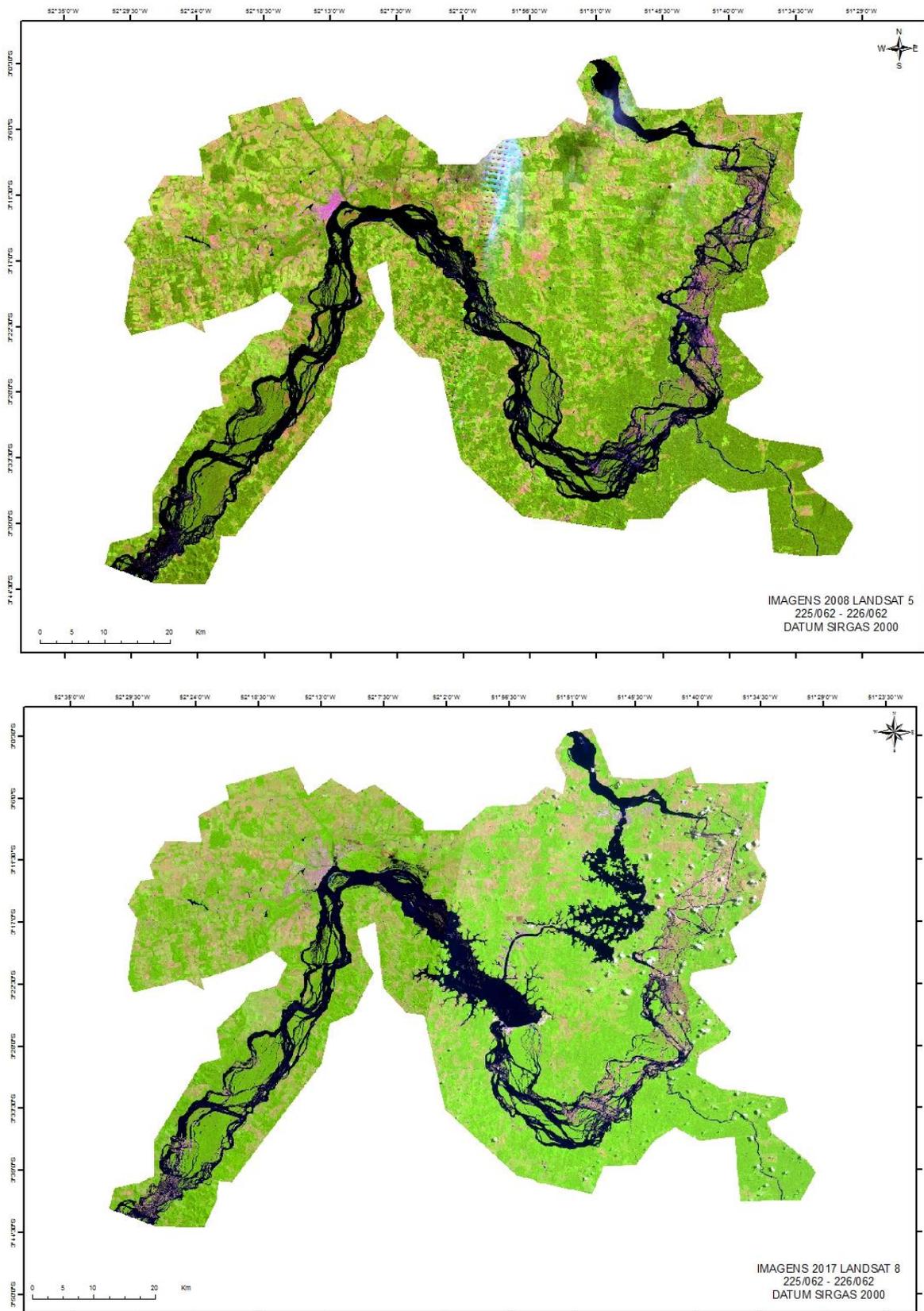
Fonte: Próprio autor.

Figura 18 - Imagens LANDSAT 8(OLI), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2017 e 2018.



Fonte: Próprio autor.

Figura 19 - Imagens LANDSAT 5(TM) e 8 (OLI), para comparação temporal, referentes a AID de Belo Monte, dos anos de 2008 e 2017.



Fonte: Próprio autor.

## 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS PARA O NDVI.

Nas Figuras 22 a 32 são apresentados os NDVIs gerados, do mosaico de Imagens Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI) referentes aos anos de 2008 a 2018 com exceção da imagem de 2012 como previamente justificada.

Em aproximadamente 10 anos, é evidente o aumento das áreas de solo exposto/cidade, que tiveram como principal causa, a exploração dos recursos naturais da região e a expansão dos municípios por causa da implantação da UHE de Belo Monte (FIGURA 13). O crescimento da zona urbana de Altamira e algumas regiões de desmatamento sugerem consequência de atividade antropogênica.

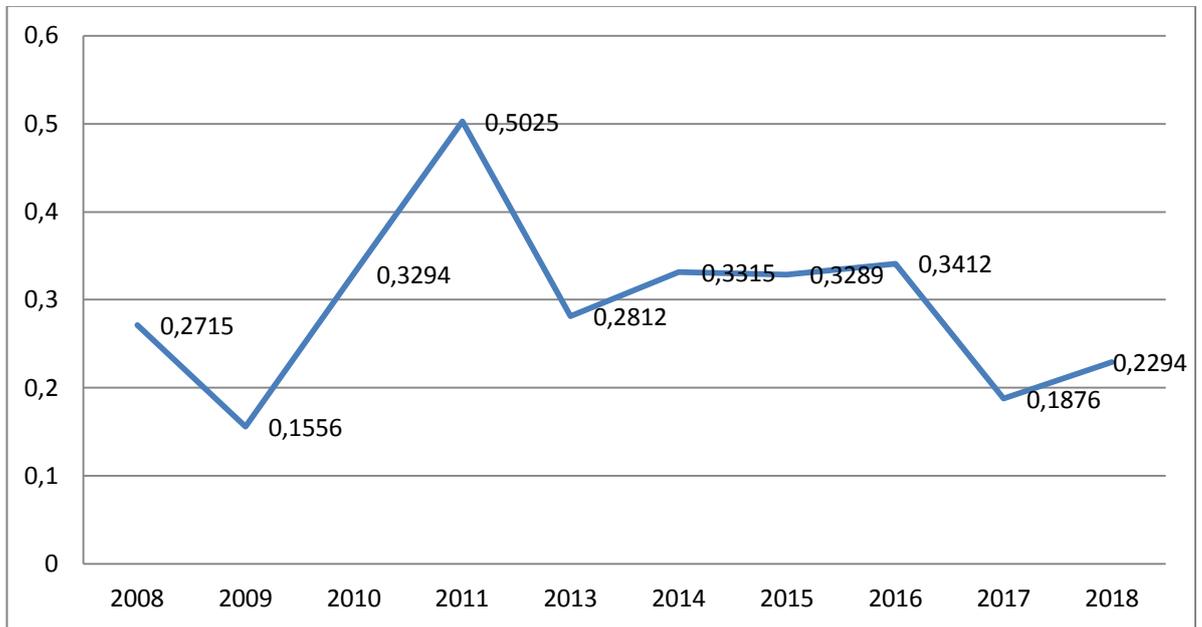
Na Figura 20, destacam-se os valores médios de NDVI, ao longo do tempo. A partir das imagens do NDVI (Figura 21), foi obtido o histograma da distribuição de pixels de cada uma delas (Figuras 22 a 31). Nas imagens índices, apresentadas é possível perceber a diferença na densidade da biomassa vegetativa, entre os anos analisados.

Observa-se que os pixels distribuídos acima de 0,25 evidencia a presença de vegetação para o ano de 2008, contudo no ano de 2010, houve um espaçamento e aumento da quantidade de pixels, podendo indicar uma maior quantidade de nuvens e solo exposto, mas de uma maneira geral uma recuperação da vegetação (Figura 21).

Em 2011, encontramos uma imagem limpa, quase sem nuvens, e a distribuição pixels se concentra em sua maioria acima de 0,5 indicando a presença de vegetação primária, sendo esta considerada floresta com valores acima de 0,5. No ano de 2013, a distribuição dos pixels indica a presença de nuvens evidenciada por valores perto de zero, acompanhados de um decréscimo da média de vegetação para a região. Para os anos de 2014, 2015 e 2016 encontramos uma boa parte de pixels distribuídos acima de 0,25 evidenciando a presença de vegetação primária pasto ou arbustiva e uma condição de estabilidade, sem a diminuição expressiva da vegetação (Figura 21).

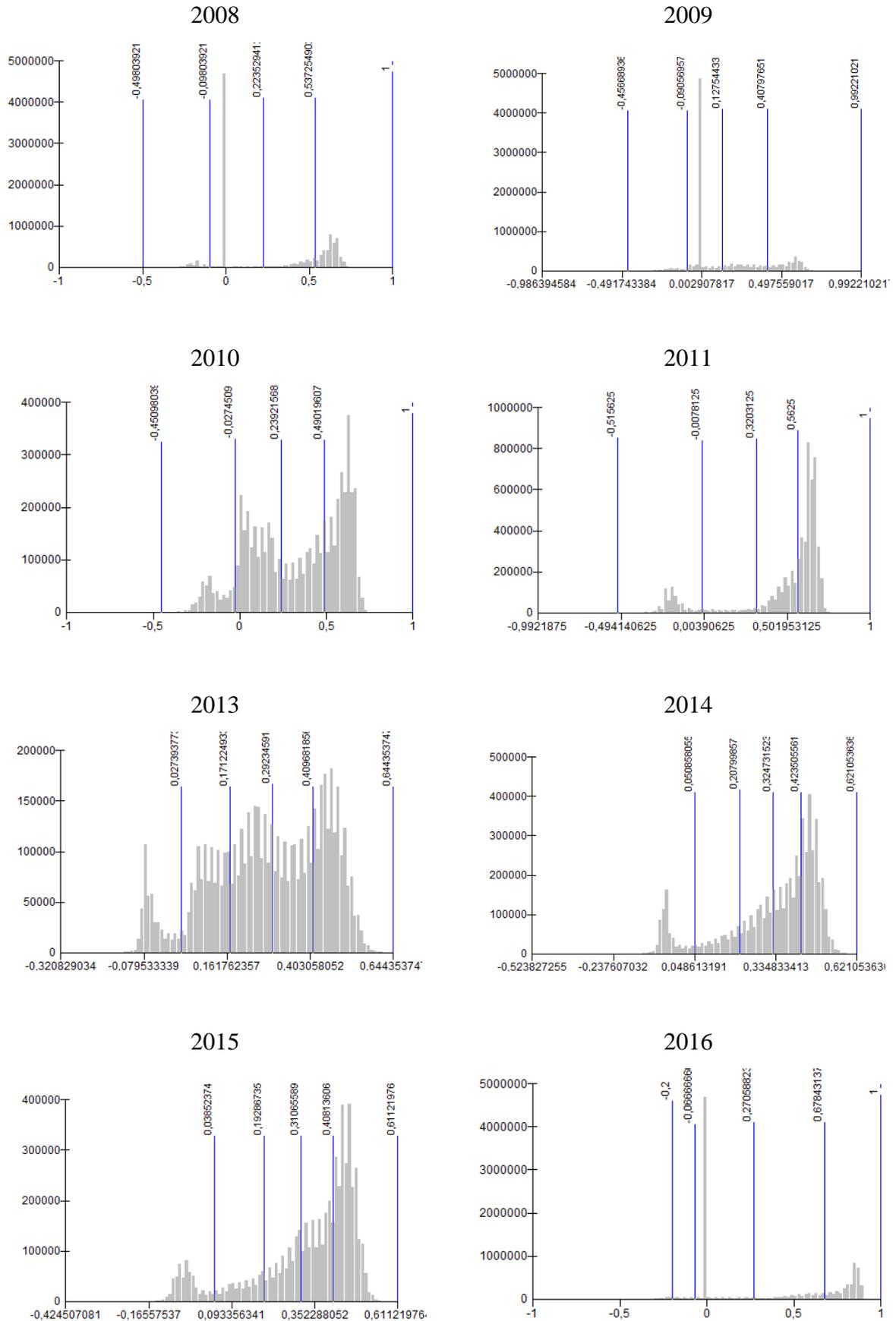
No ano de 2017 (Figura 21), destacam-se a presença de poucas nuvens e os pixels se concentram em aproximadamente 0,5 indicando uma regeneração e ou recuperação de alguns locais de vegetação, embora que a baixa quantidade de pixels indique uma diminuição na biomassa vegetal. Em 2018, a concentração de pixels que indicam vegetação e ressalta-se a presença de nuvens (Figura 21). Em relação aos valores de NDVI, poucos pixels ficaram acima de 0,6, valor característico de áreas com média a elevada cobertura vegetal.

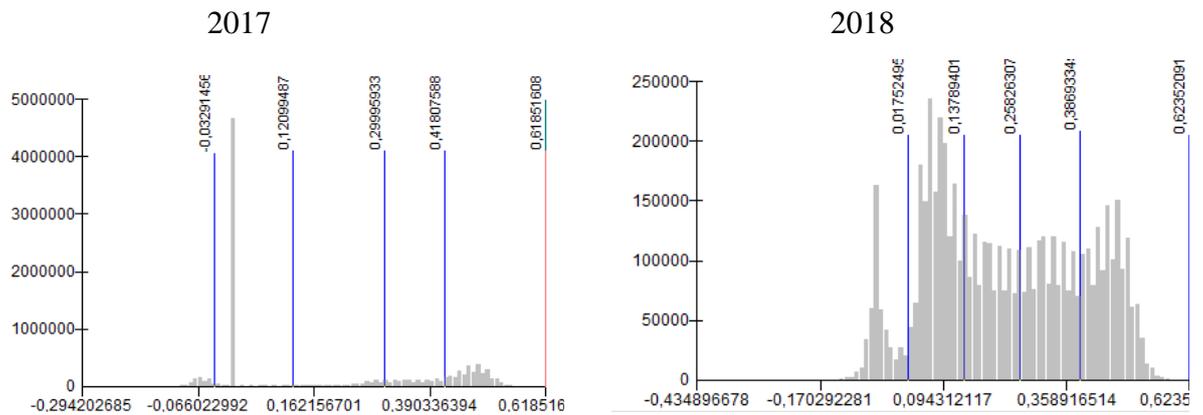
Figura 20 - Espectro temporal da média do NDVI da AID da UHE de Belo Monte.



Fonte: Próprio autor.

Figura 21 - Histograma da distribuição de pixels por valores de NDVI para classificação de tipo de cobertura.





Fonte: Próprio autor.

A redução nos valores de NDVI nos anos de 2008, 2009, 2016 e 2017 evidencia a influência direta da diminuição da resposta espectral da vegetação devido a ação de desmatamento. Os histogramas de frequência das imagens índice de NDVI (FIGURA 21) demonstraram distribuição assimétrica negativa e frequências maiores para os anos de 2008, 2009, 2013, 2015, onde é possível perceber uma redução no verdor da vegetação e, conseqüentemente, queda nos valores de NDVI (FIGURAS 20 e 21). Também se verifica que ao longo da série temporal, que a partir de 2013 até 2016 houve uma constância nos valores de NDVI, indicando que nesses anos não ocorreram grandes perdas de biomassa vegetal.

No ano de 2009, o índice variou de -0,9921 até 0,9692, devido a presença de nuvens em parte da imagem, não foi possível ter uma boa visibilidade e resultado da cobertura do solo, em 2010 mesmo com a presença de nuvens o índice variou de -0,4509 até 0,4901 que ficou próximo de 0,5, valor característico de áreas com a média a considerável cobertura vegetal enquanto que esse número caiu no ano de 2011 sugerindo uma recuperação da vegetação, sendo esta mais densa, sugerindo uma diminuição para uma vegetação rasteira ou pasto sujo (0,2 a 0,3).

Em 2013 observamos uma vegetação com características de pasto sujo ou rasteira ou arbustos e a partir de 2014 o valor sugere uma recuperação da vegetação primária, e parece estar estável até 2016 voltando a indicar uma recuperação florestal ou aumento de vegetação secundária. A partir de 2017, observa-se novamente uma diminuição da vegetação, tendo pouca variação em 2017 e 2018 com regiões de pasto e desmatamento.

A degradação do solo encontra-se num grau mais avançado e através da imagem em NDVI foi possível identificar áreas degradadas que geralmente se localizam próximas aos corpos hídricos como também na sede região do município de Altamira onde o índice de

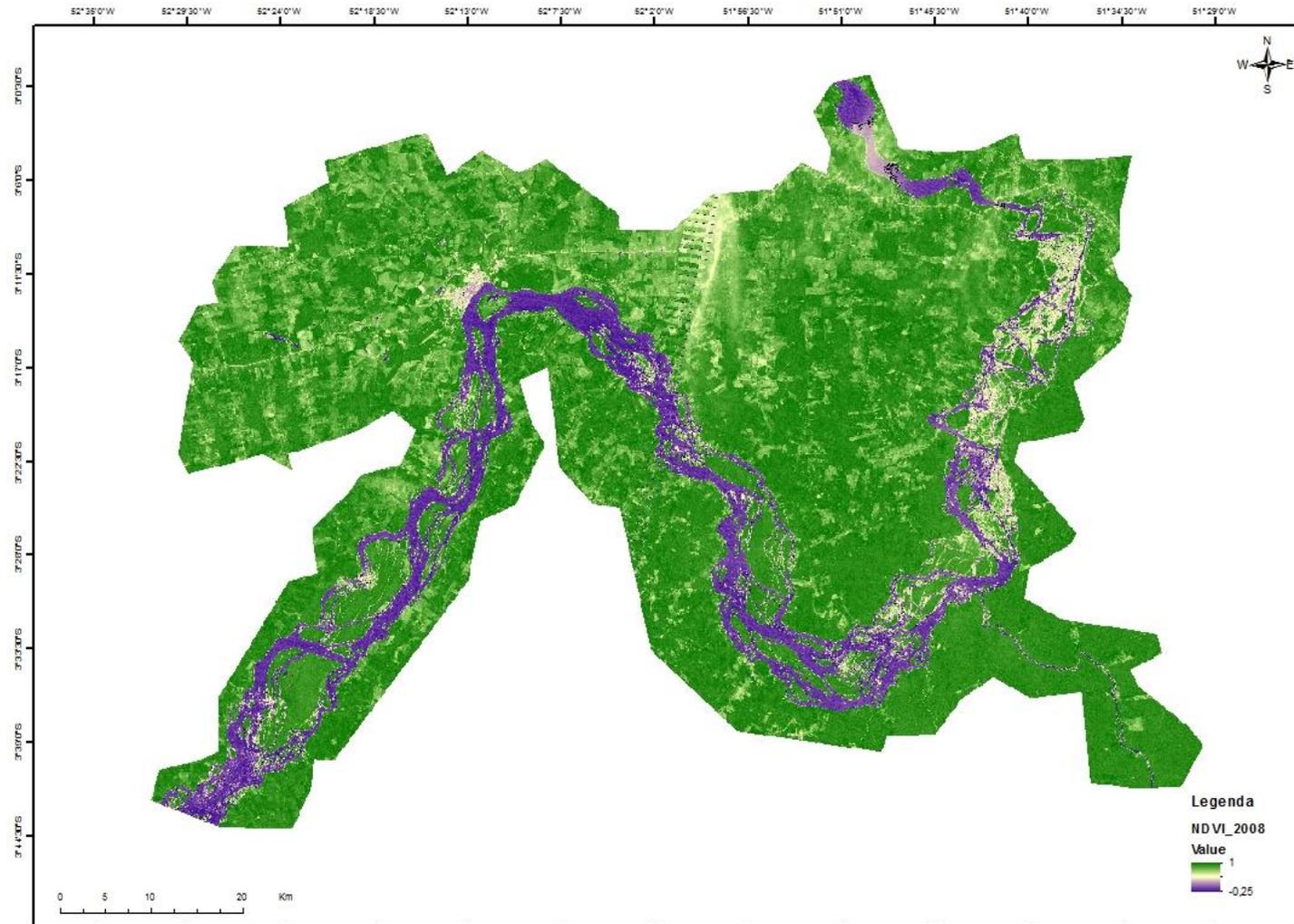
vegetação por diferença normatizada apresentou-se mais elevado (FIGURA 28). Esta degradação do solo pode ser explicada pelas atividades exercidas nessas regiões, como a agricultura, que geralmente estão próximas às margens dos corpos hídricos e que por serem desenvolvidas sem o devido cuidado com os recursos naturais, desencadeiam este processo de deterioração do solo.

A fim de auxiliar na análise dos resultados descritos anteriormente, os valores da estatística descritiva do NDVI são apresentados na Tabela 5. Considera-se que em relação ao desvio padrão e ao coeficiente de variação, as amostras apresentaram alta dispersão durante os anos, demonstrando que os valores variaram muito em relação às médias. Os dados dos dois meses apresentam características heterogêneas, no entanto, apesar dos valores de desvio padrão estarem iguais em 2008 e 2018, o coeficiente de variação indicou maior variação dos dados para o ano de 2018. Percebe-se também uma variação nas médias (TABELA 5), como reflexo da variação dos valores do índice em relação ao NDVI mínimo e máximo, apresentado nas imagens (FIGURAS 22 a 32).

Tabela 5 - Estatística descritiva do NDVI.

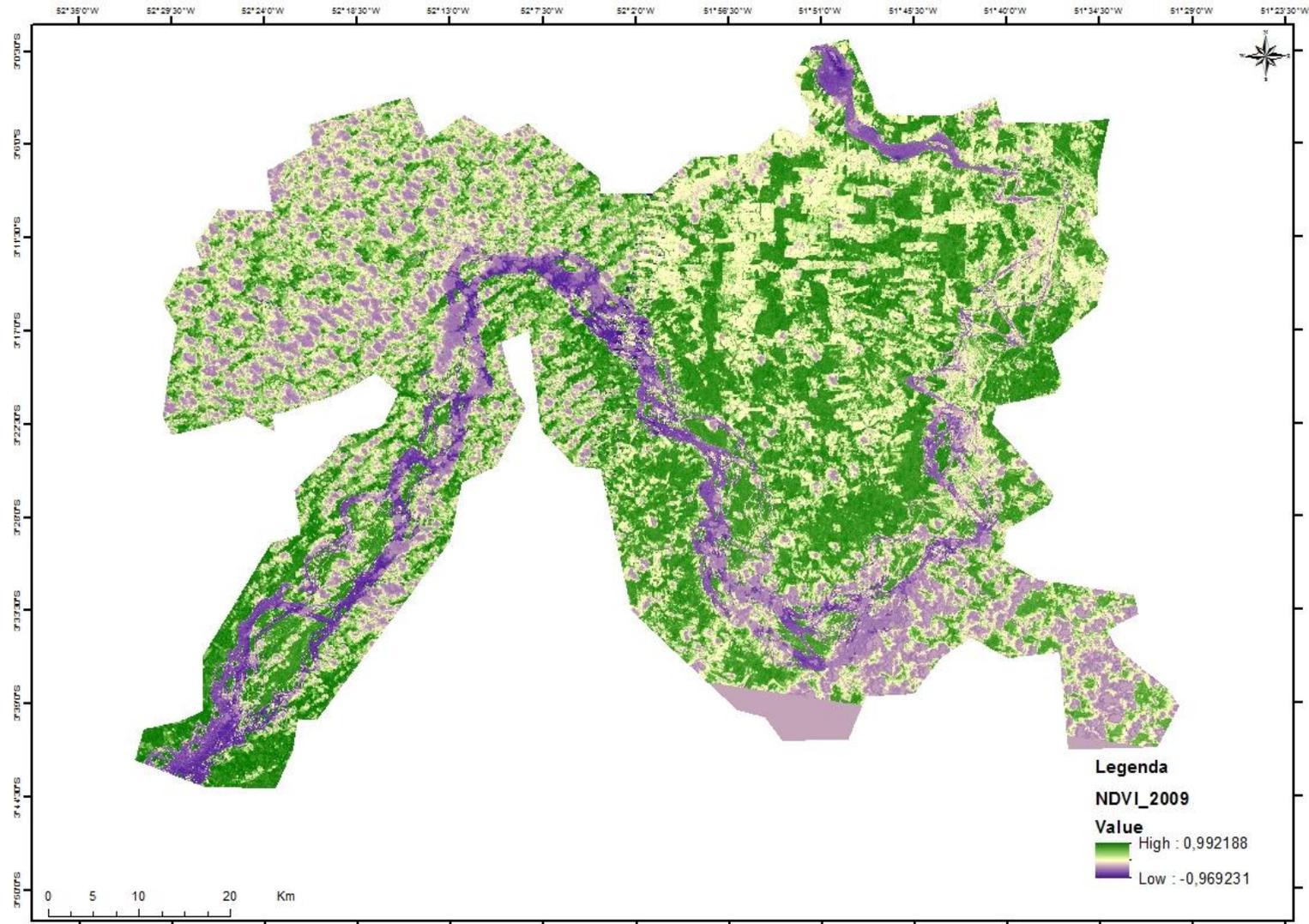
ANO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
2008	0,2715	0,1641	60,44
2009	0,1556	0,2396	153,98
2010	0,3294	0,2651	80,48
2011	0,5025	0,2648	52,70
2013	0,2812	0,1651	58,71
2014	0,3315	0,1641	49,50
2015	0,3289	0,1596	48,53
2016	0,3412	0,3926	115,06
2017	0,1876	0,2175	115,94
2018	0,2294	0,1641	71,53

Figura 22 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2008.



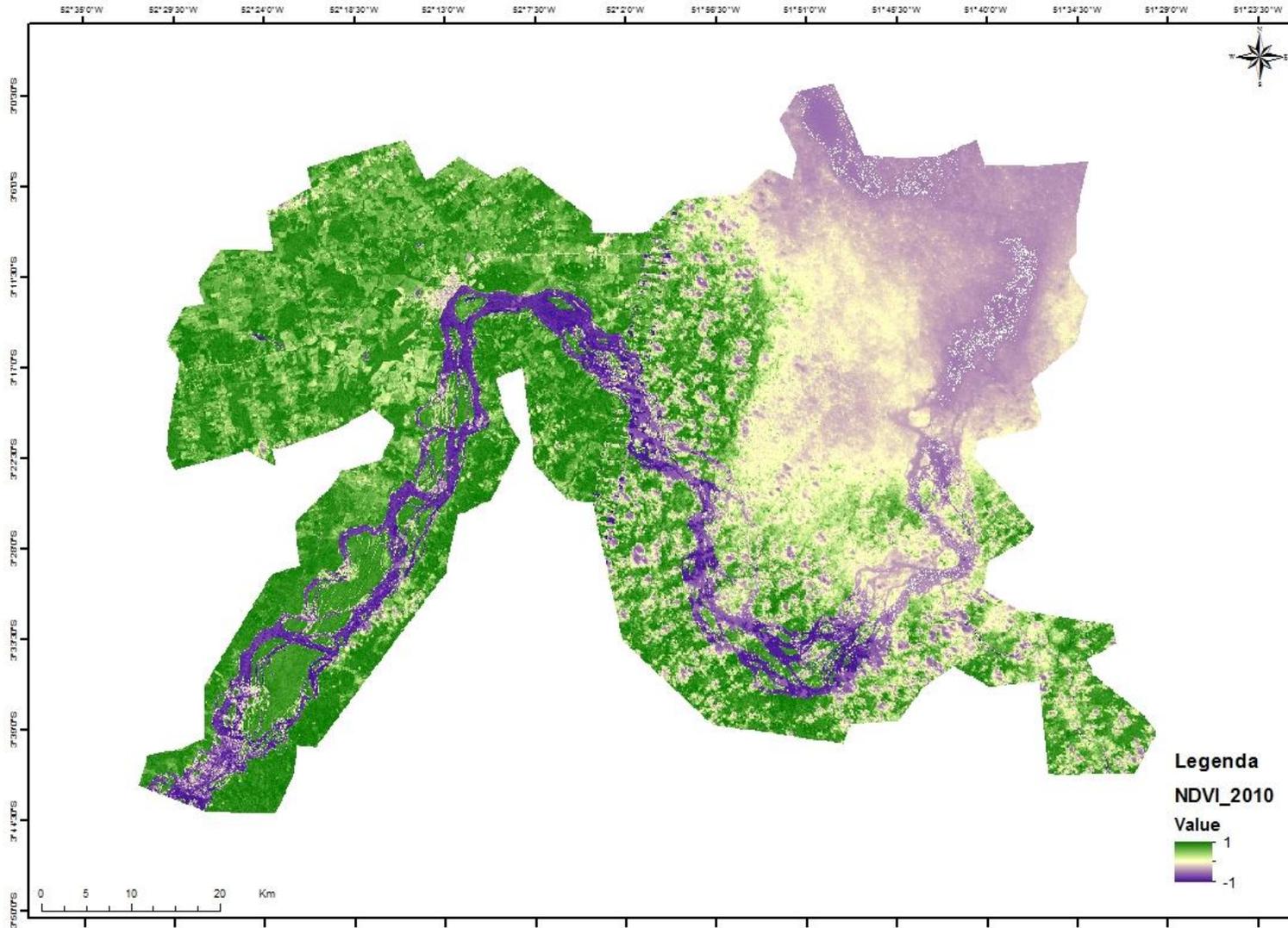
Fonte: Próprio autor.

Figura 23 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2009.



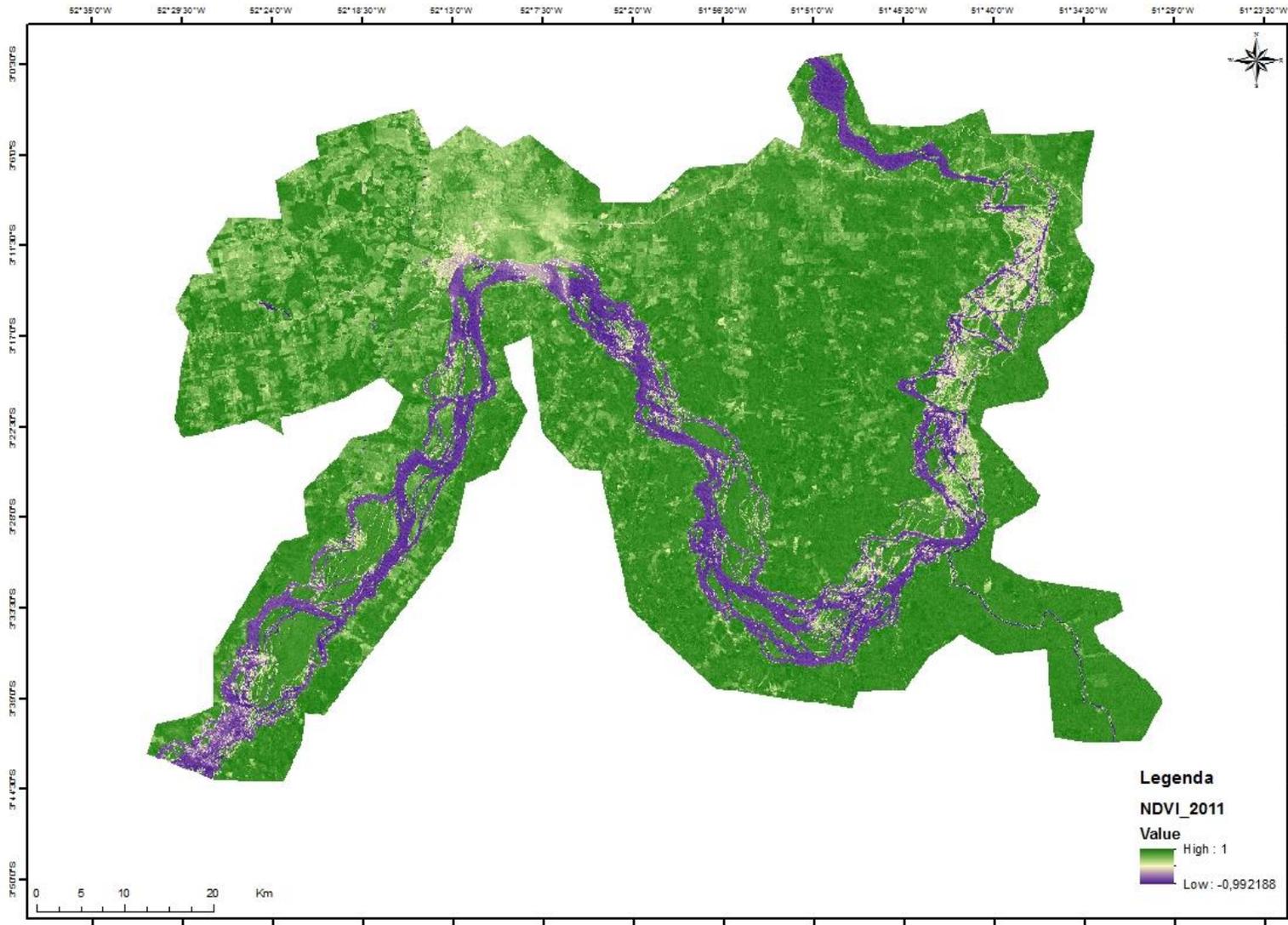
Fonte: Próprio autor.

Figura 24 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2010.



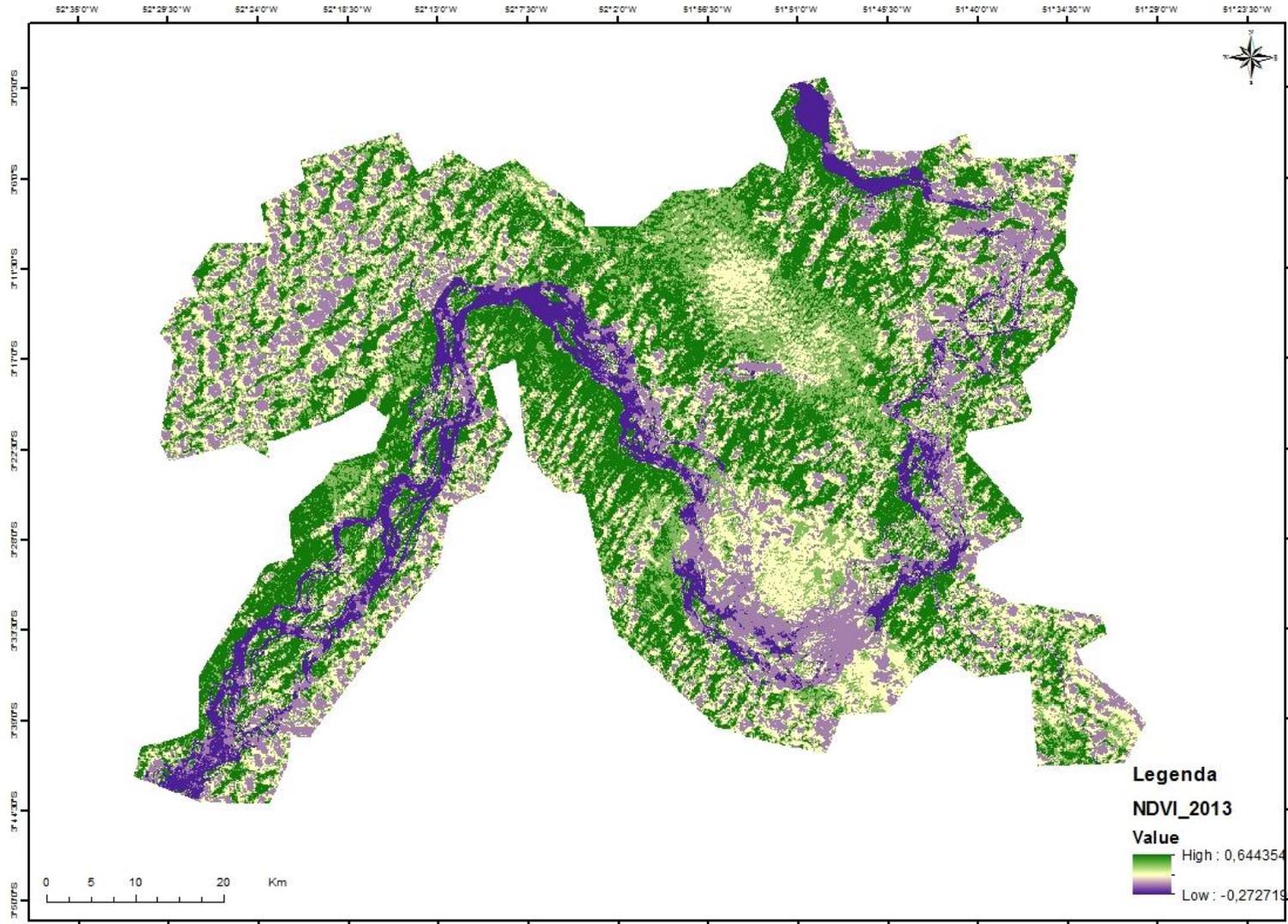
Fonte: Próprio autor.

Figura 25 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2011.



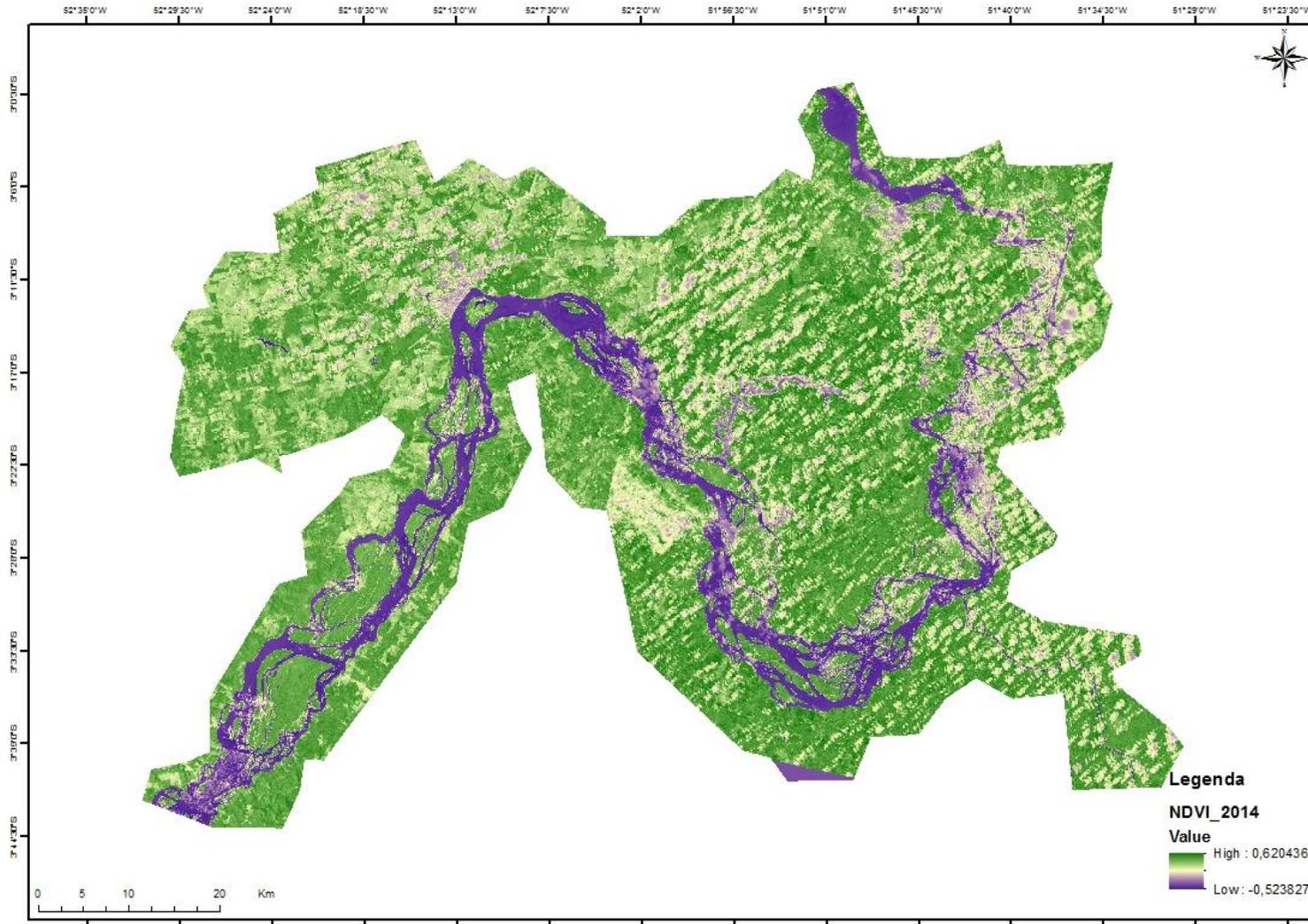
Fonte: Próprio autor.

Figura 26 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2013.



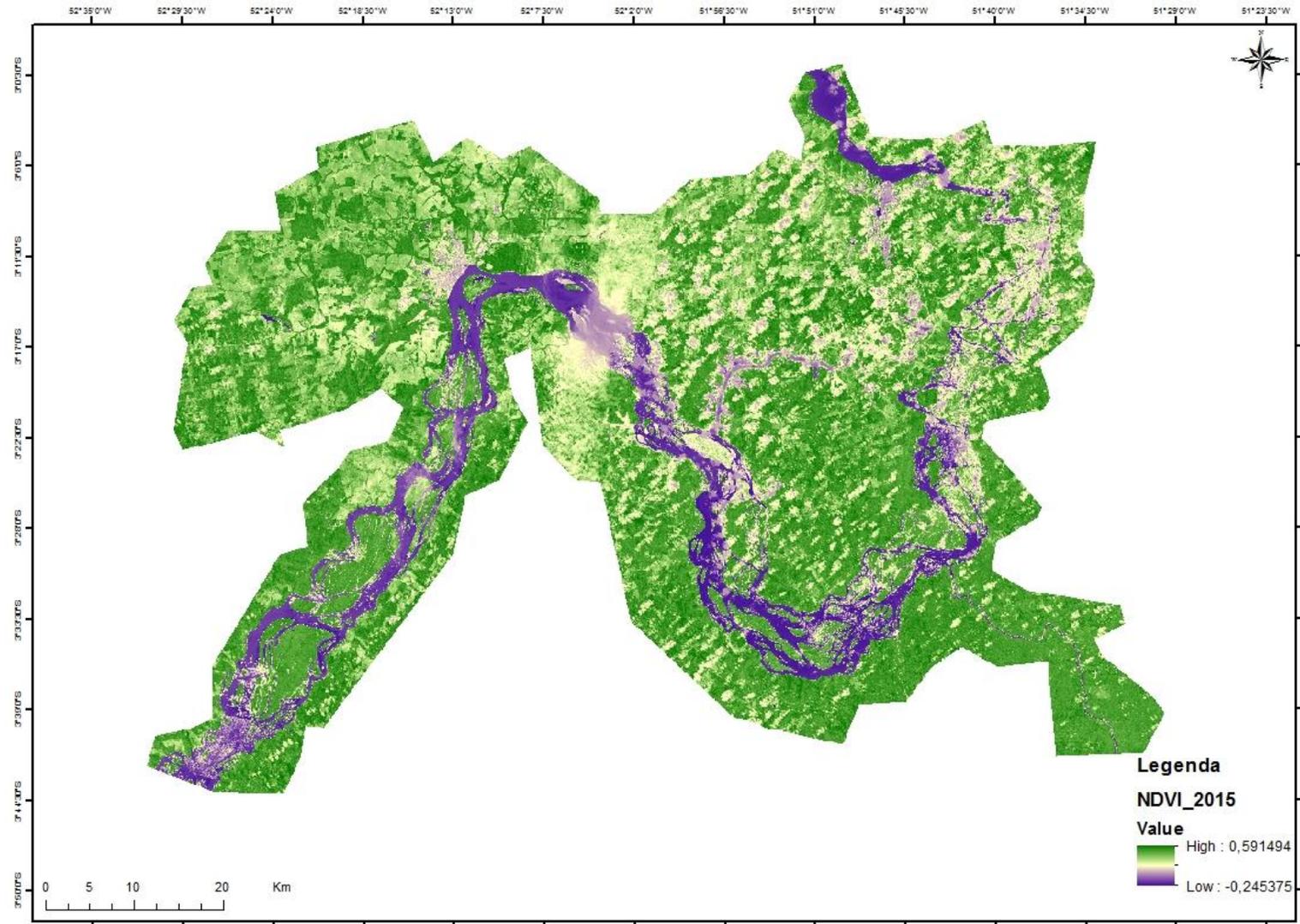
Fonte: Próprio autor.

Figura 27 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2014.



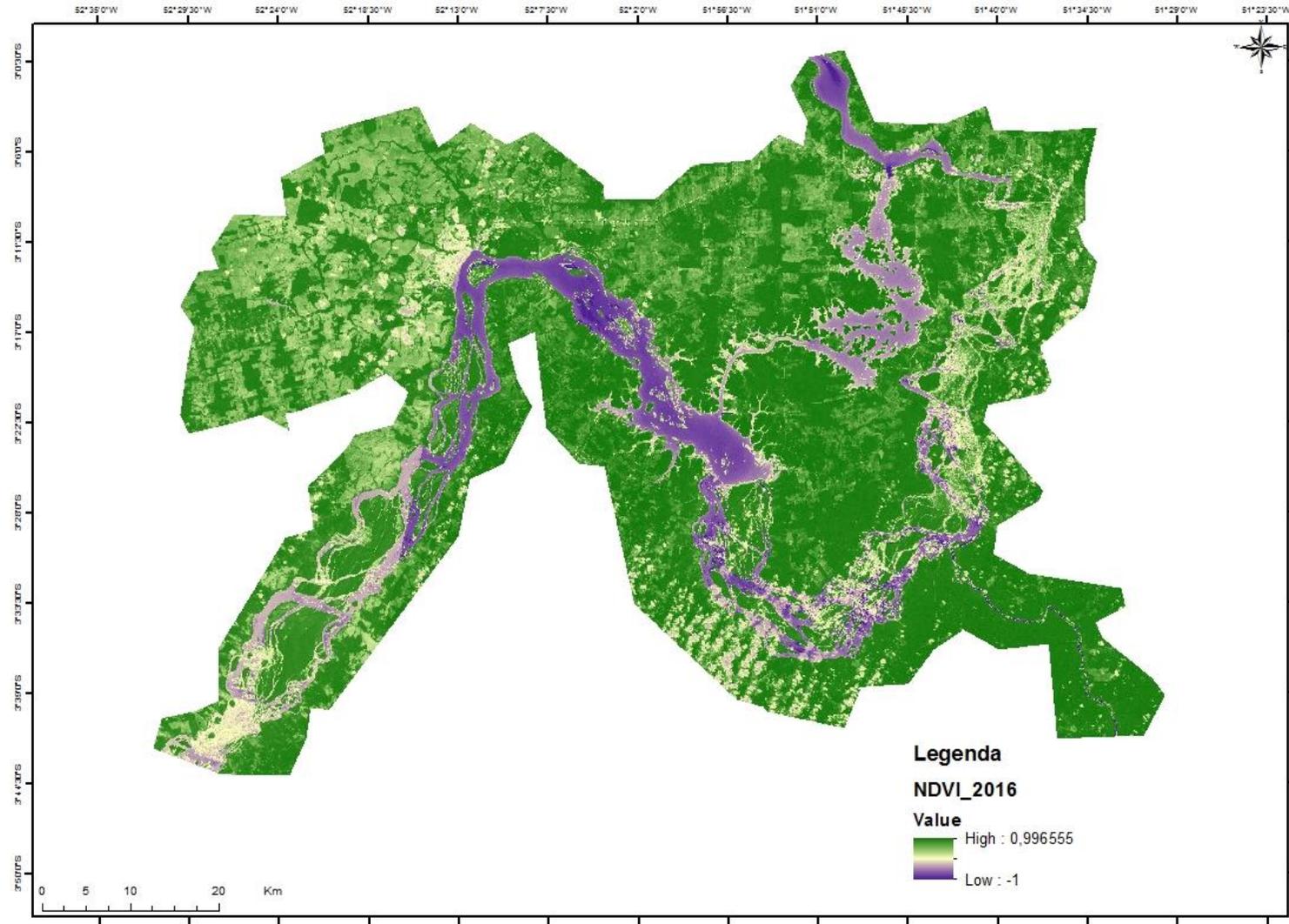
Fonte: Próprio autor.

Figura 28 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2015.



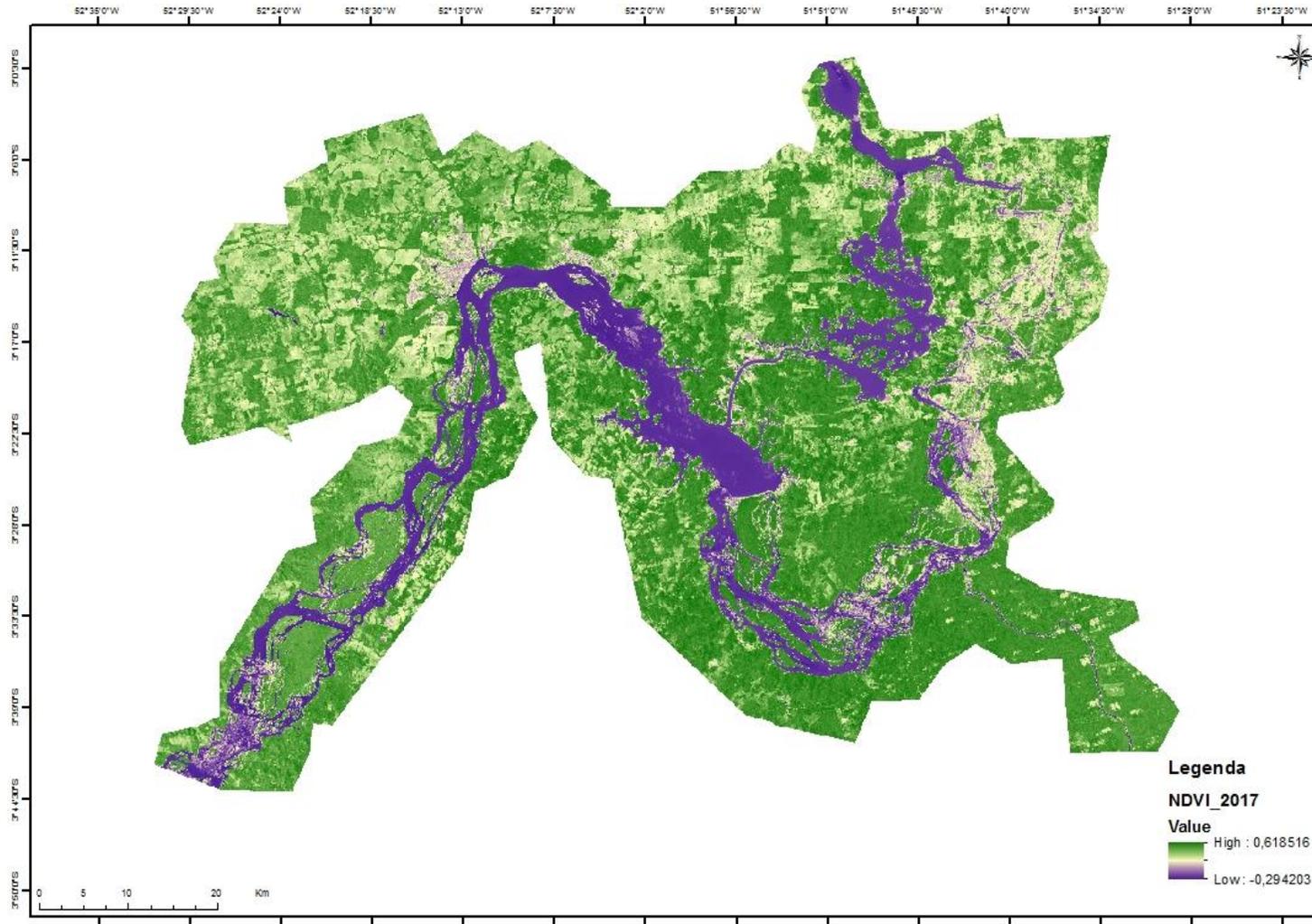
Fonte: Próprio autor.

Figura 29 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2016.



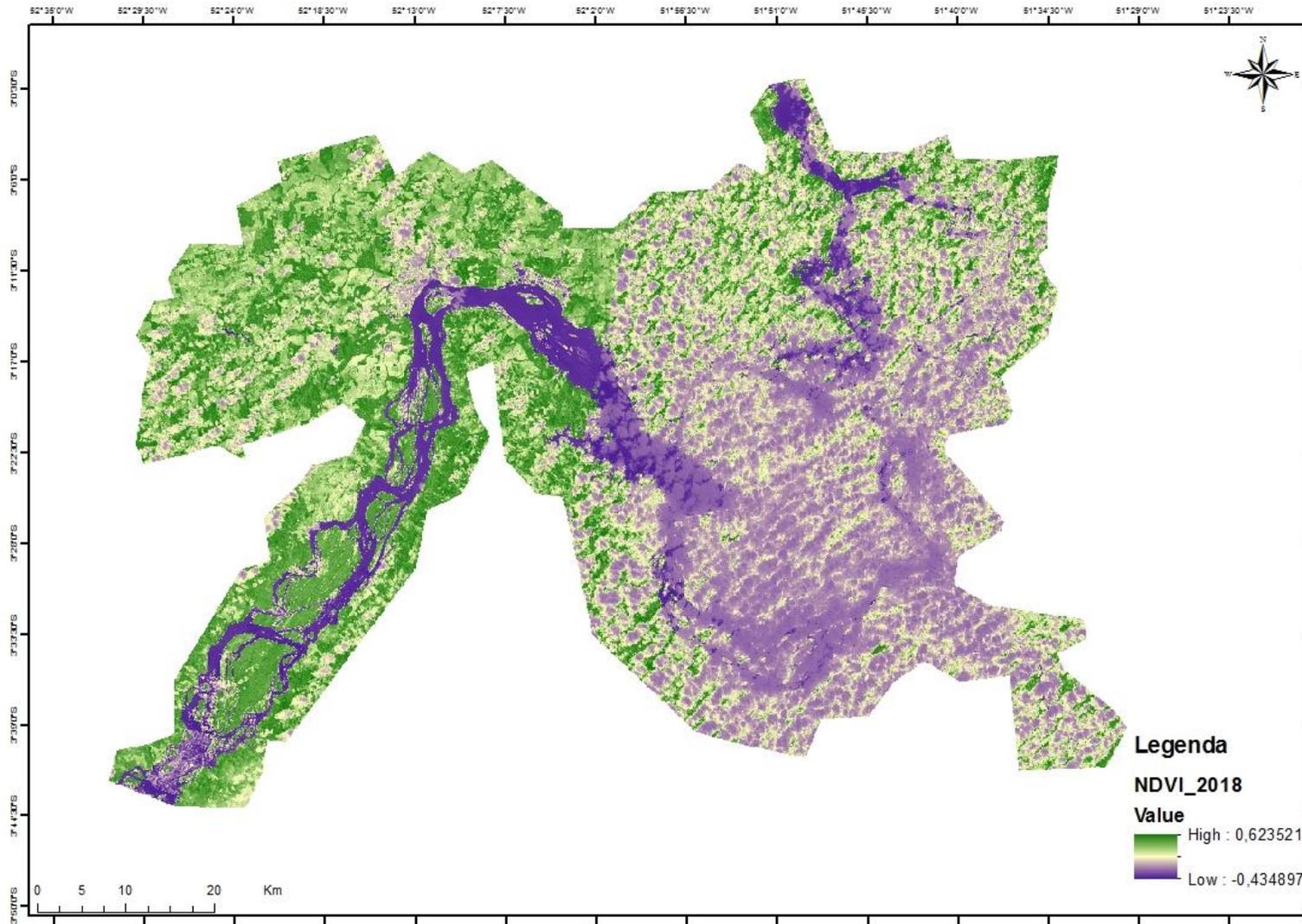
Fonte: Próprio autor.

Figura 30 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2017.



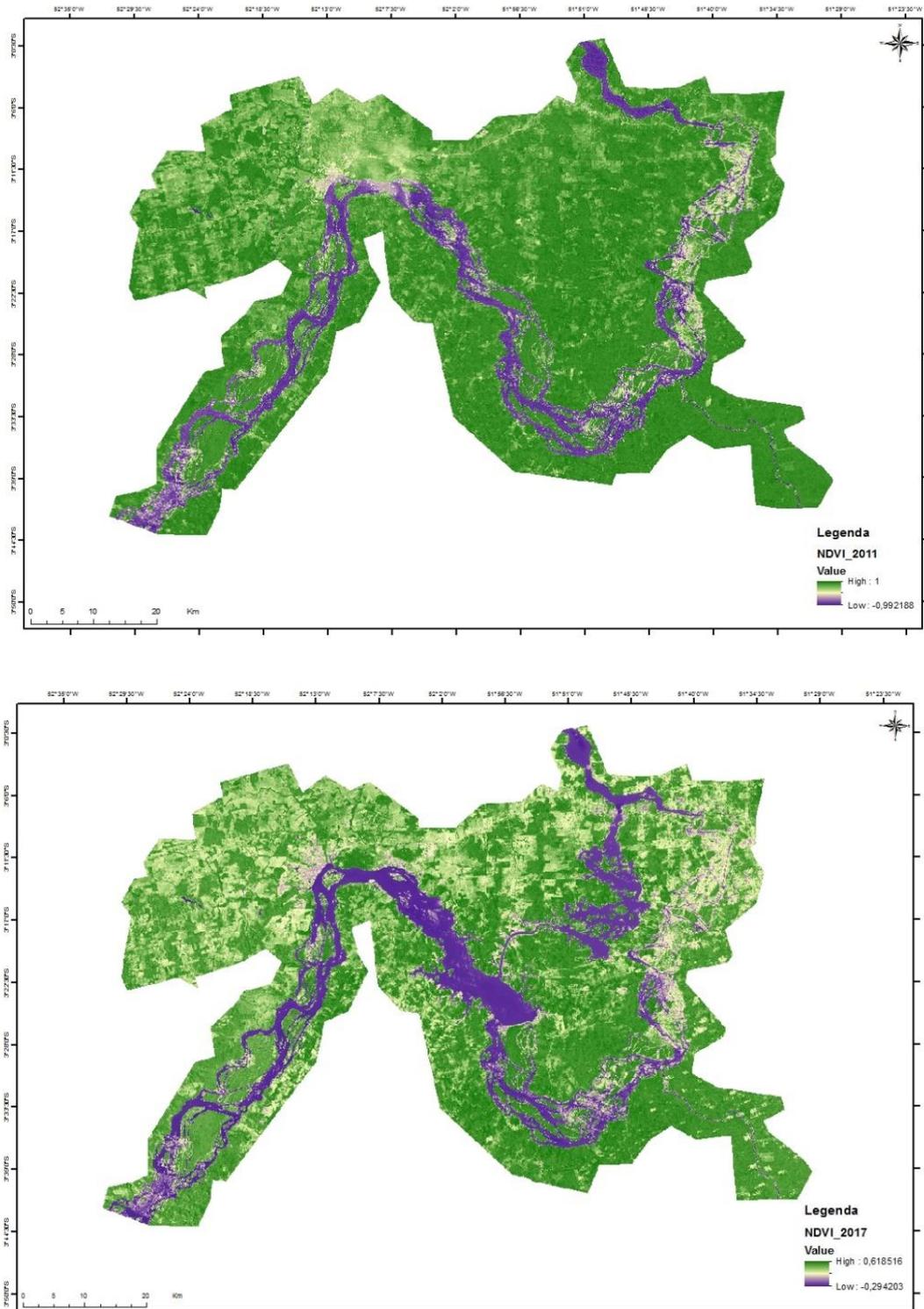
Fonte: Próprio autor.

Figura 31 - Imagem do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte no ano de 2018.



Fonte: Próprio autor.

Figura 32 - Comparação das imagens do NDVI da Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte nos anos de 2011 e 2017.



Fonte: Próprio autor.

Foram apresentadas as imagens referentes aos NDVIs, estas que produzem dados que podem subsidiar estudos entre as relações da ocupação do espaço, dos desmatamentos na AID da UHE de Belo Monte e o setor público.

## **7 O EMPREENDIMENTO DE BELO MONTE E OS IMPACTOS CAUSADOS.**

O lugar da Amazônia no desenvolvimento do país implica na garantia de direitos dos povos e na proteção ambiental (FAINGUELERNT, 2016). Para Del Moral Hernández e Magalhães (2011), os grandes projetos de infraestrutura de geração de energia manipulam os processos de licenciamento ambiental e mascaram os impactos sociais.

Hoje se necessita de reestruturação no processo de licenciamento ambiental no âmbito de reconhecer o pluralismo da região, tendo como base suas potencialidades naturais, para promoção de seu desenvolvimento sustentável.

Fearnside, (2017) relata que, Belo Monte reuniu um Painel de Especialistas, repetidas grandes manifestações, mais de 60 ações legais e muitos outros eventos e campanhas superam o que foi visto em outros lugares. Esses esforços e os fatos que eles revelaram sobre a inviabilidade e ilegalidade do projeto e a magnitude de seus impactos, não impediam o rol compressor alcançar seu objetivo planejado na forma da represa que bloqueia o Rio Xingu hoje.

O sistema ambiental do Brasil é frágil, pois sofre pressões para agilizar processos de licenciamento ambiental, implicando em grandes perdas para o meio ambiente e conseqüentemente para as populações tradicionais da Amazônia.

A visibilidade e concretude desses projetos são essenciais para a compreensão dos impactos que eles implicam. No entanto, NÃO é o suficiente para lutar contra cada barragem: a questão deve ser abordada sobre se o Brasil necessita de um programa massivo de construção de barragens na Amazônia. A resposta é “não” (BAITELO et al. 2013; MOREIRA 2012).

O ISA em 2015 publicou uma notícia sobre o monitoramento da efetividade das condicionantes de Belo Monte, realizado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). O relatório aponta problemas de gestão, planejamento, falta de participação cidadã e de articulação entre o poder público e a Norte Energia, que colocam em risco a eficácia de algumas ações, como saneamento básico e educação (FAINGUELERNT, 2016).

Para Reis; Souza, (2015), os impactos de sua implantação sobre as populações de cinco municípios do estado da perspectiva da segurança pública. A análise se concentra nos registros nas delegacias de polícia desses municípios, relativos ao período de 2007 a 2013, onde ameaças, homicídios, estupros e mortes no trânsito aumentaram vertiginosamente na região com a implantação da usina, sem que tenha ocorrido o proporcional investimento no aparato de segurança pública, agravando o painel de conflitos já existentes na região. Com o

aumento desordenado da população, apesar de centenas de empregos serem criados, problemas como a violência e a prostituição se tornaram frequentes.

Todos os municípios citados neste trabalho, sofrem algum tipo de impacto devido a instalação da UHE de Belo Monte. Segundo Freire et. al., (2015) o aumento populacional na região ocasionou um acelerado processo de construção de edificações e pavimentação das ruas, além de oferta de novos lotes imobiliários, não somente no município de Altamira, mas também em Vitória do Xingu e Brasil Novo. A intensificação do uso e ocupação desordenado do solo causou a supressão da cobertura vegetal, impermeabilização do solo, além da construção de fossas sépticas sem rigor, contaminando o lençol freático.

O município de Brasil Novo possui uma população ambulante, ainda não calculada, em função da proximidade com o município de Altamira, ou seja, é comum que pessoas trabalhem em Altamira e residam em Brasil Novo, que acaba por fazer às vezes de “cidade dormitório”. É evidente, o crescimento do setor imobiliário na cidade por meio da instalação de novos loteamentos e assentamentos urbanos, além da intensificação do trânsito de trabalhadores entre as duas cidades (PAULA FILHO; NERES, 2016; FREIRE et. al., 2018).

No município de Senador José Porfírio têm-se observado focos expressivos de desmatamento principalmente na parte descontínua do município, na região do PA Ressaca, principalmente por conta da especulação em função da emissão de novas licenças para a atividade de mineração, além da especulação fundiária de terras estimulada pela proximidade com um dos canteiros de obras da UHE Belo Monte (PAULA FILHO; NERES, 2016).

De acordo com Villas-Bôas et al., (2015), os dados demonstram que a conversão de populações ribeirinhas em populações exclusivamente urbanas ou agricultoras vem se consolidando, devido à ausência de opções que assegurem sua manutenção na beira do rio.

Segundo dados de janeiro de 2015, das 1.798 famílias que já optaram por uma das propostas de compensação, 1,5% escolheram a suposta alternativa de reassentamento rural coletivo, 75% optaram por indenizações em dinheiro, que não permitem a compra dos caros terrenos às margens do rio. A opção de carta de crédito, ou realocação assistida, contemplou 21% – ela implica a busca de um terreno ou lote pelo próprio atingido, para posterior compra da área pela Norte Energia, o que é impraticável para populações majoritariamente analfabetas, em um contexto de pouco acesso à informação e caos fundiário. 1,8% optaram por reassentamento individual, em áreas também sem acesso ao rio.

As TIs e UCs da área afetada encontram-se sob a forte pressão exercida pela exploração ilegal de madeira. Trata-se de um problema histórico na região, que antecede Belo Monte,

mas que se potencializou, uma vez que a instalação da usina ocorreu na ausência de medidas efetivas de controle.

A explosão desses índices deu-se graças à insuficiência das ações de reforço da fiscalização ambiental na região. Além disso, o proporcionalmente nulo reaproveitamento da madeira extraída dentro dos próprios canteiros de obras levou o empreendedor a comprar milhares de metros cúbicos de madeira do mercado regional, reforçando essa pressão.

Vários impactos biológicos e sociais são previstos com a redução dos níveis da água do rio Xingu no trecho abaixo da barragem principal, como problemas para a navegação e os efeitos sobre a floresta aluvial em toda a área afetada pelo rebaixamento do lençol freático, extinção local de espécies, escassez da pesca, aumento de pressão fundiária e de desmatamento, migração de não-índios, ocupação desordenada do território, proliferação de epidemias e diminuição da qualidade da água. (FEARNSIDE, 2011)

Segundo Fainguelernt (2016), no caso de Belo Monte, algumas lições podem ser aprendidas para futuros empreendimentos hidrelétricos: (I) as questões sociais e ambientais não devem ser colocadas em segundo plano diante do desenvolvimento econômico associado à noção de progresso; (II) as condições de desenvolvimento e as contradições durante o processo de licenciamento ambiental de Belo Monte sugerem um caráter autoritário do projeto da usina, que evidencia a necessidade de uma concepção mais social, humana e democrática de sociedade; (III) o desafio relacionado à formulação de soluções energéticas persiste, pois dimensões fundamentais da sustentabilidade ainda não foram devidamente valorizadas no planejamento e no desenvolvimento de políticas públicas.

## 7.1 Desmatamento

É fato que as obras de Belo Monte, estão relacionadas a um aumento do desmatamento, ainda é pouco avaliado. Alguns autores vêm estudando a relação da implantação da UHE de Belo Monte e seus diversos impactos como: Fearnside 2017, (Atores e argumentos na luta pela maior parte do Brasil barragem amazônica controversa); Fainguelernt, (2016), versa sobre o resgate histórico do processo de licenciamento ambiental de Belo Monte; Reis; Souza, (2016) apresentaram o comportamento do registro de crimes nas delegacias de polícia da área diretamente afetada pela UHE de Belo Monte; Paula Filho; Neres (2016) analisaram a dinâmica do desmatamento; para Sousa júnior; Reid, (2010) analisaram os custos privados e sociais e os benefícios do projeto Belo Monte como também, cenários de risco, considerando as flutuações na viabilidade do projeto que resultariam de variações no custo total.

Verifica-se, assim, que o processo de ocupação da área tratada neste estudo está totalmente vinculado às políticas de colonização implementadas pelo Inbra. Porém, o déficit da assistência prometida – desdobrado em questões como a não

implantação do projeto no mesmo ritmo das migrações e da ocupação da terra; o não cumprimento da integralidade das obras de infraestrutura previstas; a distribuição retangular em lotes padrões que não levava em conta os aspectos do meio físico (solos, topografia, hidrografia) etc. – resultou num somatório de insucessos e gerou inúmeras críticas da sociedade e dos beneficiários da colonização (FEARNSIDE, 1987).

A isso se soma a alta rotatividade dos assentados, a venda informal de lotes, o processo de degradação ambiental, a concentração fundiária e os altos custos ao erário público sem alteração da concentrada estrutura fundiária brasileira e sem reduzir os problemas e conflitos sociais no meio rural (HAMELIN, 1991; SPAROVEK, 2003).

A LDI – Lista do Desmatamento Ilegal do Estado do Pará, criada a partir do Decreto Estadual nº 838/2013 que veda a concessão de licenças, autorizações, serviços ou qualquer outro tipo de benefício ou incentivo público por parte dos órgãos e entidades da Administração Pública Estadual aos empreendimentos e atividades situadas em áreas desmatadas ilegalmente no Estado do Pará, a LDI é a ferramenta de consulta oficial do Estado do Pará.

Além disso, alguns municípios estudados encontram-se em situação de embargo ambiental devido ao não cumprimento das metas relacionadas em termo de compromisso com o PMV, como: Altamira, Anapú e Senador José Porfírio. Vitória do Xingu encontra-se como consolidado e Brasil Novo como município verde. Os municípios aqui pesquisados também assinaram termos de compromisso com o MPF, estado do Pará, Faepa e IBAMA-PA, assumindo obrigações como: celebrar, em conjunto com as organizações sociais do município, um pacto pelo combate e controle do desmatamento; montar uma estrutura de monitoramento, fiscalização e controle do desmatamento com estrutura mínima de georreferenciamento; ter 80% do seu território relativo a imóveis privados ou posses no CAR; manter o controle do desmatamento em níveis inferiores a 40 km<sup>2</sup> por ano.

Uma vez embargados, esses estabelecimentos não podem acessar algumas políticas públicas, a exemplo do crédito rural, e se exigia que eles regularizassem sua situação por meio do CAR. A assinatura desses termos de compromisso permitiu, em um primeiro momento, a aproximação entre governo e sociedade para a ampliação da discussão dos dados de desmatamento, enquanto os municípios iniciaram um trabalho que permitiu a estruturação física e de pessoal das respectivas secretarias municipais de meio ambiente (ISA, 2017).

Segundo Paula Filho e Neres (2016) os riscos de pressão sobre a floresta ainda são altos informações obtidas por meio de dados de sensoriamento remoto e validadas em campo indicam que há uma forte tendência de se aumentar as áreas para agricultura e pecuária; também se verificou que a finalidade de aproximadamente 98% dos desmatamentos ocorridos

entre 2011 e 2014 era a implantação de pastagens, fato também constatado nas entrevistas de campo.

Esses desmatamentos ocorrem principalmente com a abertura de roças anuais – devido à baixa fertilidade do solo, a baixa capacidade de regeneração da floresta e a falta de assistência produtiva para os agricultores, eles tendem a abrir uma nova área a cada ano (PAULA FILHO; NERES, 2016).

Nos dados EIA, já evidenciavam que as pastagens representavam 41% da cobertura do solo, enquanto a floresta densa representava 2,86% (TABELA 4). Uma das maiores transformações deu-se nas áreas que foram inundadas, ou que pelo projeto estariam propícias à inundação no período de estação chuvosa. “Foi suprimido um total de 20.905,03 ha, sendo 6.573,46 ha para obras civis e 14.331,57 ha para os reservatórios” (NORTE ENERGIA, 2016).

A edificação da represa principal (reservatório dos canais) e do local onde foi instalada a casa de força principal da hidrelétrica ocorreu com desmatamentos às margens do rio e remoção de estruturas geológicas, por meio de implosões de rochas, o que desencadeou a desconstrução da estrutura geomorfológica do canal fluvial. O que pode ser corroborado pelas figuras 12 e 13, cenas evidenciando o desmatamento para o enchimento do reservatório canais (FREIRE, 2018).

De acordo com o EIA, (2009) o volume de escavação implica na área que será exposta a esse impacto com necessidade de movimentos de terra, supressão vegetal, resgate de flora e fauna, além de vários outros impactos associados. A quantidade da área de escavação, que na proposta presente no EIA atingia 1321 hectares, sofre uma redução de 346 hectares, o que representa 26,2%, com a eliminação de um dos canais. Por outro lado, a Floresta Ombrófila Densa Aluvial atingida aumenta em 85%, dado os locais previstos nesse momento de projeto para disposição de bota fora.

São evidentes as reduções de áreas conservadas em detrimento da expansão das atividades agropecuárias, representadas pelo aumento substancial de áreas desmatadas. Corroborado por Melo et al. (2011), a microbacia do Riacho dos Cavalos através do índice de vegetação diferenciado normalizado (NDVI), onde constata a redução da vegetação nativa da região.

A inundação das áreas, como por exemplo nas figuras 10 e 11, (que mostram o local de barramento Sítio Pimental) pela elevação do nível das águas do rio e igarapés, e perda da vegetação e biodiversidade local, fez-se necessário realizar a remoção de algumas comunidades tradicionais ao longo do rio, uma exclusão social da população ribeirinha.

Freire, (2018), comenta que as comunidades pesqueiras que não foram removidas pelo projeto mudaram totalmente a rotina, com profundas modificações nos hábitos culturais, uma vez que o fluxo do rio modificou-se, apresentando-se agora mais perigoso traiçoeiro.

Villas-Bôas et al., (2015), comentam que um conjunto de ações voltadas ao controle da destinação da madeira produzida a partir do desmatamento direto, realizado pelo empreendedor para a instalação dos canteiros de obras e dos reservatórios, foi continuamente desrespeitado. Segundo os técnicos do Ibama responsáveis pelo monitoramento da questão, essas atividades chegaram a tal descontrole, que os canteiros de obras teriam se transformado em um “sumidouro de madeira”.

Na Volta Grande do Xingu (FIGURA 5), caracterizada por uma área onde o curso do rio apresenta baixa profundidade com a presença de afloramentos rochosos acima do nível fluvial, houve redução da vazão do rio mostra um dos canais de derivação. “80% da vazão do rio no trecho conhecido como Volta Grande foram desviados para um canal artificial de 20 km de extensão e com média de 300m de largura, quase metade do Canal do Panamá” (VIEIRA, 2016); que de acordo com Freire, (2018), tem implicado de forma progressiva na dinâmica do relevo fluvial, onde o aporte de sedimentos está modificando a paisagem.

Segundo a Norte Energia S.A. (2010), a construção e as instalações finais da UHE ocupariam 333,4 km<sup>2</sup>, incluindo os reservatórios, estradas, linha de transmissão de energia, acampamentos e outras estruturas. Desta área total, o empreendedor estima que seria necessário desmatar 156,36 km<sup>2</sup> (ou 47% da área a ser ocupada) porque o restante da área já está desmatada ou é o leito do rio. A maioria da área a ser desmatada (86%) será ocupada pelos reservatórios.

Em novembro de 2018, 4.454 hectares de floresta foram destruídos na Terra Indígena (TI) Paquicamba e no município de Senador José Porfírio, localizados na zona de influência de Belo Monte e Belo Sun. “A especulação imobiliária provocada por essas grandes obras e pelo momento político atual explica a intensificação da destruição da floresta. Em uma região já altamente impactada, é urgente que ações para coibir as atividades ilegais sejam executadas” (ISA, 2018).

Ferreira (2017) verificou a conformidade do EIA/RIMA do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte (AHE) em relação ao Termo de Referência emitido pelo IBAMA e apresentar as principais discussões e perspectivas quanto ao projeto como um todo e relata que no meio físico, no meio biótico diversos itens listados pelo Termo de Referência são deixados sem respostas, tais como: justificativas e metodologias utilizadas na coleta de dados e estudos realizados; identificação das principais publicações sobre a ecologia da região; localização e

sazonalidade dos estudos atuais e anteriores; caracterização das estações de coleta; identificação e caracterização das áreas com potencial para Unidades de Conservação e aplicação de compensação ambiental; caracterização e avaliação do grau de conservação dos ecossistemas terrestres, seus ecótonos, ilhas de biodiversidade, Steping Stones, áreas de suporte para a fauna, identificação das espécies em função da barreira geográfica representada pelo Rio Xingu e prognóstico do efeito do empreendimento sobre a fauna e a flora.

Estudos da flora para os principais fragmentos florestais da AII, identificando-os com aqueles similares ao da AID. Nas áreas de influência direta e diretamente afetada três dos quatro requisitos exigidos deixaram de contemplar o EIA: a caracterização das áreas sujeitas à degradação ocasionada pelas obras; o estudo referente ao comportamento das vazões do rio Xingu, considerando-se as formações vegetais inundáveis; e a quantificação das fitofisionomias atingidas, por município.

## 7.2 Padrões de desmatamento e NDVI

Padrões ou perfis de desmatamento referem-se à extensão dos polígonos identificados como desmatamento ao longo do tempo. É um importante fator para verificação da eficácia das políticas implementadas visando o combate aos grandes desmatamentos.

O uso de geotecnologias permite uma análise holística em zonas úmidas, trazendo abordagens práticas para controle, planejamento territorial, políticas públicas e práticas de conservação (ELZ et al. 2015).

Na figura 31 é perceptível, na análise dos mapas, a constatação de uma enorme perda da vegetação e aumento de solo exposto ao longo do tempo, devido a implantação da UHE de Belo Monte. De acordo com Melo et al., (2011), o desmatamento constitui como principal impacto verificado nesta área, provocando assim, a degradação das terras pelos processos erosivos, e apresentando, em alguns setores, cenários de desertificação.

Freire (2018), ao estudar e expor alguns dos principais problemas socioambientais oriundos da implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, no qual se faz uma análise integrada e geossistêmica dos aspectos socioeconômicos e físico-ambientais da área de influência direta e indireta do empreendimento, comenta na abordagem dos impactos físico-ambientais, o principal problema apontado está relacionado com o represamento e desvio de parte das águas do rio Xingu.

De acordo com o EIA, localizada a aproximadamente 78 km por rodovia do centro de Altamira, a área onde serão instalados o Acampamento do Sítio Pimental e o Canteiro Industrial Pioneiro possui extensão de 224,5 ha, como pode ser visualizada no mapa das

figuras 8 e 9, onde evidencia a perda de biomassa vegetal pela região de enchimento do reservatório e construção do sítio Pimental.

Demonstrou-se que o NDVI pode ser uma boa ferramenta na avaliação dos parâmetros físicos das bacias hidrográficas, a partir do momento em que a cobertura vegetal representa um componente importante da regulação do clima e dos parâmetros hidrológicos (OLIVEIRA, 2015).

Com o índice NDVI, foi obtida maior eficiência na reconstrução histórica de todos os eventos (FIGURA 21), por mostrar maior amplitude nos valores espectrais ao longo da série temporal através do histograma (FIGURA 21), sendo sensível e representativo para alteração ambiental de vegetação. Como também permite agrupar regiões homogêneas, de forma a identificar e mapear os principais grupos vegetais, permitindo assim, verificar variações fenológicas o longo do tempo.

Cordeiro et al. (2017), caracterizaram a dinâmica espaço-temporal do NDVI dos grandes grupos vegetais do Rio Grande do Sul, agrupam regiões homogêneas com base na variabilidade temporal do NDVI e analisar o padrão de variabilidade anual do NDVI dos diferentes grupos.

A distribuição temporal das médias do NDVI (Figura 20), também confirmam a existência de diferentes coberturas do solo (gradual conversão da floresta para corpo d'água e pastagem, respectivamente). A ocorrência desses eventos pode ser explicada: pelo modo de alteração da cobertura vegetal, causados por erosão fluvial, possível relação com a construção do reservatório do canal e/ou pelo desmatamento.

A variação do percentual de água deveu-se a construção da UHE de Belo Monte e vazante do rio. Observa-se que uma parte significativa do que foi classificado como solo exposto/cidade se deve a fatores naturais, como o recuo das águas, o que resulta num solo sem cobertura vegetal.

Guilherme et al., (2016) estudaram a mudança do uso e ocupação do solo no município de Coari-AM por meio do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) calculado a partir de imagens Landsat 5 TM, que também observaram, que uma parte significativa do que foi classificado como solo exposto/cidade se deve a fatores naturais, como o recuo das águas, resultando no solo exposto, visto que o ciclo das águas do rio é sazonal.

A amplitude interanual do momento crítico da alteração da vegetação dos anos 2010 e 2011, onde existe uma recuperação florestal, depois reduzindo para 0,28 em 2013, que causa incerteza na definição de um limiar que separe o momento crítico de perda de vegetação. O

limiar é necessário para gerar atributos (duração, intensidade e ano de início da alteração da floresta) a partir da trajetória espectro-temporal, possibilitando a classificação da causa e reconstrução histórica da alteração da floresta (GÓMEZ et al. 2014).

Fragal et al., (2018) observou que ao analisar de bandas espectrais e índices de vegetação NDVI e NBR para a reconstrução histórica da alteração da floresta de várzea do Baixo Amazonas através de série temporal Landsat, as trajetórias espectro-temporais com valores de NDVI identificaram os eventos ocorridos e foram diretamente ligados aos agentes causadores naturais ou antrópicos. Os eventos de alteração da floresta de várzea causados por erosão fluvial possuem momento crítico mais pronunciado do que os eventos causados por ação antrópica, que promove maior confiabilidade na geração de atributos para caracterizá-los.

O índice de vegetação NDVI demonstrou maior eficiência na reconstrução histórica da alteração e regeneração da floresta. Os eventos de alteração da floresta de várzea causados por erosão fluvial possuem momento crítico mais pronunciado do que os eventos causados por ação antrópica, que promove maior confiabilidade na geração de atributos para caracterizá-los.

As porções classificadas como clareiras vegetadas visivelmente são zonas desmatadas que, no entanto, apresentam os menores valores de NDVI. Os valores mais baixos, ou seja, mas próximo de 0, tanto do NDVI (figuras de 22 a 32) encontrados em algumas das imagens do período seco representadas na cor amarela, em locais sem a presença de nuvens, o que pode estar em função do período de estiagem que provoca um estresse hídrico na vegetação afetando o desenvolvimento da gramínea, corroborado por Pavão et al., (2015).

Para Prudente; Rosa, (2016) a vegetação prestes a queimar apresentou em média NDVI em torno de 0,1 a 0,3, com os valores mais baixos, estes resultados e estudos anteriores realizados por Pereira Júnior (2002) e Prudente e Rosa (2009), relatam que a variação do NDVI antes de um fogo pode ser utilizada em conjunto com outras variáveis para representar cartograficamente as áreas mais suscetíveis à ocorrência dos incêndios.

O solo é um recurso natural não renovável, e a erosão acelerada do mesmo ocorre principalmente quando a terra fica descoberta, exposta à ação do vento e da chuva ou ainda quando submetida às secas prolongadas. A ausência de proteção de cobertura vegetal, juntamente com a das raízes, as quais estabilizam o solo, faz com que cada gota de chuva atinja o solo nu com grande impacto (MARTINS; SILVA, 2014).

Para LEPSCH (2007) um solo em harmonia com o ambiente é considerado sadio, mas quando desprovido de sua vegetação natural, o solo fica exposto a uma série de fatores que

tendem a deprecia-lo numa velocidade que varia com as suas características. A remoção de florestas pelo homem em áreas muito declivosas expõe o solo a erosão acelerada, onde profundos sulcos e voçorocas se abrem.

Como o relatado anteriormente, a não existência de dados importantes do EIA (2009), como por exemplo, dados de fragmentos florestais de vegetações inundáveis, diminui consideravelmente a quantidade de biodiversidade perdida na região, embora que possa ser estimada através de ferramentas como o NDVI (FIGURA 28).

Para a flora, especificamente, o item 154 do Termo de Referência não é atendido: “Avaliar a existência do extrativismo vegetal na área de estudo. Especial atenção deverá ser dada à área de formação do reservatório dos canais, que deverá gerar impacto sobre a exploração de recursos florestais” (BRASIL, 2007, p.22, §154).

A falta de informações importantes no EIA de Belo Monte, apenas reforça o fraco sistema de licenciamento e monitoramento dos órgãos ambientais em se tratando de grandes empreendimentos. É necessário que haja uma reforma do processo de decisão, não apenas uma reforma do licenciamento (FEARNSIDE 2007, 2014, 2015; FEARNSIDE; GRAÇA 2006).

De acordo com Villas-Bôas et al., (2015), ressalta um cenário de descompasso, instalada em uma região com ausência histórica do Estado, Belo Monte continua a ser, cinco anos depois do leilão para construção e operação da usina, símbolo de inadimplência socioambiental e desrespeito às populações atingidas.

Hoje, com Belo Monte existindo como uma realidade física no Rio Xingu, o Consórcio da represa cumpre as muitas promessas ainda pendentes sobre reassentamento e para uma grande variedade de medidas para mitigar os impactos ambientais e sociais da barragem é um grande esforço no qual há muito pouco progresso (ISA 2014; VILLAS-BÔAS et al. 2015). A provável revelação de planos para desastrosas barragens rio acima é um fator sempre presente agora que Belo Monte existe.

## 8 CONCLUSÕES

O desenvolvimento tecnológico atual mostra um cenário de desenvolvimento de ferramentas atreladas a sistemas de informação geográfica, acessíveis, eficientes e eficazes para ser utilizadas em programas de gestão ambiental, com finalidades de monitoramento e fiscalização, visto que possuem custos mais baixos para sua implantação e execução.

No caso da AID da UHE de Belo Monte, a aplicação dessa ferramenta permitiu a produção de um importante banco de dados geográficos, com possibilidade de atualização temporal, que permitiu subsídio para o debate técnico, como para difusão da informação e metas para um melhor planejamento do uso do solo e da água.

A aplicação do índice mostra uma eficiência ao analisar o comportamento da vegetação ao longo do tempo e a análise dos mapas, constatou-se uma enorme perda da vegetação e aumento de solo exposto ao longo do tempo, devido também à implantação da UHE de Belo Monte. A validação visual das cenas permitiu caracterizar e comprovar a veracidade do desflorestamento.

O NDVI apresentou-se como um indicador de forte tendência para o monitoramento, não somente para a caracterização da vegetação, como também para o acompanhamento da expansão urbana e perda de vegetação ao longo dos anos.

A falta de informações importantes no EIA de Belo Monte, apenas reforça a deficiência do sistema de licenciamento e monitoramento dos órgãos ambientais em se tratando de grandes empreendimentos.

A ocupação urbana se concentra nas proximidades do reservatório, no caso, a cidade de Altamira, chamando a atenção para a questão do comprometimento da qualidade de água e diminuição da vegetação local e a pressão antrópica nos seus arredores nos últimos anos devido a implantação da UHE. A falta de análise de mapas detalhados de solo e de topografia impede identificar esses limites e o modelo assume que toda a floresta remanescente próxima das estradas poderia atingir o risco máximo de desmatamento.

A preservação da Floresta Amazônica existente demanda a implementação de políticas que revertam o quadro de desmatamento, em prol de grandes empreendimentos. Ao longo prazo, os próprios ocupantes tenderiam a abrir outras estradas, lavouras e pastagens o que tenderia a uma situação sem controle. Portanto, é necessário adotar medidas eficazes de controle para evitar tais riscos, as quais também deveriam ajudar a reduzir o risco associado a outros empreendimentos de maior porte.

Para trabalhos futuros sugere-se que exista uma eficiência entre o alerta de desmatamento e a validação em campo proporcionando uma maior velocidade nas sanções para os crimes contra a flora e a fauna do local.

A delimitação de detecção de pixels de mudanças, a diminuição de pixels, podem ser utilizadas, como exemplo, por órgãos fiscalizadores, desde para o monitoramento e fiscalização de vegetação até o acompanhamento de áreas de expansão urbana, utilizando o NDVI.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, E.; MUTANGA, O.; ODINDI, J.; ABDEL-RAHMAN, E.M. Land-use/cover classification in a heterogeneous coastal landscape using RapidEye imagery: evaluating the performance of random forest and support vector machines classifiers. *International Journal of Remote Sensing*, 2014, v.35, n.10, 3440-3458p.doi: 10.1080/01431161.2014.903435

ALLEN, R. G., TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) Advanced Training and Users Manual**– Idaho Implementation, version 1.0, 97 p., 2002.

ALMEIDA, Cláudio Aparecido de et al. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amaz.*, Manaus , v. 46, n. 3, p. 291-302, Sept. 2016. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S004459672016000300291&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S004459672016000300291&lng=en&nrm=iso)>. access on 13 Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201505504>.

AMARAL, M. V. F.; SOUZA, A. L. DE, S.; VICENTE P.; SOARES, C. P.; LEITE, H. G.; MARTINS, S. V.; FERNANDES FILHO, E. I.; MOREIRA, L. J. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. *Revista Árvore*, 2009. v.33, 575-82p.

ANTONAZ, D. (2009). Os estudos sócio-antropológicos no EIA da UHE de Belo Monte. Em: Painel de Especialistas - Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte. *International Rivers*, pp. 36-40.

ARAÚJO, M. M. V.; DE JESUS PINTO, K.; DE OLIVEIRA M. F. A Usina de Belo Monte e os impactos nas terras indígenas. Planeta Amazônia: *Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas*, 2014. v.6, 43–51 p. ISSN 2177-1642.

BAITELO, R., YAMAOKA, M., NITTA, R. & BATISTA, R. 2013. [R] evolução energética: A caminho do desenvolvimento. Greenpeace Brasil, São Paulo, SP, Brazil. [http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2013/Agosto/Revolucao\\_Energetica.pdf](http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2013/Agosto/Revolucao_Energetica.pdf)

BASTIAANSEN, W. G. M. 1998. “Remote sensing in water resources management: The state of the art.” International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.  
ESRI - Environmental Systems Research Institute (2000) ESRI Data & Maps – World Cities, Redlands, California, USA

BERRA, E. F.; BRANDELERO, C.; PEREIRA, R. S.; SEBEM, E.; GOERGEN, L. C. de G.; BENEDETTI, A. C. P.; LIPPERT, D. B. Estimativa do volume total de madeira em espécies de eucalipto a partir de imagens de satélite Landsat. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 2012.v. 22, n. 4, 853-864 p.

BARROS, B. S. X. de; GUERRA, S. P. S.; BARROS, Z. X. de; CATITA, C. M. S.; FERNANDES, J. C. C. C. Uso de imagens de satélite para cálculo de volume em floresta de

eucalipto no município de Botucatu/SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, 2015, v. 30, n. 1, 60-67p.

BAYMA, A. P.; SANO, E.E. Time series of vegetation indexes (NDVI and EVI) from MODIS for detecting deforestation in the CerradobiomeBol. **Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, no 4, p.797-813

BLASCHKE, T.; Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 2016, v. 65, n. 1, p. 2-16, 2010. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/isprsjprs](http://www.elsevier.com/locate/isprsjprs)> Acesso em: 12/07/2018.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Mapa de Uso da Terra. Disponível em <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa713>, acesso em 18/03/2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Cadastro Ambiental Rural. Disponível em <https://www.mma.gov.br/component/k2/item/8243.html>, acesso em 18/12/2018.

BRASIL, ELETRONORTE (Centrais Elétricas do Norte do Brasil). s/d [2002]. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental - EIA. Versão preliminar. ELETRONORTE, Brasília, DF, Brasil. 6 vols. Disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/Dossie/BM/BELO%20MONTE.htm](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/BM/BELO%20MONTE.htm)

BRASIL. (2009), “Relatório de impacto ambiental do aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte”. Ministério das Minas e Energia. Disponível (on-line) em: <http://philip.inpa.gov.br>

BRASIL. Presidência da República. Plano de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAM - 2ª FASE (2009 - 2011) – Brasília: Casa Civil, 2009. Disponível em [http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/export/sites/default/site\\_pt/Galerias/Arquivos/Publicacoes/2\\_ppcdam.pdf](http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/export/sites/default/site_pt/Galerias/Arquivos/Publicacoes/2_ppcdam.pdf) . Acesso em 27.11.2018.

BRASIL, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras). 2009. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Relatório de Impacto Ambiental. Maio de 2009. Disponível em: [http://restrito.norteenergiasa.com.br/site/wp-content/uploads/2011/04/NE.Rima\\_.pdf](http://restrito.norteenergiasa.com.br/site/wp-content/uploads/2011/04/NE.Rima_.pdf)

BEZERRA, M. V. C.; SILVA B. B. da; BEZERRA, B. G. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.709–717, 2011. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG.

CALIJURI, M. do C.; CUNHA, Davi G.F., Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão. 1. ed. Rio de Janeiro (RJ): **Elsevier**, 2013. v. 1, 83p. Associação Nacional dos Engenheiros Ambientais (ANEAM). Panorama da Engenharia Ambiental no Brasil. 1º Encontro de Coordenadores de Engenharia Ambiental de Minas Gerais CREA-MG.

CANAVESI, V.; PONZONI, F. J.;VALERIANO, M. M. Estimativa de volume de madeira em plantios de Eucalyptus spp. utilizando dados hiperespectrais e dados topográficos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 539-549, maio/jun. 2010.

CASTELLO, L., MCGRATH, D.G., HESS, L.L., COE, M.T., LEFEBVRE, P.A., PETRY, P., et al., The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. **Conserv. Lett.** 2013, v.6, n.4, 217–229 p. <http://dx.doi.org/10.1111/conl.12008>.

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*. 2017, v.7, 1–8 p.

COELHO, I. A. M.; ABRAHÃO, R.; DUARTE, S. M. A., Use of geotechnology in analysis of forest biomass in the state of Paraíba. **Revista Geama**, 2016, v.2, n.4, oct.-dec.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). **Resolução n. 001, de 23 de Janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. acesso em 28/03;2018.

CORDEIRO, Ana Paula Assumpção et al. REGIÕES HOMOGÊNEAS DE VEGETAÇÃO UTILIZANDO A VARIABILIDADE DO NDVI. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 883-896, Sept. 2017 Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-50982017000300883&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982017000300883&lng=en&nrm=iso). access on 19 Oct. 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509828638>.

CORREIA, A. H.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V. Avaliação de índices de vegetação MODIS para detecção de desmatamentos na Amazônia. *Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. p. 52-64. Ano 1 (2). Universidade de Taubaté, Taubaté – SP, 2006.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, A. M. B.; JESUS, J. S. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos Índices de Vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na bacia do rio Japaratinga-Mirim em Sergipe. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba, Brasil. Anais... São José dos Campos: INPE, p. 1357-1365, 2011.

DANTAS, M. E.; TEIXEIRA, S. G. Origem das Paisagens. In: JOÃO, X. da S. J.; TEIXEIRA, S. G.; FONSECA, D. D. F. (Org.). *Geodiversidade do Estado do Pará*. Belém: Cprm, 2013. p. 23 - 52

DE SOUSA JÚNIOR, W.C., J. REID AND N.C.S. LEITÃO Custos e benefícios do complexo hidrelétrico Belo Monte: Uma abordagem econômico-ambiental. – **Conservation Strategy Fund** (CSF), 2006. Lagoa Santa, MG, Brazil. – Online available at: [http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/4\\_Belo\\_Monte\\_Dam\\_Report\\_mar2006.pdf](http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/4_Belo_Monte_Dam_Report_mar2006.pdf) – accessed 08/03/2016 do Amaral, D. 2016: Anexo 07

FAINGUELERNT, MAÍRA BORGES. A trajetória histórica do processo de licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. **Ambient. Soc.**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 245-264, June 2016. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414753X2016000200245&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414753X2016000200245&lng=en&nrm=iso). access on 15 Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/18094422ASOC0259R1V1922016>.

FEARNSIDE, P.M. 1987. Frenesi de Desmatamento no Brasil: A Floresta Amazônica Irá Sobreviver? pp. 45-57 In: G. Kohlhepp and A. Schrader (eds.) *Homem e Natureza na*

Amazônia. *Tübinger Geographische Studien* 95 (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerika-Forschung 3). Geographisches Institut, Universität Tübingen, Tübingen, Germany. 507 p.

FEARNSIDE, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. **Climatic Change** 66: 1-8. doi: 10.1023/B:CLIM.0000043174.02841.23

FEARNSIDE, P.M. 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 395-400.

FEARNSIDE, Philip. M. 2007. Amazon Forest maintenance as a source of environmental services. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 80, n. 1, p. 101-114,

FEARNSIDE, P.M. 2011. Gases de efeito estufa no EIA-RIMA da Hidrelétrica de Belo Monte. *Novos Cadernos NAEA* 14: 5-19.

FEARNSIDE, P.M. 2014. Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental Science & Policy** 38: 164-172. doi: 10.1016/j.envsci.2013.11.004

FEARNSIDE, P.M. 2015. Tropical hydropower in the Clean Development Mechanism: Brazil's Santo Antônio Dam as an example of the need for change. **Climatic Change** 131(4): 575-589. doi: 10.1007/s10584-015-1393-3

FEARNSIDE, P.M. A Barragem de Belo Monte: Lições de uma Luta por Recursos na Amazônia. pp. 37-82. In: J.A. Herrera, M.M.A. Cavalcante (eds.) *Hidrelétricas na Amazônia: Implicações territoriais nas áreas de influencias das usinas nos rios Xingu (Pará) e Madeira (Rondônia)*. GAPTA & Universidade Federal do Pará, Belém, PA & Clube de Autores Publicações, Joinville, 2017, SC. 273 pp.

FERREIRA, R. L. S. Identificação e disposição final dos resíduos sólidos gerados na fabricação de cerâmica vermelha no vale do Assú/RN. 2012. 66 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos.

FÉLIX FILHO, J. *Amazônia: belezas e verdades dos rios*. São Paulo-SP: All Print Editora, 2013, 136 p

FERREIRA, Aline dos Santos. Análise de conformidade do EIA/RIMA da usina hidrelétrica de Belo Monte em relação ao termo de referência. 2017. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017

FOODY, G. M. Assessing the accuracy of land cover change with imperfect ground reference data. **Remote Sensing of Environment**, 114, p. 2271-2285, 2010.

FRAGAL, Everton Hafemann. Dinâmica de queimadas em áreas úmidas protegidas e relações com fatores ambientais e antrópicos: o Parque Nacional de Ilha Grande (PR-MS). 2018. 144 f. Tese (doutorado em Geografia)--Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, 2018, Maringá, PR.

FREIRE, L. M.; LIMA, J. S. DE; SILVA, E. V. DA. BELO MONTE: fatos e impactos envolvidos na implantação da usina hidrelétrica na região amazônica paraense. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 18-41, 20 dez. 2018.

GANDHI, G.M., PARTHIBAN, S.; THUMMULU, N.; CHTISTY, A. NDVI: vegetation change detection using remote sensing and GIS – a case study of Vellore district. **Procedia ComputSci**, 2015, v.57, 1199–1210 p.doi:10.1016/j.procs.2015.07.415

GUILHERME, Adriano Pereira et al. USO DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO PARA CARACTERIZAR A MUDANÇA NO USO DO SOLO EM COARI-AM. **Soc. nat.**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 301-310, Aug. 2016. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S198245132016000200301&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198245132016000200301&lng=en&nrm=iso)>. access on 13 Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320160209>.

GÓMEZ, C.; WHITE, J. C.; WULDER, M. A.; ALEJANDRO, P. Historical forest biomass dynamics modelled with Landsat spectral trajectories. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 93, p. 14–28, 2014.

HAMELIN, Philippe. 1991. “O fracasso anunciado”. In: LÉNA, P.; OLIVEIRA, A. E. (org.). *Amazônia: a fronteira agrícola 20 anos depois*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. pp. 161-176.

HERNÁNDEZ, Francisco Francisco del Moral; MAGALHÃES, Sonia Barbosa. Ciência, cientistas e democracia desfi gurada: o caso Belo Monte. **Novos Cadernos NAEA**, [S.l.], v. 14, n. 1, out. 2011. ISSN 2179-7536. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/599/851>>. Acesso em: 19 out. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v14i1.599>.

HENTZ, A. M. K.; RUZA, M. S.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Técnicas de sensoriamento remoto para estimativa de biomassa em ambientes florestais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18; p. 2810-2823, 2014.

HOLBEN, B. N., et al. (1998), AERONET—A federated instrument network and data archive for aerosol characterization, *Remote Sens. Environ.*, 66, 1 – 16.

HUANG, C.; TOWNSHEND, J. R. G.; XIWU, Z.; HANSEN, M.; DEFRIES, R.; SOHLBERG, R. **Detecting landcover changes based on their trajectories in the spectral space**. In: *Geosciences and Remote Sensing Symposium. Proceedings, IGARSS, IEEE International, 2000.V. 5*.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. "Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices." **Remote Sensing of Environment**.2002, v.83, p.195-213.

HÜTTICH, C., HEROLD, M., SCHMULLIUS, C., EGOROV, V., & BARTALEV, S. A. Indicators of Northern Eurasia's land-cover change trends from SPOT-VEGETATION time-series analysis 1998–2005. **International Journal of Remote Sensing**, 28, 4199–4206. 2007.

IBAMA. Guardiões da Amazônia/Arco de fogo derrubam acampamentos clandestinos no Pará. Brasília, 2008. Disponível em: .Acesso em: 28 mar. 2015.

IF LEPSCH. Formação e conservação dos solos. Oficina de Textos, 2007. N Curi, GT Pereira, IF Lepsch. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 81-90, 2005

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico, 2000. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/>>. Acesso em: 03 de março de 2018. Cidades do Pará, 2018 – Panorama

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, 2012. 271p. (Manuais Técnicos de Geociências, 1).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). SGI 2.5 – Introdução ao Sistema de Informações Geográficas – SGI. Acesso em 03/2018. [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2014.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php)

\_\_\_\_\_. PROJETO PRODES DIGITAL: Mapeamento do desmatamento da Amazônia com Imagens de Satélite. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,. <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes> acesso em 30 de março de 2019.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL – ISA- almanaque socioambiental Parque indígena do Xingu: 50 anos. São Paulo: Instituto Socioambiental. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/pt-br/o-isa/publicacoes/de-olho-na-bacia-do-xingu>.

JACINTHO, L. R. DE C. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como ferramentas a gestão ambiental de unidades de conservação: O caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP**. 2003. 121 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrologia) – Instituto de Geociências/USP. São Paulo.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de José Carlos Ephifanio (coord.). São José dos Campos: Parêntese, 598 p. 2009.

KE, Y., J. IM, J. LEE, H. GONG, AND Y. RYU. “Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by Comparison with Multiple Satellite Sensors and In-Situ Observations.” **Remote Sensing of Environment**, 2015.v. 164, 298–313 p. doi:10.1016/j.rse.2015.04.004.

KENNEDY, R. E., S. ANDRÉFOUËT, W. B. COHEN, C. GÓMEZ, P. GRIFFITHS, M. HAIS, S. P. HEALEY. “Bringing an Ecological View of Change to Landsat-Based Remote Sensing.” **Frontiers in Ecology and the Environment**, 2014,v.12 n. 6, 339–346 p. doi:10.1890/130066.

LEE, T. M.; YEH, H. C. Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of Danshui River estuary mangrove communities, Taiwan. **Ecological Engineering**, v. 35, n. 4, p. 487–496, 2009.

LEES, A.C., PERES, C.A., FEARNSTIDE, P.M., ET AL., 2016. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. **Biodivers. Conserv.** 25, 451–466.

LEITE, A.P.; SANTOS, G.R.J.; SANTOS, E. O. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na estação experimental de Itatinga utilizando imagens landsat8, **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.6, n.4, p. 606-623, 2017.

LI, G., Land-Cover Classification in a Moist Tropical Region of Brazil with Landsat Thematic Mapper Imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 2011. v.32, n.23, 8207–8230 p. doi:10.1080/01431161.2010.532831.

LI, P., JIANG, L., & FENG, Z. Cross-comparison of vegetation indices derived from Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) sensors. **Remote Sensing**, 2014, v.6, 310–329 p.

LIMA JUNIOR, C.; ACCIOLY, L.J. de O.; GIONGO, V.; LIMA, R.L.F de A.; SAMPAIO, E.V de S. B.; MENEZES, Estimation of “caatinga” woody biomas using allometric equation sand vegetation index. **Scientia Forestalis**, 2014 Jun, Vol.42(102), p. 289-298.

LOURENÇO, V. R.; RAMOS, N. N. de L. A.; COSTA, C. A. G.. Distribuição Espaço-Temporal do NDVI sob Condições de Caatinga Preservada. **Espaço Aberto**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 101-110, ago. 2017. ISSN 2237-3071. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/3565/8627>>. Acesso em: 01 Jul. 2018.

LU, D.; LI, G.; MORAN, E.; KUANG, W.A comparative analysis of approaches for successional vegetation classification in the Brazilian Amazon. **GIScience & Remote Sensing**, 2014, v.51, n. 6, 695-709p., doi: 10.1080/15481603.2014.983338

LUNA, Denise. Cronologia – Facções, artistas e contradições cercam Belo Monte. Reuters, São Paulo, 2010. Disponível em <https://economia.estadao.com.br/noticias/negocios,facoes-artistas-e-contradicoes-cercam-belo-monte,14438e> . Acesso em: 15 ago. 2016.

MAGALHÃES, S.B., SILVA, Y.Y.P., VIDAL, C.L., 2016. Não há peixe para pescar neste verão: efeitos socioambientais durante a construção de grandes barragens – o caso Belo Monte. **Desenvolv. Ambiente** 37, 111–134

MARTINS, J. L . F.; SILVA, M. H. S., 2014. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para avaliação ambiental da bacia hidrográfica do alto Guariroba, Campo Grande-MS. X Fórum Ambiental da Alta Paulista v. 10, 449-512

MOREIRA, P.F. (ed.) 2012. Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios. 2a ed. Rios Internacionais, Brasília, DF. Brasil. <http://www.internationalrivers.org/node/7525>

PPCDAm. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal. Fase IV. Brasília, DF: Casa Civil, 2018.

PROGRAMA MUNICÍPIOS VERDES (NEPMV Fundo Amazônia). In: Ficha de resumo por município. NEPMV Fundo Amazônia, 2018. Disponível em: [http://www.municipiosverdes.pa.gov.br/pages/fundo\\_amazonia](http://www.municipiosverdes.pa.gov.br/pages/fundo_amazonia)

MELO, E.T.; SALES.M.C.L; OLIVEIRA, J.G.B. de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateus-CE. *Ra'e Ga*, 2011. Oct, Issue 23, p. 520(14).

MESQUITA JUNIOR, H. N. DE. **Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parques Estadual de Vassununga – SP)**. 1998. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia dos Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Instituto de Biociências/USP, São Paulo.

MOLINA, J. Questões hidrológicas no EIA Belo Monte. In: MAGALHÃES, S. M. S. B.; HERNANDEZ, F. D. M. PAINEL de especialistas: análise crítica do estudo de impacto ambiental do aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte. Belém: [s.n.], 2009, p. 95-107.

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. Diagnóstico da vegetação e da flora da área de estudo da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, Estado do Pará. Belém: Convênio MCT-MPEG/ELETRONORTE, 2002. Relatório Técnico. 171 p.

NASA LP DAAC, 2015, ASTER Level 1 Precision Terrain Corrected Registered At-Sensor Radiance. Version 3. NASA EOSDIS Land Processes DAAC, USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota (<https://lpdaac.usgs.gov>), accessed 2018-03-03T14:30:28-06:00, at [http://dx.doi.org/10.5067/ASTER/AST\\_L1T.003](http://dx.doi.org/10.5067/ASTER/AST_L1T.003).

NGUYEN, HOANG KHANH LINH; NGUYEN, BICH NGOC. Mapping biomass and carbon stock of forest by remote sensing and GIS technology at Bach Ma National Park, ThuaThien Hue province. *J. Viet. Env.* 2016, Vol. 8, No. 2, pp. 80-87

NORTE ENERGIA S.A. 19<sup>o</sup> Relatório anual sócio ambiental independente do projeto UHE Belo Monte 2016. Disponível em <http://nortenenergiasa.com.br/>, Acesso em 26/02/2018.

NORTE ENERGIA S.A – (LEME ENGENHARIA LTDA); Projeto básico ambiental. Tomo V, V. 7. Brasília, 2010.109p.

**NOTA TÉCNICA N.º 39/2007–4ª CCR**. Brasília (DF), 17 de outubro de 2007.

OLIVEIRA, G.C.M.; FREITAS, M.A.V. Análise de correlações entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e dados hidrometeorológicos do entorno do reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí-PA utilizando imagens Landsat-5 TM. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. INPE. 0771 – 0776 p. João Pessoa-PB, Brasil. 25 a 29 de abril de 2015.

PACHECO. A. P; FREIRE, N. C. F; BORGES, U. N. **Uma Contribuição do Sensoriamento Remoto para Detecção de Áreas Degradadas na Caatinga Brasileira**. Instituto de Estudos Sócio-ambientais. Goiânia – GO, 2006.

DE PAULA, EDER MILENO & PAULA, SILVA & GORAYEB, ADRYANE & VICENTE, EDSON & SILVA, EDSON & JEOVAH, ANTONIO & MEIRELES, ANDRADE. (2016).

Compartimentação geocológica da sub-bacia do Baixo Rio Xingu -Amazônia Centro-Oriental, BRASIL. 5. 128-150.

PAVÃO, L. L.; QUERINO, C. A. S. ; PAVAO, V. M. ; BENEDITTI, C. A. ; QUERINO, J. K. S. ; MACHADO, N. G. ; BIUDES, M. S. . Índices de vegetação, NDVI e SAVI, em áreas de campos naturais e floresta densa em Humaitá - AM nos anos de 2009 e 2010.. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2015, João Pessoa. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015. p. 4115-4122.

PEREIRA JÚNIOR, A. C. Métodos de Geoprocessamento na Avaliação da Susceptibilidade do Cerrado ao Fogo. 2002. 98 f. Tese (Doutorado em Ciências da área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

PETTORELLI, N., VIK, J. O., MYSTERUD, A., GAILLARD, J. -M., TUCKER, C. J., & STENSETH, N. C. Usingthesatellite-derived NDVI ecological responses to environmental change. **Trends in Ecology & Evolution**, 20, 503–510, 2005.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.; KUPLICH, T.M.; 2012.**Sensoriamento Remoto da Vegetação**, 2da ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2012, 160p.

PRUDENTE, T. D.; ROSA, R. **Revista Formação** Vol. 2; n. 23, abr/2016. 271-286. ISSN: 2178-7298. ISSN-L: 1517-543X

REIS, J. F.; SOUZA, J. L. Grandes projetos na Amazônia: A hidrelétrica de Belo Monte e seus efeitos na segurança pública. Dilemas, **Revista de Estudos de Conflito e Controle Social**, v. 9, n. 2, p. 215-230, maio/ago. 2016.

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. Vulnerabilidade à erosão do solo da região do Alto Rio Pardo, Pardinho/SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 11, n. 6, p.628–636, 2007.

RIDD, M. K.; LIU, J. A comparison of four algorithms for change detection in na urban environment. **Remote Sensing of Environment**, 63, 1998, 95–100p.

ROSENDO J. S.; ROSA R. A utilização de índices de vegetação em uma tentativa de mapear o uso da terra e a cobertura vegetal. Anais XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, RN, Brasil, 25-30, INPE p. 6141-6148.SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; Saito, N. S. **SPRING 5.1.2. Aplicações e práticas**. Mundo da Geomática. Alegre: CAUFES, 2010. 153p.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.;SCHELL,J.A.;DEERING,D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings of the Third Symposium of ERTS, Greenbelt, Maryland, USA.NASA SP-351, V1, 309-317, 1973.

SALOMÃO, RP., VIEIRA, ICG., SUEMITSU, C., ROSA, NA., ALMEIDA, SS., AMARAL, DD. and MENEZES, MPM., 2007. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, vol. 2, no. 3, p. 57-153.

SANTOS, R. F. Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, G. M. Análise do EIA-RIMA - Ictiofauna. In: MAGALHÃES, S. M. S. B.; HERNANDEZ, F. D. M. Painel de especialistas: análise crítica do estudo de impacto ambiental do aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte. Belém: [sn], 2009, p. 161-166.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. Spring 5.1.2: **Passo a passo: Aplicações práticas**. Alegre: CAUFES, 2010. 153p

SANTOS, M. M., MACHADO I. E. S.; CARVALHO, E. V; VIOLA, M. R.; GIONGO. M. Estimativa de parâmetros florestais em área de cerrado a partir de imagens do sensor landsat8. –**Revista Floresta**, v. 47, n. 1, p. 75 - 83, jan. / mar. 2016.

SAWAKUCHI, A. O., G. A. HARTMANN, H. O. SAWAKUCHI, F. N. PUPIM, D. J. BERTASSOLI JR., M. PARRA, J. L. ANTINAO, L. M. SOUSA, M. H. SABAJ PE´REZ, P. E. OLIVEIRA, R. A. SANTOS, J. F. SAVIAN, C. H. GROHMANN, V. B. MEDEIROS, M. M. MCGLUE, D. C. BICUDO; S. B. FAUSTINA. The Volta Grande do Xingu: econstruction of past environments and forecasting of future scenarios of a unique Amazonian fluvial landscape. **Scientific Drilling**, 2015,v.3: 1–12 p.

SEVÁ FILHO, A.O. Tenotã-Mõ: alertas sobre as consequências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu. 1. ed., São Paulo: International Rivers Network, 2005. 92 p.

SILVA, L. A. P.; LEITE, M. R.; VELOSO, G.A. NDVI como indicador de alterações nos sistemas de usos da Terra e no Albedo de Superfície no Município de Várzea da Palma (Minas Gerais). **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, Ano XXVIII, n. 2, p. 76-94, Jul./Dez. 2017.

SILVA, H. D. B., Estudo do Índice de Vegetação no Município de Floresta - PE, utilizando técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Universidade Federal de Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife-PE, 2009.

SOHN, Y.; MORAN E.;F. GURRI. Deforestation in north-central Yucatan (1985-1995): Mapping secondary succession of forest and agricultural land use in Sotuta using the cosine of the angle concept, **Photogrammetric Engineering Remote Sensing**, 1999, v.65, n.8, 947-958 p.

SOUZA, M. M., DA COSTA, L. M. E DE CARVALHO, D.A.S. “Utilização de ferramentas de geoprocessamento para mapear as fragilidades ambientais na área de influência direta da UHE de Belo Monte, no Estado do Pará”. Espaço Plural. Ano XII. 25, 2011. ISSN 1518-4196

SOTHE, C., Abordagens para classificação do estágio sucessional da vegetação do parque nacional de São Joaquim empregando imagens landsat-8 e RAPIDEYE, **Bulletin of Geodetic Sciences**, vol. 23, n.3, 389-404.2017. doi: 10.1590/S1982-21702017000300026

SOUSA JÚNIOR, W.C.; REID, J. Uncertainties in Amazon hydropower development: Risk scenarios and environmental issues around the Belo Monte dam. **Water Alternatives**. 2010, n .3, v. 2, p. 249-268.

SPAROVEK, Gerd. 2003. A qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica. 218p.

SYMEONAKIS, E.; DRAKE, N. Monitoring desertification and land degradation over Sub-Saharan Africa. **Int. J. Remote Sens.** 2004, 25, 573–592.

TÓFOLI, R.M.; DIAS, R. M.; ZAIA, G. H. ALVES, HOEINGHAUS D. J.; GOMES L. C., MATHEUS T. B.; AGOSTINHO, A. A.; Gold at what cost? Another megaproject threatens biodiversity in the Amazon, **Perspectives in Ecology and Conservation**. v.15, n. 2, 2017, p.129

TUCKER, C. J., Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote sensing of Environment**.1985, v.8, pp.325-348, DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0

TULLOS, D. Assessing the influence of environmental impact assessments on science and policy: An analysis of the Three Gorges Project. **Journal of Environmental Management**. v. 90, 2009, p. S208-S223.

U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey acesso em: 2018-03-03T14:30:28-06:00 URL: <https://earthexplorer.usgs.gov>

VILLAS-BÔAS, A., B.R. GARZÓN, C. REIS, L. AMORIM; L. LEITE: Dossiê Belo Monte: Não Há Condições para a Licença de Operação. – Instituto Socioambiental (ISA), 2015, Brasília, DF, Brazil. – Online available at: <http://t.co/zjnVPhPecW> – accessed 08/03/2016

VIEIRA, M. Fim de festa em Belo Monte. Projeto Colabora. Disponível em: Acesso em: 13 set. 2016.