

# 2017

**Produto Meta 1 – Projeto de revisão metodológica dos processos normativos de identificação das áreas da União com o emprego de imagens de sensoriamento (radar e óptico) na detecção das áreas inundáveis para as áreas definidas**



Laboratório de Sistemas de Informações

Espaciais

LSIE

20/4/2017

# Sumário

1. REGIÃO DO XINGU.....	2
1.1. Descrição Regional da Bacia do Xingu.....	2
1.2. Descrição da Área de Influência Direta e Indireta da UHE Belo Monte.....	5
1.3. Imagens Adquiridas de Influência Direta e Indireta da UHE Belo Monte .....	13
2. REGIÃO DO SÃO FRANCISCO .....	15
2.1. Descrição Regional da Bacia do rio São Francisco.....	15
2.2. Descrição do Médio São Francisco.....	16
2.3. Imagens Adquiridas do Médio São Francisco.....	22
3. REGIÃO SUL DO ESTADO DE RORAIMA .....	24
3.1. Descrição da Região Sul do Estado de Roraima .....	24
3.2. Imagens Adquiridas da Região Sul do Estado de Roraima .....	27
3.3. Dados Pluviométricos e Fluviométricos da Região Sul do Estado de Roraima .....	28
4. MACRORREGIÃO DE ÍGAPÓS NO ALTO RIO NEGRO, AMAZONAS.....	30
4.1. Introdução.....	30
4.2. Caracterização do Alto Rio Negro .....	32
4.3. Imagens Adquiridas da Região do Alto Rio Negro.....	36
5. PARQUE NACIONAL DE ANAVILHANAS .....	37
5.1. Caracterização do Parque de Anavilhanas .....	37
5.2. Imagens Adquiridas da Região do Parque Nacional de Anavilhanas .....	41
6. BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL.....	42
6.1. Caracterização da Bacia do Rio Paraíba do Sul .....	42
7. PLANÍCIE DO BANANAL NO TRECHO MÉDIO DO RIO ARAGUAIA.....	45
7.1. Caracterização da Planície do Bananal no Trecho Médio do Rio Araguaia.....	45
7.2. Materiais utilizados na análise da planície do Bananal.....	50
7.2.1 – Imagens do Sensor ALOS-2/PALSAR .....	50
7.2.2 – Imagens Ópticas.....	53
7.2.3 – Dados de Estação Fluviométrica.....	54
7.2.4 – Modelo Digital de Elevação.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

## 1. REGIÃO DO XINGU

### 1.1. Descrição Regional da Bacia do Xingu

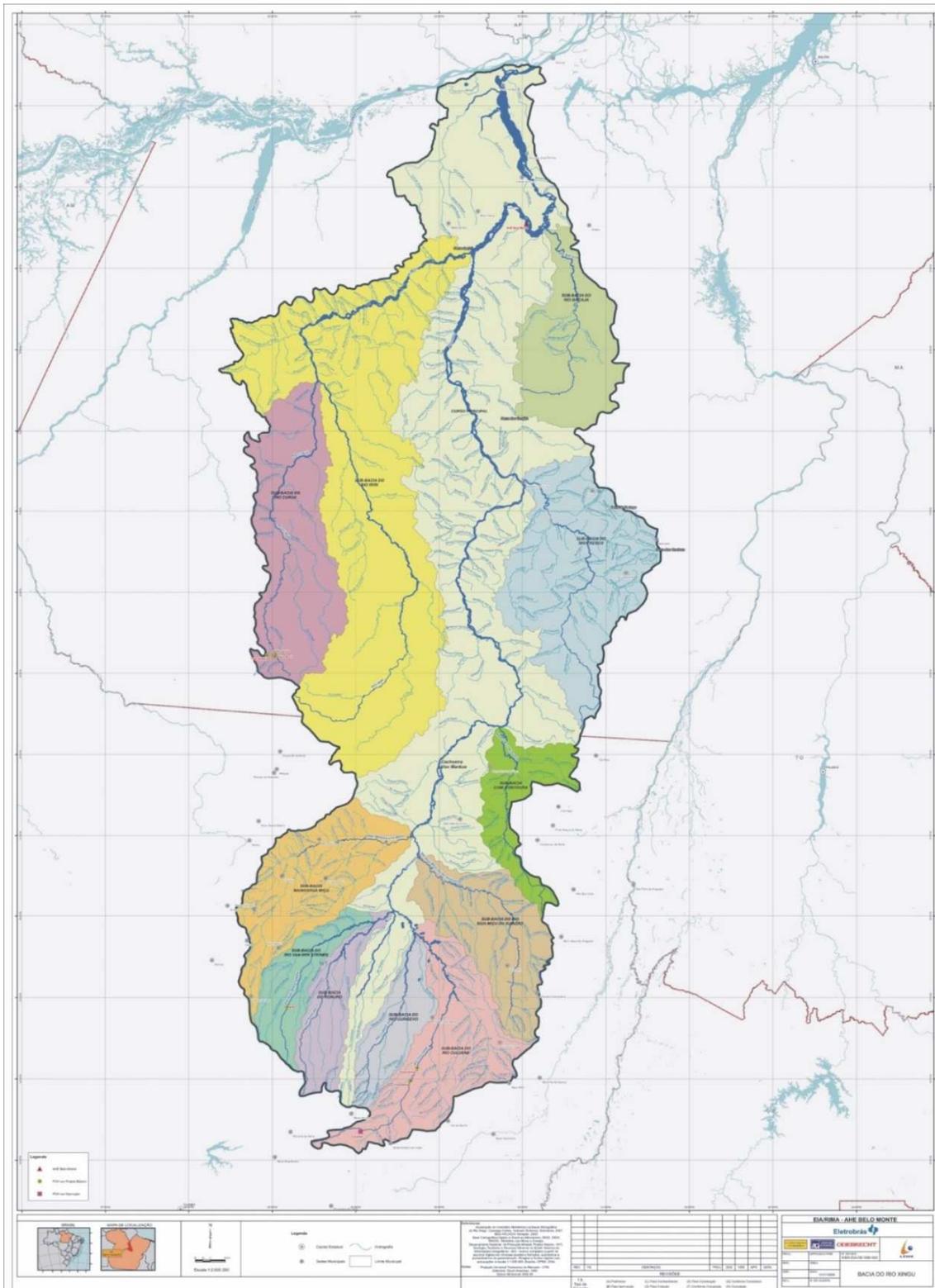
Com pouco mais de 2.000 km de extensão, o rio Xingu é um dos maiores afluentes do rio Amazonas. A Bacia Hidrográfica do rio Xingu tem área total aproximada de 509.000 km<sup>2</sup> e está limitada a oeste pela bacia hidrográfica do rio Tapajós e a leste pela bacia dos rios Araguaia-Tocantins (Nascimento e Drummond, 2003) (**Figura 1.1**). As nascentes do rio Xingu e seus principais afluentes encontram-se no setor norte do Estado de Mato Grosso, nos terrenos mais elevados situados ao sul dos divisores da Chapada dos Parecis. O rio desagua ao sul da Ilha de Gurupá no Estado do Pará e possui oito tributários principais, sendo eles, de montante para jusante: pela margem direita, Siuá-Miçu, Liberdade, Fresco e Bacajá; pela margem esquerda, Ronuro, Curuá, Maniçauá-Miçu e Iri.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Tropical de Monção (Am.), sendo este quente e úmido com baixa amplitude térmica anual. As condições climáticas e geomorfológicas da Bacia do Rio Xingu apresentam diferenças que variam de sul para norte. A precipitação média na Bacia é de 1.800mm. Cabe ressaltar

que a precipitação aumenta no sentido de seu desenvolvimento variando de 1.500mm nas nascentes a 2.600mm nas proximidades da foz (ELETROBRÁS, 2009a).

Em São Félix do Xingu, médio curso do rio, o período chuvoso corresponde aos meses de outubro a maio e o período seco de junho a setembro. O período chuvoso na região de Altamira é de dezembro a abril enquanto que o período seco é de julho a novembro. Na região de Porto de Moz, no baixo curso, o período de chuva ocorre entre março e maio e o período seco entre agosto e dezembro. Sendo assim, o período chuvoso pode sofrer um atraso de dois meses entre as cabeceiras e o baixo curso, ocasionando grandes deflúvios nos trechos do médio e baixo curso. As descargas que ocorrem nestes trechos, entre fevereiro e maio, advêm do escoamento superficial das chuvas e do escoamento dos deflúvios originários das precipitações nas partes média superior e alta da bacia (ELETROBRÁS, 2009a). Esses deflúvios costumam ocorrer entre os meses de março e maio no município de Altamira. A acumulação na calha do rio e nas baixadas marginais adjacentes tem grandes efeitos sobre o amortecimento das cheias. Os índices de evaporação demonstram uma situação inversa a da precipitação, ou seja, os menores valores ocorrendo no período mais chuvoso e os maiores no período mais seco.

O rio Xingu e seus afluentes cortam rochas do embasamento cristalino, rochas sedimentares paleozóicas, mesozóicas e cenozóicas, que constituem unidades de diferentes idades. A Bacia compreende parte de dez grandes unidades de relevo. De montante para jusante ocorrem: Planalto dos Guimarães (Alcantilados), Depressão do Alto Araguaia (Tocantins), Depressão de Paranatinga, Planalto dos Parecis (Alto Xingu), Depressão da Amazônia Meridional, Planaltos Residuais do Sul da Amazônia, Planalto Marginal do Amazonas, Depressão do Amazonas, Planície Fluviolagunar do Amazonas e as Planícies Fluviais (ELETROBRÁS, 2009a).



**Figura 1.1** - Bacia Hidrográfica do Rio Xingu.

Os solos da Bacia são constituídos pelos Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Neossolos

Litólicos e Afloramentos Rochosos, Neossolos Quartzarênicos, Plintossolos Pétricos e Gleissolos.

Nas proximidades da cidade de Altamira/PA, nas mesorregiões do baixo e médio Xingu, o rio sofre uma acentuada deflexão formando a chamada Volta Grande do Xingu, de grandes corredeiras, com um desnível de 85m em 160km (MPEG, 2008). No fim desse trecho, o rio se alarga consideravelmente, apresentando baixa declividade até a sua foz, gerando efeitos de remanso provocados pelo rio Amazonas (ELETROBRÁS, 2009a).

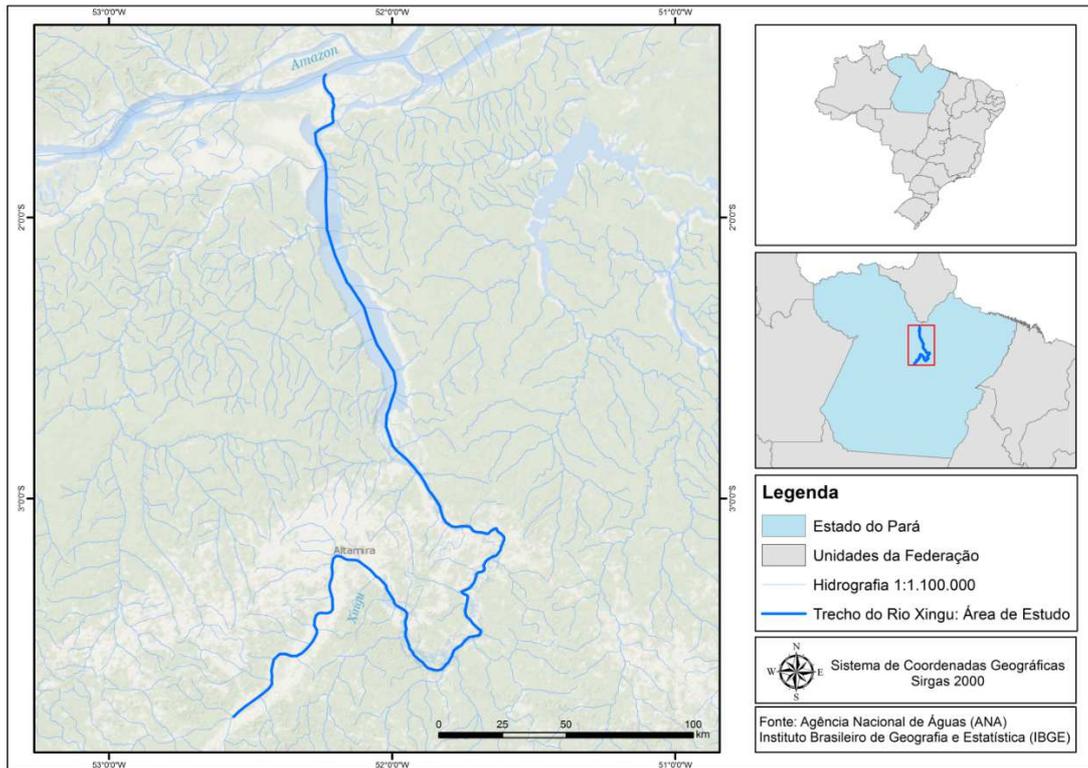
## **1.2. Descrição da Área de Influência Direta e Indireta da UHE Belo Monte**

O estudo tem enfoque no curso principal do rio Xingu ao longo da área de influência direta e indireta da UHE Belo Monte devido às intensas e recentes mudanças (**Figura 1.2 e 1.3**). Portanto, a área de estudo abarca desde a Volta Grande do Xingu até o município de Porto de Moz, estando localizada aproximadamente entre as latitudes 1°30'S e 4°00'S e as longitudes 51°00'W e 52°40'W (**Figura 1.4**).

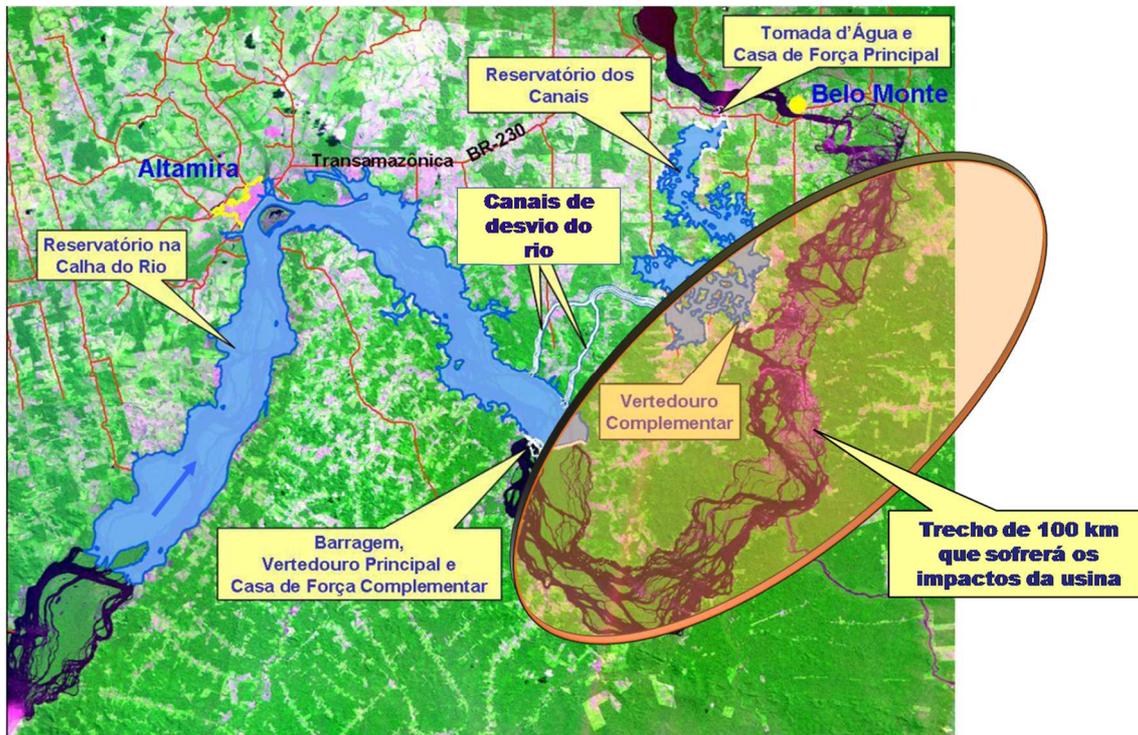
De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental da UHE Belo Monte, a geomorfologia da região abrange a Depressão da Amazônia Meridional, Planaltos Residuais do Sul da Amazônia, Planalto Marginal do Amazonas, Depressão do Amazonas, Planície Fluvialagunar do Amazonas e as Planícies Fluviais (**Figura 1.5**).

A Depressão Amazonas Meridional é formada por uma superfície de aplanamento englobando desde a cachoeira de Von Martius, com altitude variando entre 380 a 430m, e cai para norte atingindo altitudes de 150 a 200m na região da Volta Grande. Associados a essa unidade ocorrem extensos relevos residuais que formam os Planaltos Residuais do Sul da Amazônia. As Colinas e Rampas Pedimentares presentes nessa unidade são formadas por rochas do embasamento cristalino, do Cráton Amazônico, de idade arqueana e paleo-proterozóica, associadas às províncias geocronológicas Amazônia

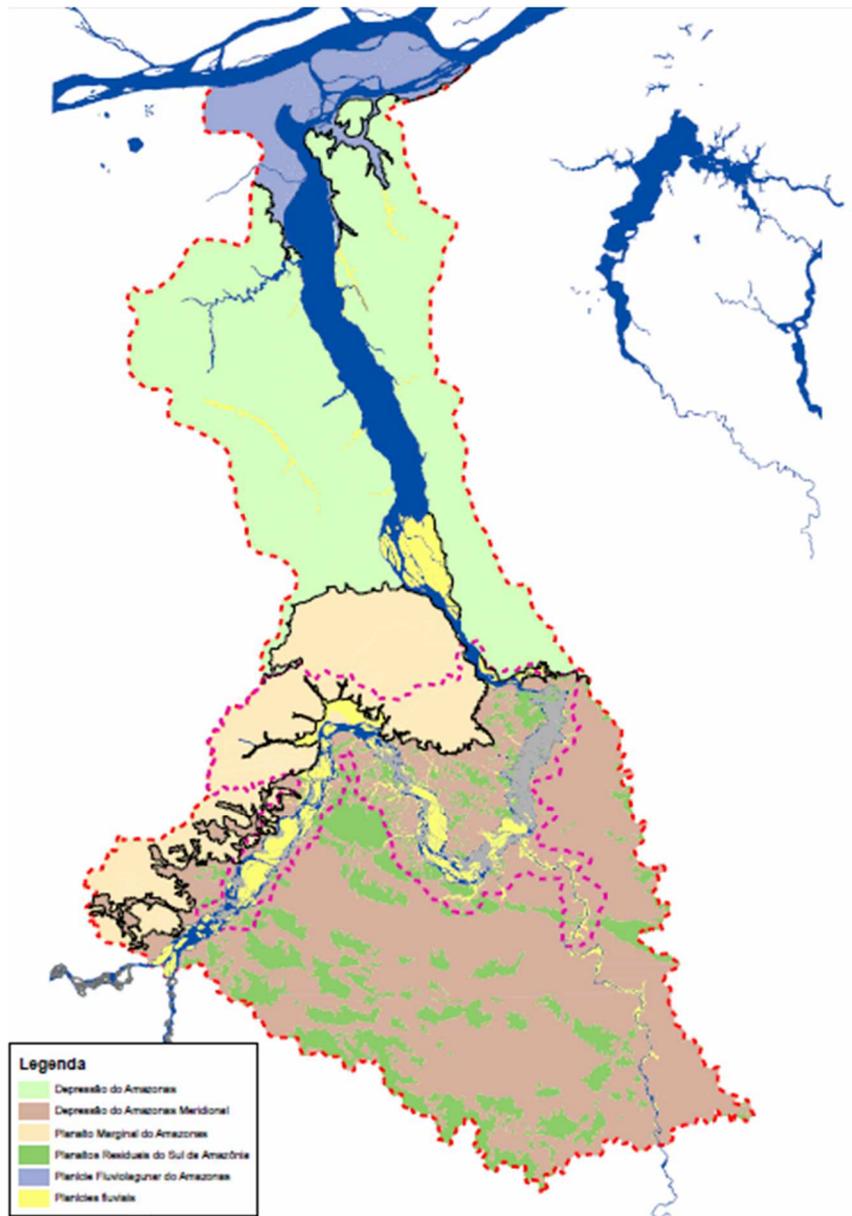




**Figura 1.3 - Mapa da Área de Estudo**



**Figura 1.4 - Área de Influência Direta da UHE Belo Monte: Trecho da Vazão Reduzida.** Fonte: <http://telmadmonteiro.blogspot.com.br/2011/09/belo-monte-ainda-e-uma-triste-historia.html>



**Figura 1.5.** Geomorfologia da Área de Estudo.

Os Planaltos Residuais do Sul da Amazônia são formados por relevos residuais de diferentes dimensões, onde a variação altimétrica é de 500 a 750m e a amplitude varia de 150 a 300m em relação aos terrenos da Depressão da Amazônia Meridional. Essa unidade conta com dois tipos de terrenos, os Morrotes, Morros e Serras Residuais e os Morros e Serras Residuais Tabulares. Estes por sua vez são compostos por rochas do embasamento cristalino, do Cráton Amazônico associados às províncias geocronológicas Amazônia Central, Maraoni-Itacaiunas e Ventuari-Tapajós. Ocorrem os Neossolos Litólicos associados a Afloramentos de Rochas, Argissolos Vermelho Amarelo e Cambissolos

Háplicos. Esses solos geralmente são rasos, com baixa fertilidade, apresentam toxidez por alumínio, possuem baixa capacidade de retenção de umidade e são altamente suscetíveis a erosão. Os Planaltos Residuais do Sul da Amazônia apresentam potencial mineral para ouro, estanho, fluorita, ferro, cobre, níquel, chumbo, zinco, cobalto e granada (ELETROBRAS, 2009a).

O Planalto Marginal do Amazonas compreende a jusante do rio Iriri até a localidade de Belo Monte abrangendo boa parte da margem esquerda do trecho da Volta Grande. É formado por Colinas Amplas e Médias, com altitudes de 250 a 300m. Estas são sustentadas por rochas sedimentares paleozoicas (arenitos, siltitos, ritimitos, folhelhos) e ígneas mesozóicas (diabásio) da Bacia Sedimentar do Amazonas, representadas pelo Grupo Trombetas, Formação Ererê, Formação Curuá, Formação Maecuru e Diabásio Penatecaua e sedimentos cenozoicos associados às planícies fluviais (ELETROBRAS, 2009a). As associações de solos predominantes são os Latossolos e Argissolos e de Nitossolos Vermelhos Eutroféricos e Latossolos. Esses solos favorecem a agricultura e pecuária, necessitando de correções e adubação. Esses terrenos apresentam baixo potencial mineral (ELETROBRAS, 2009a).

A Depressão do Amazonas é constituída por um rio com encostas íngremes que se estende por 120km, sendo composta por Rampas de platô com lateritas e por Colinas e Rampas, com altitudes que variam de 50 a 200m. Esses terrenos são sustentados por rochas sedimentares mesozoicas representadas pela Formação Alter do Chão e por sedimentos cenozoicos associados, principalmente, às coberturas detrito-lateríticas do Terciário Inferior. Os Latossolos e Plitossolos Petricos Concrecionários são predominantes e possuem aptidão restrita para agricultura, baixo potencial mineral e baixa suscetibilidade à erosão (ELETROBRAS, 2009a).

A Planície Fluvial do Amazonas e as Planícies Fluviais são terrenos em que predominam processos de deposição e erosão associados à ação dos canais fluviais. Essas feições têm sua dinâmica associada aos processos fluviais de grande magnitude do rio Amazonas e é constituída por sedimentos aluviais ocorrendo silte, areias, cascalhos ricos em matérias orgânicas. É composta pela planície alagada e pela planície de inundação. A planície alagada equivale às áreas que se mantem submersas mesmo nos períodos de estiagem, formando brejos, alagadiços e lagos. A planície de inundação corresponde à área que fica alagada apenas no período das enchentes. Os sedimentos finos são predominantes nas áreas alagadiças. São encontrados predominantemente os Gleissolos Háplicos, Neossolos Flúvicos, Plintossolos Argilúvicos e Neossolos Litólicos (ELETROBRAS, 2009a).

As Planícies Fluviais são constituídas por sedimentos aluviais de composição variada, ocorrendo argilas, silte, areias e cascalhos. Em áreas alagadiças predominam sedimentos finos e matéria orgânica. Elas englobam os Terraços fluviais com aluviões delgados, Terraços fluviais com lagoas, Terraços e Planícies fluviais com inundações periódicas com canais abandonados e alagadiços. As associações predominantes são de Gleissolos Háplicos à Neossolos Flúvicos, mas também são presentes extensos afloramentos rochosos ao longo do canal e das margens (ELETROBRAS, 2009a).

A área de estudo possui três tipos principais de vegetação: a floresta de terra firme, floresta aluvial também conhecida como mata de várzea (um tipo de vegetação especial adaptada à variação cíclica do nível do rio Xingu) e a vegetação encontrada em ambientes de pedrais (ELETROBRAS, 2009b).

Na margem direita da Volta Grande predomina a Floresta Ombrófila Densa e ilhas cobertas por Floresta Ombrófila Aluvial (MPEG, 2008). A floresta de terra firme é a mais pressionada pelo desmatamento em decorrência da conversão das terras para agricultura

e pastagens. No eixo propriamente dito prevalecem remanescentes de Florestas Ombrófilas e fragmentos em diferentes estágios de sucessão em meio a extensas áreas de uso antrópico (ELETROBRAS, 2009b). Outro tipo de vegetação associada às áreas inundáveis no Xingu é a vegetação pioneira com influência fluvial, também denominada de vegetação de pedrais, composta por plantas herbáceas e arbustivas.

A região da Volta Grande do Xingu passou por diversos processos que influenciaram no modelo de ocupação, dentre eles destaca-se o ciclo da borracha, a construção da Rodovia Transamazônica, projetos agropecuários, a exploração de ouro na Volta Grande e, recentemente, a construção da UHE de Belo Monte (ROSCOCHE e VALLERIUS, 2012).

Em decorrência da construção da Rodovia Transamazônica, implementada em 1970, extensas formações florestais foram convertidas em desmate no padrão “espinha de peixe” correspondente à geometria da rodovia. Milhares de pessoas migraram para a região visando à produção agropecuária. Também foram instaladas centenas de madeireiras ilegais. A região continua sendo intensamente degradada devido a ações antrópicas em decorrência da influência da rodovia Transamazônica (BR-230), suas vicinais (MPEG, 2008) e da Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

A Usina Hidrelétrica de Belo Monte começou a ser construída na região da Volta Grande do Xingu em 2011 e entrou em operação em abril de 2015. Segundo informações da Norte Energia, as obras civis do empreendimento estão praticamente concluídas e a previsão é que a cada dois meses, em média, seja ativada uma nova turbina até o pleno funcionamento da hidrelétrica, em 2019 (PORTAL BRASIL, 2016). Ela tem capacidade instalada de 11.233,1 Megawatts, carga suficiente para atender 60 milhões de pessoas em 17 Estados, o que representa cerca de 40% do consumo residencial de todo o País. Os

municípios de Altamira, Vitória do Xingu, Senador José Porfírio, Anapu e Brasil Novo, no Estado do Pará, foram diretamente afetados.

A construção da UHE de Belo Monte ocasionou em uma explosão demográfica na cidade de Altamira, iniciando em 2010. De acordo com o Censo Demográfico realizado em 2010 pelo IBGE, a população urbana do município seria de 84.092 e a população total do município seria 99.075 habitantes (ROSCOCHE e VALLERIUS, 2013). Todavia esses dados foram contestados pela Prefeitura Municipal de Altamira que estimou que a população em 2012 seria de 146.224 pessoas (HERRERA e MOREIRA, 2013). A infraestrutura da cidade escassa não acompanhou o crescimento populacional e notou-se um acréscimo nos índices de violência.

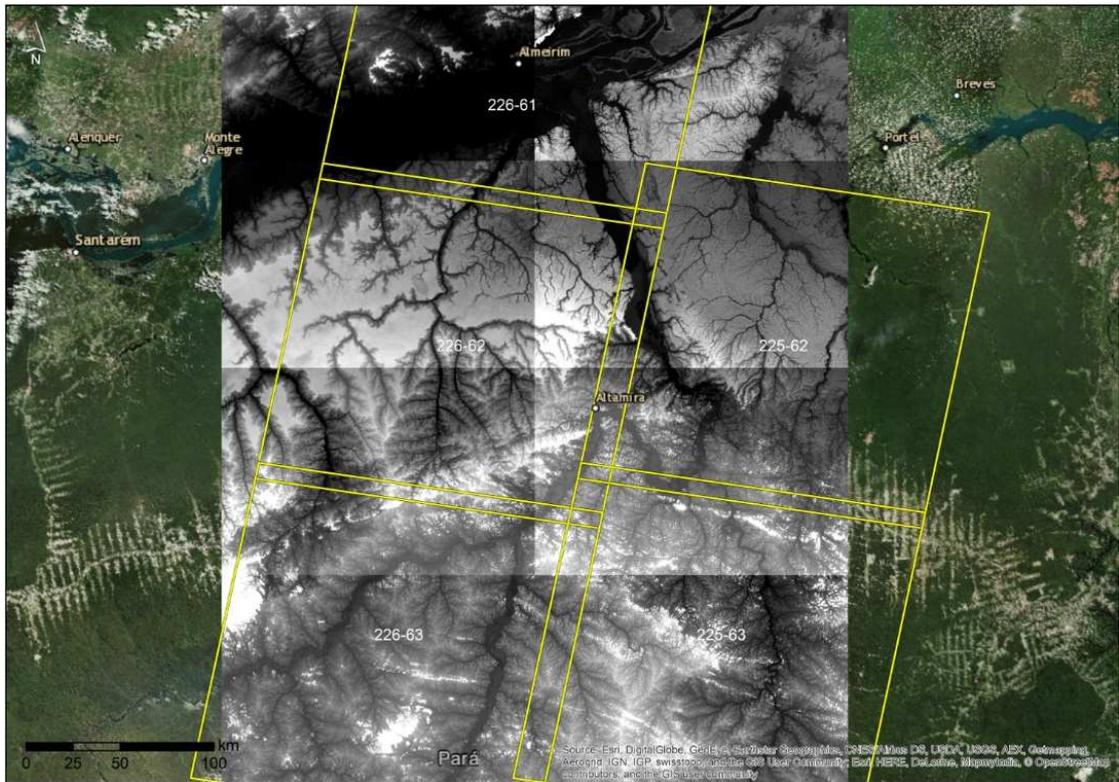
Os ambientes aquáticos da Volta Grande do Xingu foram diretamente afetados, acarretando conseqüentemente mudanças na dinâmica fluvial. O fluxo da água foi desviado para a construção de uma barragem que conduz a água pelos canais de derivação, e em decorrência disso, o rio teve sua vazão reduzida em um trecho de 100km de extensão. Nessa área de vazão reduzida foi descoberto ouro e a empresa canadense Belo Sun Mining comprou os direitos de exploração da área. A inundação do lago da barragem ocasionou no desaparecimento de ilhas e praias (ROSCOCHE e VALLERIUS, 2013). Essas mudanças vêm comprometendo seriamente o ecossistema, interferindo na vida e na cultura dos índios e das populações tradicionais. Dentre elas pode-se elencar a perda de micro-habitats que dependem do ciclo de cheia e seca para prover alimentos e ambientes de reprodução de peixes; a restrição à navegação na Volta Grande feita anteriormente por populações tradicionais; a alterações na turbidez da água e das vegetações afetando diretamente a vida dos peixes, índios, pescadores e ribeirinhos (MAGALHÃES et al., 2016).

### 1.3. Imagens Adquiridas de Influência Direta e Indireta da UHE Belo Monte

Na presente pesquisa foram adquiridas imagens do sensor Landsat 8 (com e sem correção) e imagens do Sentinel 1 (Tabela 1.1). As grades referentes as cenas do Landsat 8 e das imagens SRTM são demonstradas na **Figura 1.6**.

**Tabela 1.1.** Imagens adquiridas para o mapeamento das áreas inundáveis.

<b>Imagens Landsat 8</b>		
<b>Órbita</b>	<b>Ponto</b>	<b>Quantidade</b>
225	62	25
225	63	33
226	61	44
226	62	18
226	63	28
<b>Total</b>		<b>148</b>
<b>Imagens Landsat 8 – Corrigidas</b>		
<b>Órbita</b>	<b>Ponto</b>	<b>Quantidade</b>
225	62	33
226	62	26
<b>Total</b>		<b>59</b>
<b>Imagens Sentinel 1</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	
IW_GRDH	42	
IW_SLC	20	
<b>Total</b>	<b>62</b>	
<b>Imagens Sentinel 2</b>		
<b>Total</b>	<b>26</b>	



**Figura 1.6** - Imagens e Grade das imagens Landsat 8 e a imagem SRTM abrangendo a área de estudo.

## **2. REGIÃO DO SÃO FRANCISCO**

### **2.1. Descrição Regional da Bacia do rio São Francisco**

A bacia hidrográfica do São Francisco está inserida entre as latitudes 7°00' e 21°00' S e longitudes 35° 00' e 47° 40' W. A área total de drenagem da bacia é de 638.576Km<sup>2</sup>, abrangendo 521 municípios distribuídos em seis estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás, além do Distrito Federal. (ANA, 2016). Isso corresponde a 8% do território nacional, fazendo com que seja a maior entre as bacias hidrográficas essencialmente brasileiras e a terceira do Brasil. (MMA, 2004. pg 8).

O rio São Francisco possui 2.967 km de extensão e recebe água de 168 afluentes, dos quais 99 são perenes, onde 90 estão na sua margem direita e 78 na esquerda. A produção de água da bacia concentra-se principalmente nas regiões de Cerrado, pertencentes aos estados de Minas Gerais e da Bahia, e a grande variação do porte dos seus afluentes é consequência das diferenças climáticas que ocorrem entre as regiões (MMA, 2004. pg 10).

A bacia do rio São Francisco possui localização estratégica, pois estabelece uma ligação natural entre a região Nordeste e Sudeste, sendo conhecido desde a época da colonização como o rio da integração nacional.

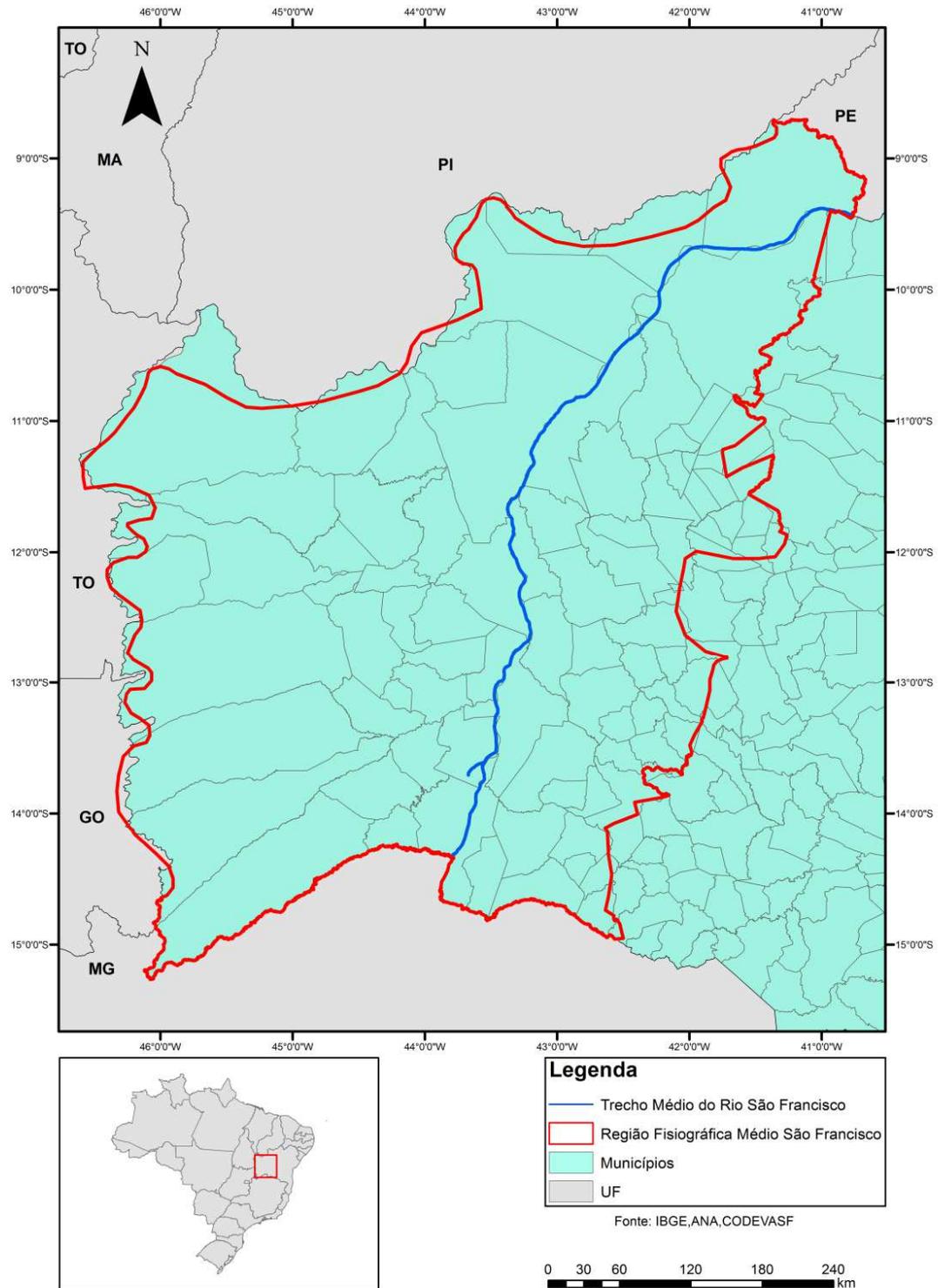
Devido à dimensão territorial da bacia, esta possui diversas características ambientais, sociais e econômicas específicas, o que motivou sua divisão em quatro regiões fisiográficas. Sendo estas: Alto São Francisco, que vai de suas cabeceiras até pouco abaixo de Pirapora, em Minas Gerais; o Médio São Francisco de Pirapora, onde começa o trecho navegável, até Remanso, na Bahia; o Sub-médio, de Remanso até Paulo Afonso, Bahia; e o Baixo, de Paulo Afonso até a foz, entre Sergipe e Alagoas. (CBHSF, 2015).

A divisão fisiográfica da bacia foi feita de acordo com o sentido do rio e com as variações de altitude, tendo como objetivo facilitar o planejamento, a gestão e os estudos sobre a bacia hidrográfica (CBHSF, 2005). A área escolhida para o presente estudo de análise de áreas suscetíveis a alagamento usando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foi à região do médio São Francisco.

## **2.2. Descrição do Médio São Francisco**

A região do médio São Francisco corresponde a 63% da área total da bacia hidrográfica, tendo o rio São Francisco nesse trecho uma extensão de 1.230 km (**Figura 2.1**). O clima do médio São Francisco é enquadrado na classificação de Köppen como BShw, tropical semiárido. Grande parte da área do Médio São Francisco está inserida no polígono das secas, território de clima semi-árido reconhecido pela legislação como sujeita a períodos críticos de prolongadas estiagens (MMA, 2004). As principais massas de ar atuantes na região são a Massa de Ar Equatorial Continental, a qual está ligada a incidência de chuvas na região durante o verão, e a Massa Polar Atlântica, que durante o

inverno ganha força, avança sobre o continente e estabelece o período de estiagem (MMA, 2004).



**Figura 2.1** - Mapa de Localização da Área de Estudo.

A precipitação média varia entre 600mm e 1400 mm, com ocorrência do período de estiagem no período entre junho e agosto e o chuvoso entre janeiro e março. (MMA, 2004). A temperatura média anual é de 27°C, apresentando as maiores temperaturas entre outubro e maio. A evaporação média é 2.900 mm anuais, adquirindo valores máximos entre agosto e outubro.

A geologia da região do médio São Francisco possui uma distribuição proporcional entre afloramentos rochosos de diferentes idades: Neoproterozóico (24%), Cenozóico (32%) e Mesozóico (26%) (CBHSF, 2015). Os terrenos do Neoproterozóico possuem diferentes unidades geológicas, destacando os afloramentos do Subgrupo Paraopeba pela representatividade espacial (CBHSF, 2015. pg. 51). Os terrenos do Meso e Paleoproterozóico (13% da região) ocorrem no limite Sudoeste e Nordeste da região. Os terrenos do Arqueano, aproximadamente 4% da região, ocorrem de forma relativamente localizada na porção leste e correspondem aos afloramentos de rochas metamórficas do Complexo Paramirim (CBSHF, 2015)

Na parte central e leste da região ocorrem rochas cristalinas do Pré-Cambriano e rochas calcárias do Grupo Bambuí (P€Ab). As rochas carbonáticas da Formação Salitre (P€Ast) ocupam em menor escala a parte norte e leste da área. Na porção oeste e sul da região predominam as rochas Cretáceas do Grupo Urucua, sendo constituído por arenitos, arenitos conglomeráticos e pelitos. As rochas sedimentares do Grupo Urucua facilitam a infiltração e armazenamento de água devido à sua alta porosidade. A região guarda aproximadamente 135 milhões de m<sup>3</sup> de água, dos quais 27% podem ser aproveitados para o consumo (DAMASCO e VARELLA, 2011).

Sedimentos Terciários-Quaternários (TQ) de coberturas detríticas inconsolidadas ocupam a parte norte e sudoeste (MMA, 2008). Os terrenos do Cenozóico são majoritariamente representados pelas coberturas detrito-lateríticas ferruginosas,

destacando-se ainda depósitos colúvio-eluviais, depósitos eólicos continentais, coberturas residuais e depósitos aluvionares depositados na dependência do rio São Francisco. Outra formação da região que merece destaque é a formação de Vazantes, que ocorre nas áreas adjacentes ao curso principal do rio São Francisco (IBGE, 2012).

A compartimentação geomorfológica da região está correlacionada com a evolução das rochas e dos fatores climáticos. A bacia do São Francisco equivale ao Cratón do São Francisco, a qual se encontra recoberta pelo embasamento homônimo. Com relação ao médio São Francisco, na geomorfologia se destacam os domínios: Cratóns, Depósitos Sedimentares, Cinturões Orogênicos e Bacias e Coberturas Sedimentares. Na região possui um conjunto de bacias e coberturas sedimentares do Fanerozóico que se desenvolveram sobre as rochas do embasamento cristalino as quais formam o Cratón do São Francisco.

A delimitação dessa região é demarcada ao leste pela Serra do Espinhaço e Chapada Diamantina, com altitudes entre 2.000 e 1.000 m, as quais se encontram recortadas por profundos vales. Nesse trecho observam-se abruptas diferenças de nível devido à sucessão de camadas de diferenciadas resistências à erosão (MMA, 2004. Pg 13). A metade sul do lado oeste corresponde ao prolongamento da Serra Geral de Goiás e ao. Na metade norte, o coroamento laterizado de topografia ondulada formador da Serra da Tabatinga é divisor de águas entre os rios São Francisco e Parnaíba e suas cotas oscilam entre 1.000 e 800 m. Destacam-se, no domínio da Depressão São Franciscana, as serras do Boqueirão e Estreito, com altitude de 800 m e formas alongadas de direção SSE-NNO e N-S, respectivamente.

Os modelados da região central são representados por superfícies de aplanamento ocorridas através de processos erosivos, onde se destaca um relevo com formas levemente ondulada de ambientes semiáridos (pediplanos). Conforme MMA (2004), o relevo da

região do Médio São Francisco possui altitudes entre 800 a 200 m, constituindo uma topografia ondulada com vales bem abertos devido a menor resistência à erosão dos xistos e outras rochas de baixo grau metamórfico, onde sobressaem formas abauladas esculpidas em rochas graníticas, gnáissicas e outros tipos de alto metamorfismo. Na extremidade oeste da fronteira norte tem-se a Chapada Cretácea do Araripe com altitude de 800 m, que se prolonga para leste através da Serra dos Cariris esculpida em rochas graníticas e gnáissicas de idade pré-cambriana. Do lado sul ressalta-se as formas tabulares do Raso da Catarina, esculpidas em sedimentos da bacia do Tucano, com altitude de 300-200 m (MMA, 2004. pg. 32).

A cobertura de solos no médio São Francisco está diretamente relacionada com o clima, o material de origem, a vegetação e o relevo. Há predominância de solos das classes dos Latossolos e Argissolos, além da ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, Planossolos, Cambissolos, Vertissolos, Luvisolos e, nas áreas mais movimentadas, principalmente, Neossolos Litossolos. Os Luvisolos e os Neossolos Litólicos são pouco profundos e muito suscetíveis à erosão; os Neossolos Quartzarênicos e os Neossolos Regolíticos apresentam textura muito grosseira, refletindo-se em altas taxas de infiltração, baixa retenção de umidade e baixa fertilidade; os Planossolos contêm altos teores de sódio. (CBHSF, 2015).

Os solos irrigáveis são pouco extensos, principalmente os Vertissolos, Argissolos, Latossolos e alguns Cambissolos. Os Neossolos Quartzarênicos foram incorporados aos sistemas produtivos, principalmente com o cultivo da videira. Margeando todo o rio e seus afluentes, encontra-se a faixa de Neossolos Flúvicos e Cambissolos Flúvicos. Os riscos de salinização dos solos na região são altos. Por outro lado, quanto à erosão, devido à maioria das áreas nesta região apresentarem declividade inferior a 6%, os riscos são

reduzidos, exceto os Planossolos, tornando estes solos bastante favoráveis à irrigação (CBHSF, 2015).

A vegetação predominante em quase toda a área do Médio São Francisco é a caatinga, vegetação constituída por formações xerófilas, lenhosas, decíduas, normalmente espinhosas, com presença de plantas suculentas, tanto com padrão arbóreo como arbustivo, pouco densa a densa e com estrato herbáceo estacional (IBGE, 2012). Há também áreas de transições entre cerrado e caatinga.

A região do Médio São Francisco possui grande importância socioeconômica por seu múltiplo uso, dotada de imenso potencial energético, hidroviário, agropecuário, agroindustrial, pesqueiro, turístico, social, cultural, histórico e ecológico. A população do Médio São Francisco corresponde a 20% da população total da bacia, sendo considerável desse total, o número da população urbana (ANA, 2005). A ocupação urbana, na maioria dos municípios na região, ocorreu de forma desordenada, sem considerar os aspectos ecológicos e de planejamento urbano e ambiental, a maioria dos municípios não possuem sistema de tratamento de esgoto (MMA, 2004).

Outro fator importante a se destacar da região é a vulnerabilidade socioeconômica de grande parte da população na região do Médio São Francisco. O clima da região é semiárido sendo um fundamental fator ambiental que influencia as condições socioeconômicas da população. A área apresenta bolsões representativos de pobreza.

Dentre as atividades econômicas mais afetadas por conta do clima da região pode se destacar a agricultura. Devido à vulnerabilidade da agricultura praticada no Semiárido em função da escassez de água, foram desenvolvidas políticas governamentais de irrigação desde o início do século XX (CASTRO 2011 apud NETTO, 2001). Isso gerou resultados favoráveis à produção agrícola irrigada na região, o que desenvolveu polos produtivos com boas produções de frutas principalmente.

Apesar da relevância ambiental da área, existem poucas unidades de conservação na região, tanto de uso integral como sustentável. Especialistas identificaram 27 áreas de caatinga de extrema importância biológica. Destas, 7 se localizam na bacia do São Francisco, com destaque para a área do médio São Francisco. (MMA, 2004) Essa área abrange duas unidades de conservação: a APA das Dunas e Veredas do Médio São Francisco e a APA da Lagoa de Itaparica.

O Médio São Francisco tem quatro represas hidrelétrica sendo elas: Panderos, Correntina, Rio das Fêmeas e Sobradinho. A represa de Sobradinho possui uma grande importância na região, pois auxilia na regularização da vazão do rio nos períodos críticos de estiagem.

O rio possui extrema importância no meio de vida de populações tradicionais que ocupam a região do Médio São Francisco como os quilombolas e índios. Essa população utiliza as áreas de várzeas para praticarem agricultura de subsistência, a pesca, a criação animal e o extrativismo, associados aos ciclos da enchente, cheia, vazante e seca.

### **2.3. Imagens Adquiridas do Médio São Francisco**

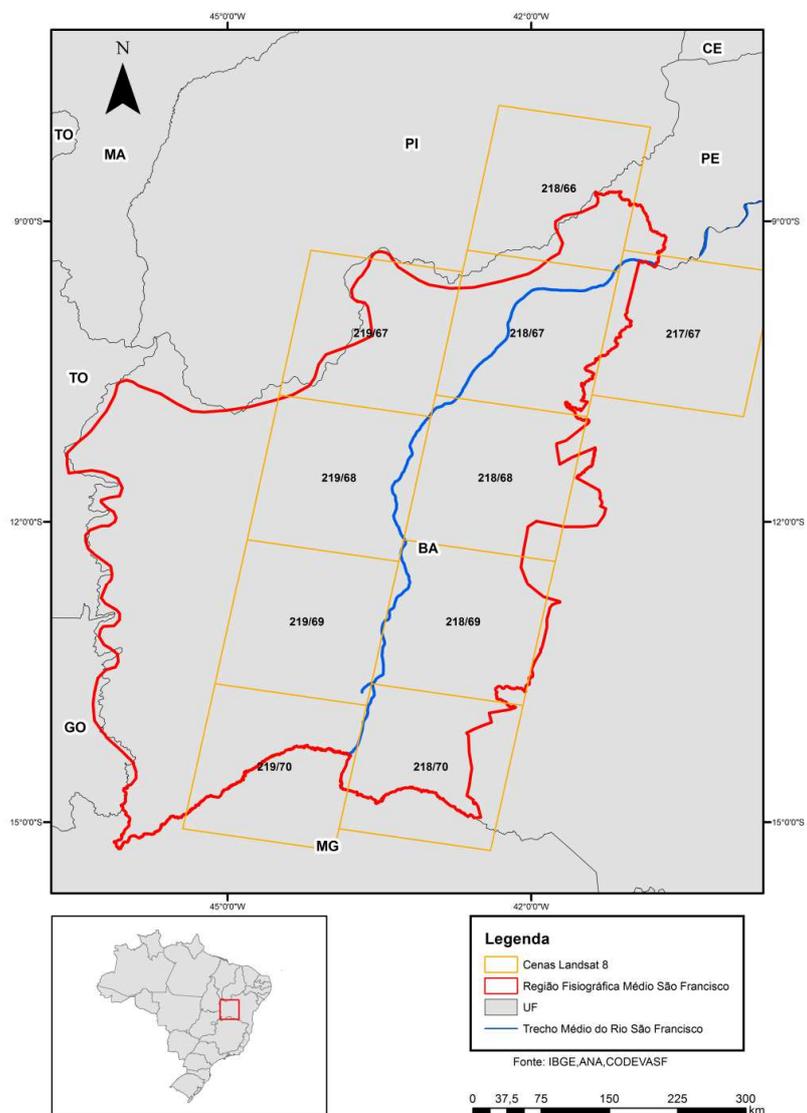
Na presente pesquisa, foram adquiridas imagens do satélite Sentinel-1 (**Tabela 2.1**) e Landsat (**Tabela 2.2**). A **Figura 2.2** apresenta as grades referentes as cenas do Landsat-8 que serão utilizadas na pesquisa.

**Tabela 2.1** – Imagens do satélite Sentinel-1 adquiridas da região do Médio São Francisco

<b>Imagens Sentinel 1</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>
S1A_IW_GRDH	7
S1A_IW_SLC	9
<b>Total</b>	<b>16</b>

**Tabela 2.2** – Imagens do satélite Landsat 8-OLI adquiridas da região do Médio São Francisco.

IMAGENS LANDSAT 8 TM/OLI CORRIGIDAS		
Órbita	Ponto	Quantidade
218	67	58
218	68	53
218	69	56
219	67	59
219	68	49
219	69	58
219	70	32
<b>Total</b>		<b>365</b>



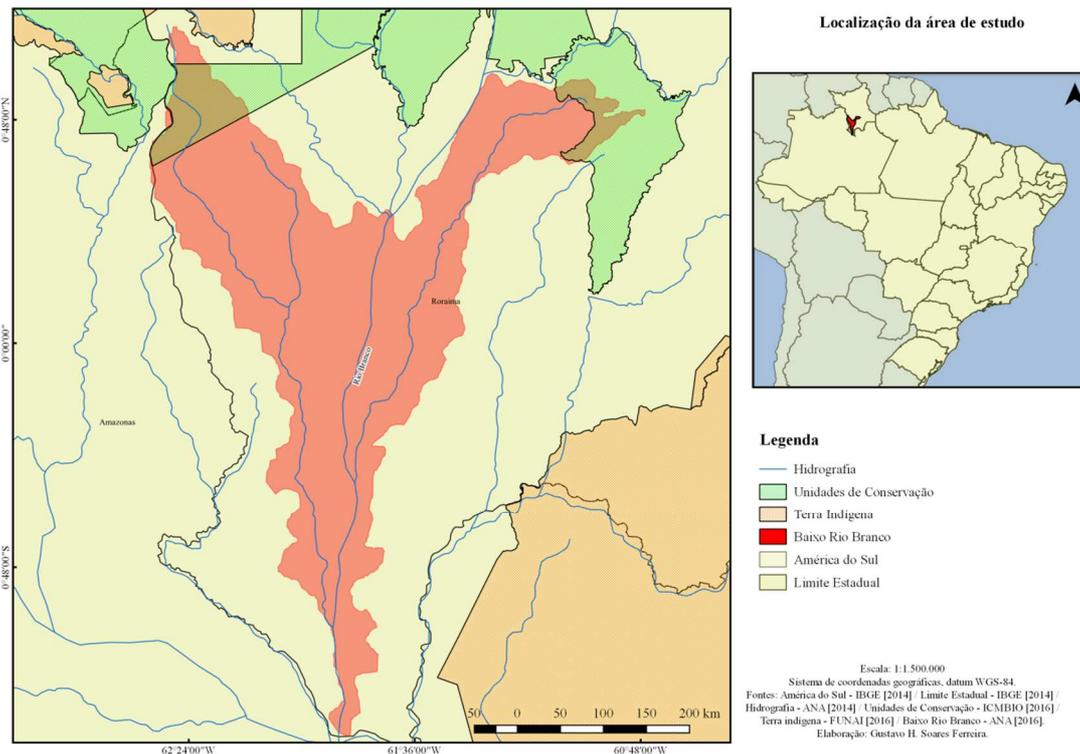
**Figura 2.2.** Mapa da grade das cenas do Landsat-8 utilizadas na área de estudo.

### **3. REGIÃO SUL DO ESTADO DE RORAIMA**

#### **3.1. Descrição da Região Sul do Estado de Roraima**

A região sul do estado de Roraima está inserida no domínio amazônico, onde se encontra o baixo curso do rio Branco, com cerca de 428 km de extensão até desaguar no rio Negro, que por fim deságua no rio Amazonas (**Figura 3.1**). A área é dominada pelas paisagens fluviais e flora amazônica (BRASIL 2010b, 2013; ISA 2012).

Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é tropical equatorial chuvoso (Af), contendo uma estação seca pouco definida, elevado índice de precipitação anual (acima de 2000 mm) e pouca variação ao longo dos meses e anos. A variação de temperatura também é baixa, não chegando a ultrapassar 5°C dentro das médias mensais (Barbosa 1997, Brasil 2010a, b, RADAM 1975). Períodos abaixo da média pluviométrica ocorrem, principalmente, nos meses entre agosto e outubro. O sul do estado é fortemente influenciado pela massa de ar equatorial (mEc), que provoca chuvas fartas em quase todo ano por causa da presença de forte umidade e condensação dessa massa de ar (Barbosa 1997).



**Figura 3.1.** Localização da área de estudo na região sul do estado de Roraima.

O sul de Roraima possui um relevo plano com variação altimétrica entre 100 e 150 metros (Brasil 2010b, Morais & Carvalho 2013, RADAM 1975). A área está situada sobre as Unidades Morfoestruturais: Depressão do Rio Branco-Rio Negro e Planície Amazônica, pertencentes ao Domínio dos Depósitos Sedimentares Inconsolidados (RADAM 1975, BRASIL 2010b). Uma das principais características destas unidades é o fato de serem áreas de baixa elevação, que são permanentemente ou periodicamente inundadas. Segundo o projeto RADAM (1975), as áreas de acumulação inundáveis representavam 106.000 km<sup>2</sup> de um total de 195.000 km<sup>2</sup> de área estudada pelo mesmo na depressão do Rio Branco – Rio Negro.

A Depressão do Rio Branco – Rio Negro é formada por sedimentos aluvionares inconsolidados da Formação Içá (Quaternário), contendo depósitos de cascalhos, areias quartzosas e argilas nos leitos e terraços dos principais cursos d'água (Brasil, 2010b; Carvalho, 2015; Fraga et al., 1999; Morais & Carvalho, 2013; RADAM, 1975; Wankler

et al., 2012). Tais sedimentos foram depositados em áreas de planícies de inundação por processos fluviais (Brasil, 2010b; RADAM, 1975; Reis et al., 2003). Por se encontrar em uma região de depressão com rios majoritariamente de padrão meandrante, a porção sul de Roraima possui um grande número de áreas inundadas, permanentemente ou periodicamente, formando planícies alagáveis (RADAM 1975, Carvalho 2015, BRASIL 2010b). A Depressão do Rio Branco-Rio Negro é considerada uma evidência de um pediplano antigo que aplainou a área e deixou, como consequência do processo, depressões em que se instauraram cursos d'água e tornaram o ambiente propício ao aparecimento de áreas de inundação. A Planície Amazônica é resultante de um aplainamento causado pelas oscilações climáticas no Quaternário (RADAM 1975, BRASIL 2010b).

No sul de Roraima, predominam os solos arenosos hidromórficos com eventual presença de neossolos, que por sua vez possuem baixa fertilidade, capacidade de drenagem e aptidão agrícola (BRASIL, 2010a, b, 2013; Morais & Carvalho, 2013; RADAM, 1975). No Domínio da Depressão do Rio Branco-Rio Negro, predominam solos com B latossólico e solos arenosos hidromórficos, sustentando a Floresta Ombrófila e as Campinaranas (BRASIL 2010b).

A região possui dois tipos principais de vegetação: Floresta Ombrófila Densa e Campinaranas (Barbosa & Fearnside 1999; Brasil, 2010 a, b, 2013; Carvalho, 2015; ISA, 2012; Morais & Carvalho, 2013; RADAM, 1975). As Campinaranas são basicamente planícies fluviais onde se encontram formações pioneiras de porte arbustivo médio-baixo (RADAM 1975, Carvalho 2015). A Campinarana é considerada como a "caatinga amazônica", por ser uma mata baixa sobre um solo arenoso, sua localização em domínio amazônico está ligada ao elevado índice pluviométrico. As Campinaranas podem ser

subdivididas nos seguintes subgrupos: florestada, arborizada, arbustiva e gramíneo-lenhosa (BRASIL 2010b).

A Floresta Ombrófila Densa do sul de Roraima é bem estruturada, madura e diversa, porém apresenta poucas espécies raras quando comparada às demais áreas cobertas por este tipo de vegetação (Conde e Tonini 2013). Essa vegetação vem sendo desmatada de forma sistemática para fins agroindustriais no sul do Estado, ocasionando focos de incêndio (Barbosa & Fearnside 1999, BRASIL 2013, ISA 2012). Segundo Freitas et al. 2011, a área plantada no sul de Roraima no ano de 2005 era de 19.900 (ha) e a tendência é o aumento deste número. O processo de desmatamento também está atrelado à abertura de projetos de assentamento, tendo em vista a boa oferta de terras públicas no estado (Barni et al. 2012, de Mello e Théry 2001).

### 3.2. Imagens Adquiridas da Região Sul do Estado de Roraima

No presente estudo, nove imagens Sentinel-1 foram adquiridas para a área de estudo durante o período de 2015 e 2016 (**Tabela 3.1**). Infelizmente, existe uma concentração de informações a partir de setembro de 2016, quando regularizou a captura de imagens pelo sistema do Sentinel-1.

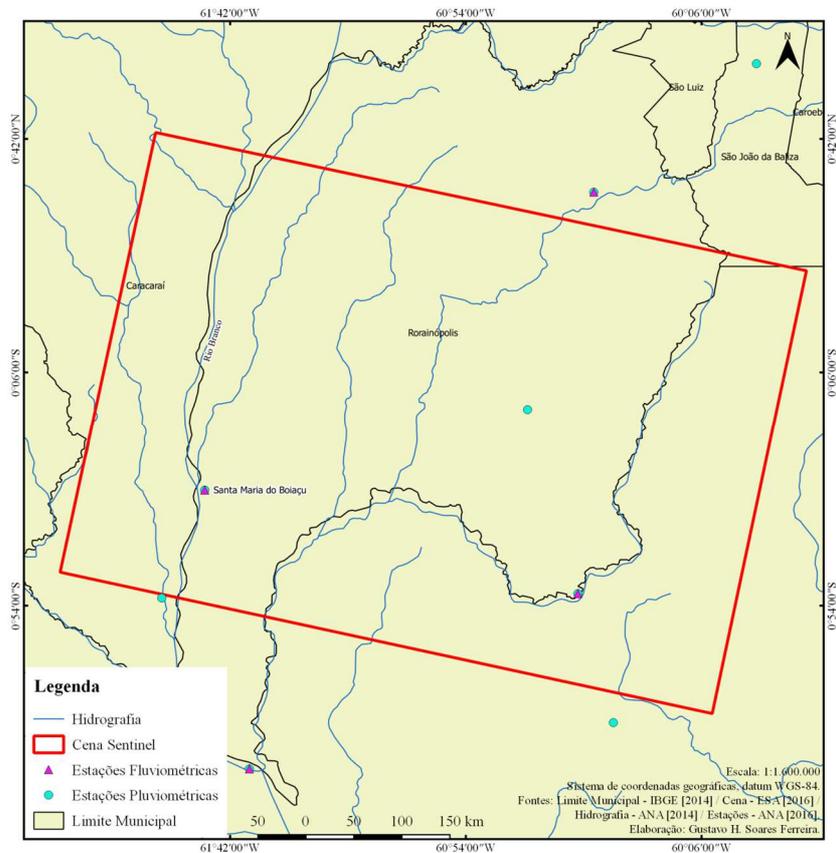
**Tabela 3.1** – Imagens adquiridas do satélite Sentinel-1 para a região do sul do estado de Roraima.

Nome do produto	Data	Órbita
S1A_IW_GRDH_1SDV_20150503T094624_20150503T094649_005755_00763F_C597	03/05/2015	83
S1A_IW_GRDH_1SDV_20160215T094610_20160215T094639_009955_00E9EF_550A	15/02/2016	83
S1B_IW_GRDH_1SDV_20160929T095359_20160929T095424_002282_003D9C_ED1B	29/09/2016	83
S1B_IW_GRDH_1SDV_20160929T095424_20160929T095449_002282_003D9C_781B	29/09/2016	83
S1A_IW_GRDH_1SDV_20160930T094632_20160930T094657_013280_01527A_113E	30/09/2016	83

S1A_IW_GRDH_1SDV_20161012T094632_20161012T094657_013455_015806_72ED	12/10/2016	83
S1A_IW_GRDH_1SDV_20161024T094632_20161024T094657_013630_015D79_04CC	24/10/2016	83
S1A_IW_GRDH_1SDV_20161105T094632_20161105T094657_013805_0162F5_F1DD	05/11/2016	83
S1A_IW_GRDH_1SDV_20161117T094632_20161117T094657_013980_016860_414D	17/11/2016	83

### 3.3. Dados Pluviométricos e Fluviométricos da Região Sul do Estado de Roraima

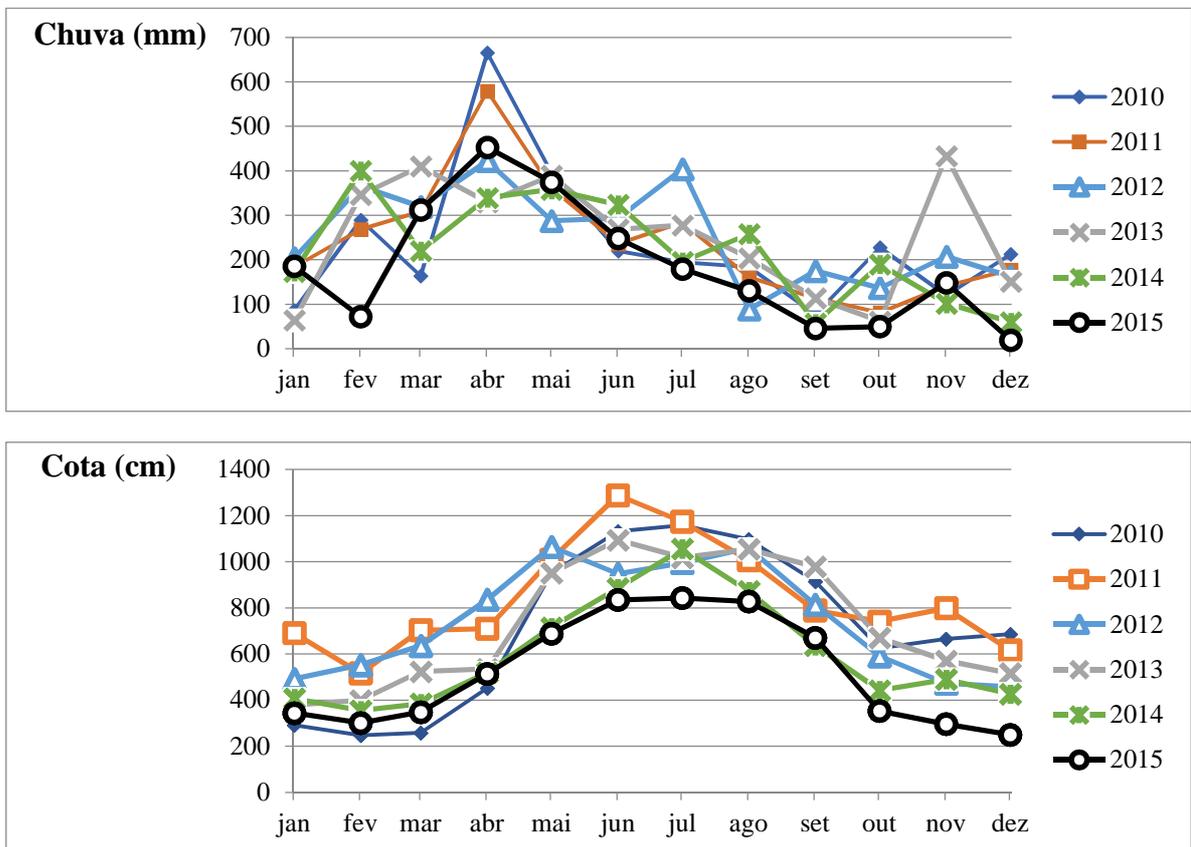
Os dados pluviométricos e fluviométricos foram adquiridos no site da Agência Nacional de Águas (ANA), relativos à estação Santa Maria de Boiaçu próxima ao rio Branco (**Figura 3.2**). Os dados pluviométricos e fluviométricos demonstram o comportamento do rio e das chuvas no local, como pode ser visto nos gráficos da média e precipitação acumulada (no mês) (**Figura 3.3**).



**Figura 3.2** - Localização da estação Fluviométrica/Pluviométrica de Santa Maria do Boiaçu.

Os dados da estação Santa Maria de Boiaçu entre 2010 e 2015 mostram um padrão na cota altimétrica do Rio Branco, onde o período de cheia começa no mês de abril e tem seu pico, geralmente, em julho. Tal fato está diretamente correlacionado com a distribuição das chuvas na área, no mesmo período, conforme pode-se observar.

A partir da integração dos dados serão mensurados os seguintes aspectos relevantes: variação da distribuição espacial das áreas de inundação ao longo do ano estudado, variação da cota altimétrica do rio Branco no quadrante que abrange a cena Sentinel-1 utilizada e a perda/ganho de áreas inundáveis ao longo dos meses de 2016, tais análises serão feitas em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).



**Figura 3.3** - Comportamento das cotas altimétricas e precipitação acumulada na estação.

## **4. MACRORREGIÃO DE ÍGAPÓS NO ALTO RIO NEGRO, AMAZONAS**

### **4.1. Introdução**

Um dos maiores desafios para os tomadores de decisão sobre a conservação da biodiversidade é o estabelecimento de prioridades nacionais, regionais e locais, essenciais para que as decisões políticas. A criação e consolidação de áreas prioritárias para conservação é importante para sustentar os ecossistemas, direcionando esforços técnicos e legais e recursos financeiros para a proteção e o uso sustentável de espaços geográficos definidos.

A Amazônia brasileira abrange uma área de aproximadamente 370.000.000 ha, ou seja, tem uma abrangência geográfica de dimensão continental, sendo que aproximadamente 337.400.000 ha é de área florestal e 32.600.000 composta de área não florestal. Embora esteja totalmente dentro da zona tropical, sua cobertura e condições ecológicas não são uniformes em todo território. Possui uma grande variedade de tipos de vegetação, tais como Floresta Tropical de Terra Firme nas modalidades alta e baixa, Floresta de Várzea, Floresta de Igapó (CORDEIRO, 2016).

Na época das chuvas, entre janeiro e junho, as águas do Rio Negro sobem e extravasam a sua calha, invadindo grandes áreas de planícies à beira de suas margens, formando os igapós. A profundidade da água nesses terrenos inundados pode atingir até 14 metros de altura, variando ao longo do rio devido a algumas áreas serem mais elevadas. Somente a partir de julho, com as chuvas menos intensas, as águas começam a baixar até retornarem ao leito normal, entre outubro e dezembro (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

Essa área possui grande significado no contexto biológico dentro da Amazônia. As enchentes anuais dos rios na Amazônia que formam os Igapós exercem importante papel na vida dos peixes da região, pois são fontes de alimento e de abrigo. Acredita-se que o desmatamento destas áreas ocasiona prejuízos à ictiofauna principalmente pela diminuição da quantidade e diversidade de alimento disponível. O estudo da relação entre a quantidade de floresta e a dieta de certas espécies aquíferas, permitiu registrar pela primeira vez a influência direta da floresta alagada na ecologia alimentar de peixes na Amazônia Central. O impacto das ações antrópicas nas áreas alagadas vem aumentando ao longo dos tempos (SAWYER, 2001 apud FERREIRA *et al.* 2004).

De acordo com Almeida (2005), existe claramente uma riqueza de espécies significativamente maior na floresta de igapó em comparação com a floresta de várzea. Esta região do Alto Rio Negro possui a peculiaridade de ter grandes áreas cobertas por florestas inundáveis e igapós, sendo muito rico em espécies do ponto de vista florístico, que ainda foi pouco explorada (FREITAS *et al.* 2004)

Vale salientar, que no futuro, essas áreas de Igapós podem vir a ser exploradas, com recursos madeireiros e não madeireiros. Por isso é necessário um arcabouço legal para realização da exploração e manejo, assim como é essencial a demarcação de áreas prioritárias para conservação.

De acordo com Durigan (2012), as florestas de Igapós não foram contempladas com dispositivos legais específicos no texto-base do novo Código Florestal (Lei 12651/2012). Isso é preocupante, pois são áreas de grande fragilidade, sendo berçário de espécies aquáticas, que dificilmente se recuperarão de qualquer intervenção. Os igapós ficaram de fora da proteção prevista pela Instrução Normativa nº 009 de 2010 da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável (SDS), que estabelece regras para o manejo de espécies de árvores em áreas de madeira branca e várzea, estipulando prazos que variam entre 12 e 24 anos para o corte da madeira em áreas de várzeas (Instituto Humanitas, 2012).

O rio Negro é de cunho federal, suas margens inundáveis, tanto as áreas de várzea quanto os Igapós, pertencem à União e não podem ser objeto de transação, empréstimo ou doação (BARBOSA et al., 2006). Com isso, seu uso e ocupação devem ser regularizados perante a lei por meio de concessão, hoje a cargo da Secretaria de Patrimônio da União (SPU) estipulado em 1944 pelo Decreto de Lei nº 6.871 como a responsável pelas áreas alagáveis. No alto do Rio Negro, próximo ao Parque Estadual Serra do Aracá, existem as macrorregiões de Igapós, de extremo valor biológico e aquífero, que será mapeada e caracterizada ao longo do projeto.

#### **4.2. Caracterização do Alto Rio Negro**

A região do alto Rio Negro é uma macrorregião de Igapós e fica próxima ao Parque estadual Serra do Aracá, especificadamente na divisão da Amazônia com o estado de Roraima (**Figura 4.1**). O clima na região apresenta duas estações bem definidas: uma estação seca de novembro a abril e uma estação chuvosa de maio a outubro. A umidade relativa média anual é de 85% e a temperatura média anual de 26°C. Na classificação de Köppen, o clima na área de estudo é Aw (verão úmido e inverno seco). Considerando o mapa de clima do IBGE a região possui duas classes: úmido e superúmido (**Figura 4.2**).

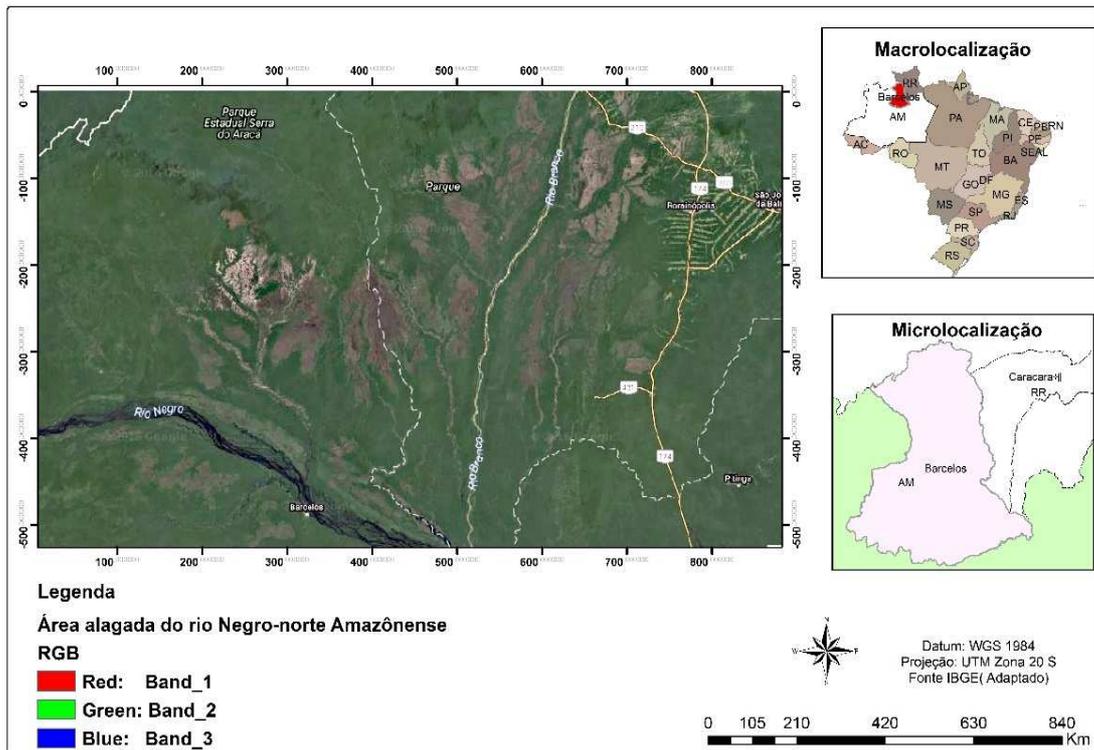


Figura 4.1 - Mapa de localização da área de estudo.

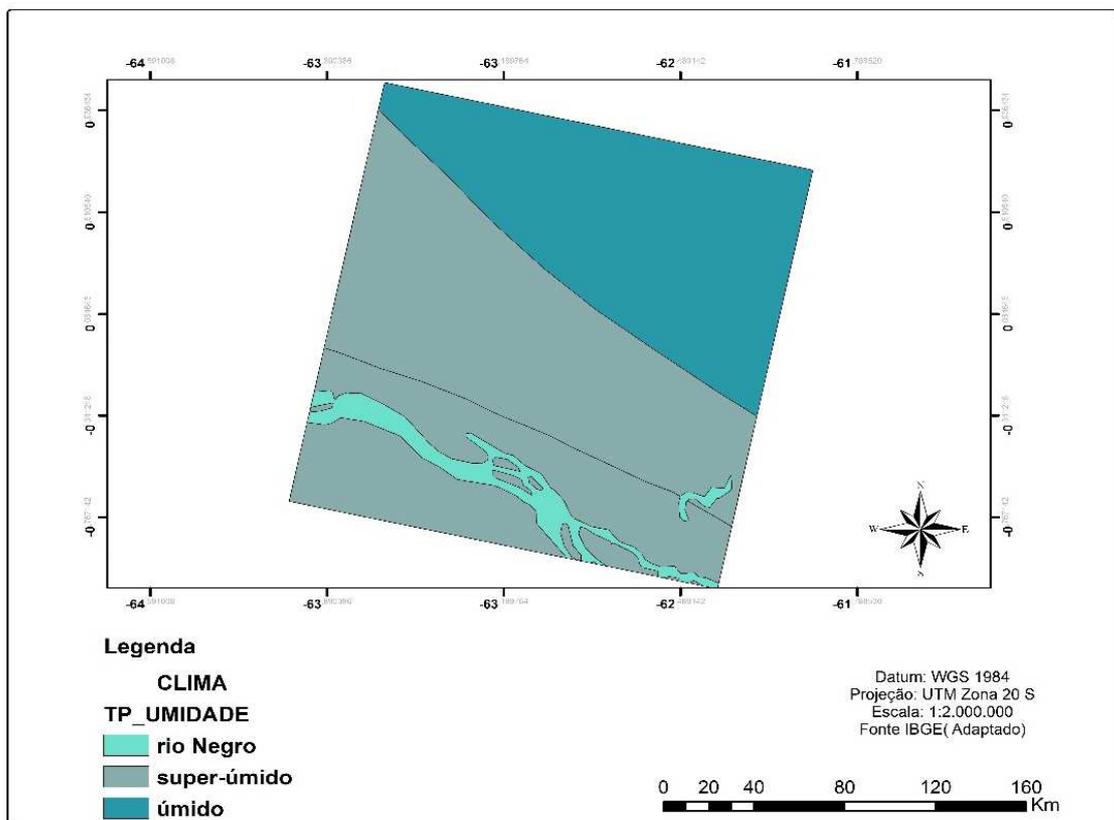
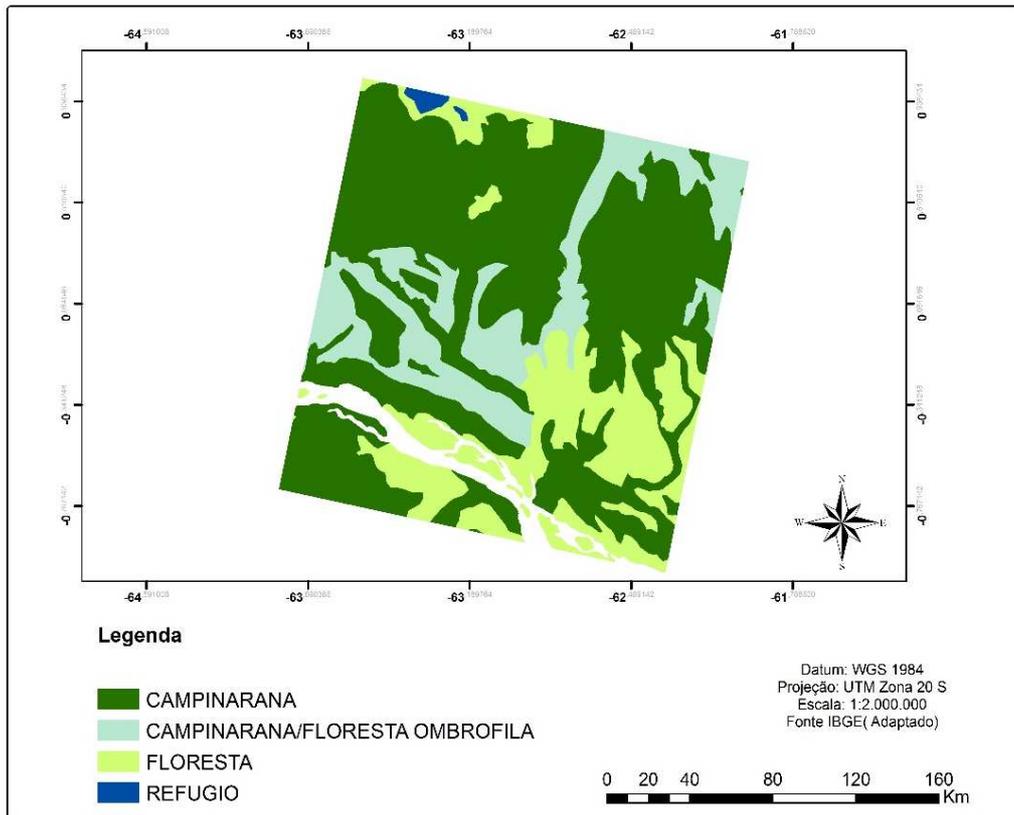


Figura 4.2 - Mapa de clima da região do alto rio Negro.

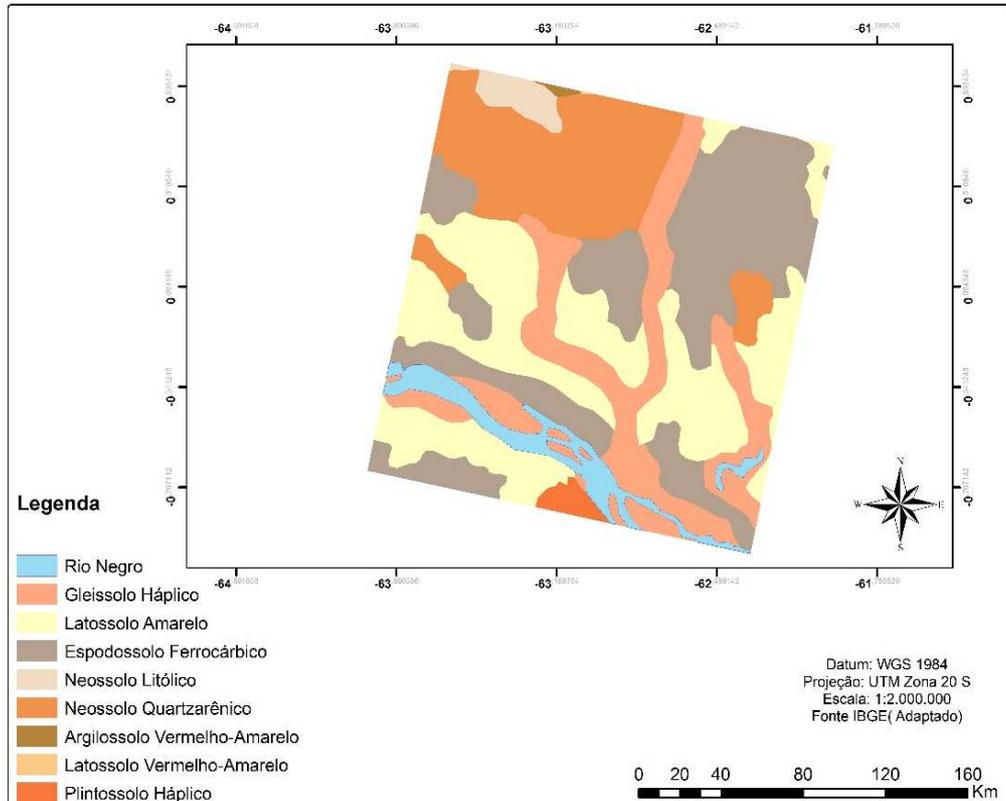
A vegetação dessa área é caracterizada principalmente por Campiranas (**Figura 4.3**). Mapas do IBGE identificam campiranas (e campinas) apenas na região do rio Negro e no município de São Paulo de Olivença, no rio Solimões. Além de raros, esses são ambientes ameaçados.

As campinas e campiranas são ecossistemas amazônicos, associados a solos pobres e arenosos frequentemente sujeitos ao alagamento periódico consequente da flutuação do lençol freático. Esses ambientes ocorrem na bacia do alto Rio Negro e ao longo dos rios de água preta, que indicam a presença de ácidos húmicos e material turfoso inerte em suspensão (Sioli, 1962). Apesar de estes ecossistemas ocuparem aproximadamente 7% da Amazônia legal, há poucos estudos sobre eles. Devido à grande pobreza dos solos e à alta precipitação, que contribui para a lixiviação, as espécies adaptadas a estes ambientes apresentam uma eficiente ciclagem de nutrientes.

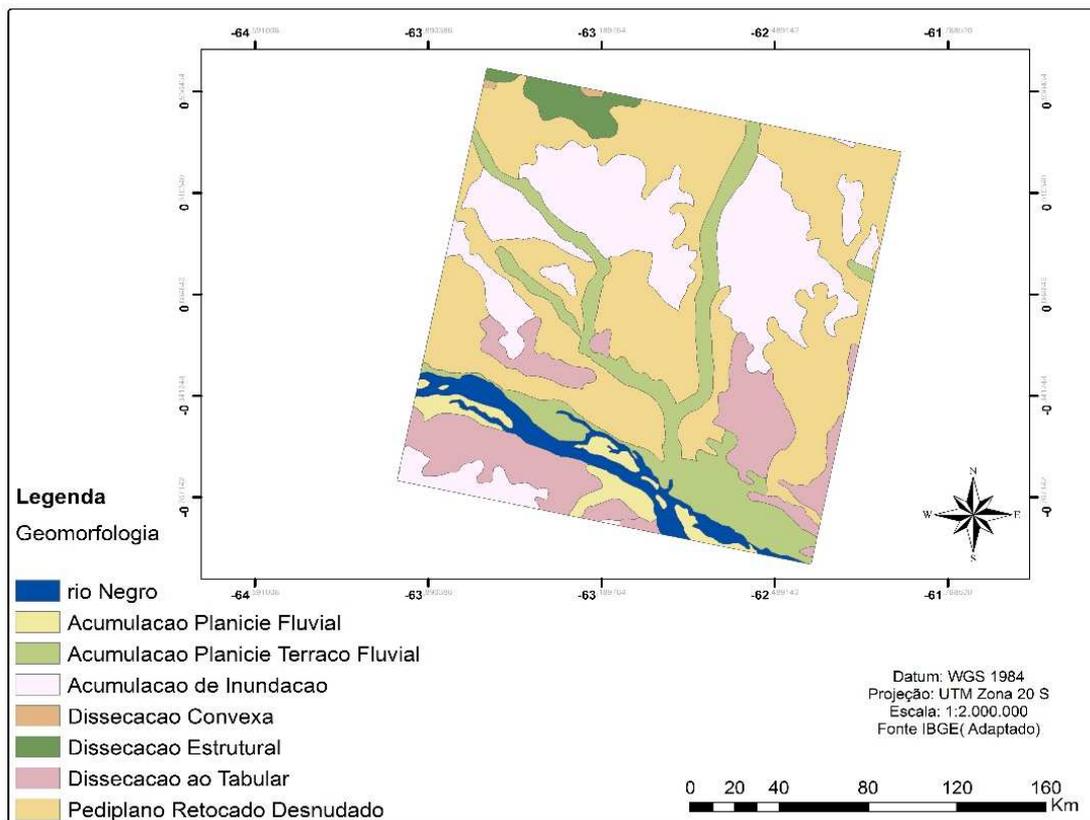
A região caracteriza-se com planícies inundáveis, solos arenosos mal drenados e oligotróficos e também grande quantidade de lagoas. Esse ambiente é caracterizado por apresentar solo arenoso e oligotrófico e lençol freático profundo. A ocorrência das Campiranas está intimamente associada à distribuição dos solos arenosos na Amazônia (Prance 1996; Vicentini 2004). Deste modo, a predominância de Campiranas na Bacia do rio Negro está associada à predominância de rochas areníticas (Steyemark 1986). Os solos da região são classificados pelo sistema Brasileiro de classificação dos solos como Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos, Espodossolos e Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 1999).



**Figura 4.3 -** Mapa de vegetação da região do alto rio Negro.



**Figura 4.4 -** Mapa de pedologia da região do alto rio Negro.



**Figura 4.5** - Mapa de geomorfologia da região do alto rio Negro.

### 4.3. Imagens Adquiridas da Região do Alto Rio Negro

Foram baixadas do Serviço Espacial Europeu (ESA), 15 Imagens GRDH e 25 SLC com sensor radar Sentinel-1 (**Tabela 4.1**). As imagens de radar permitem que as intempéries climáticas não interfiram na análise.

**Tabela 4.1.** Imagens adquiridas de radar para o alto rio Negro

Tipo	quantidade
S1A_IW_GRDH	15
S1A_IW_SLC	25

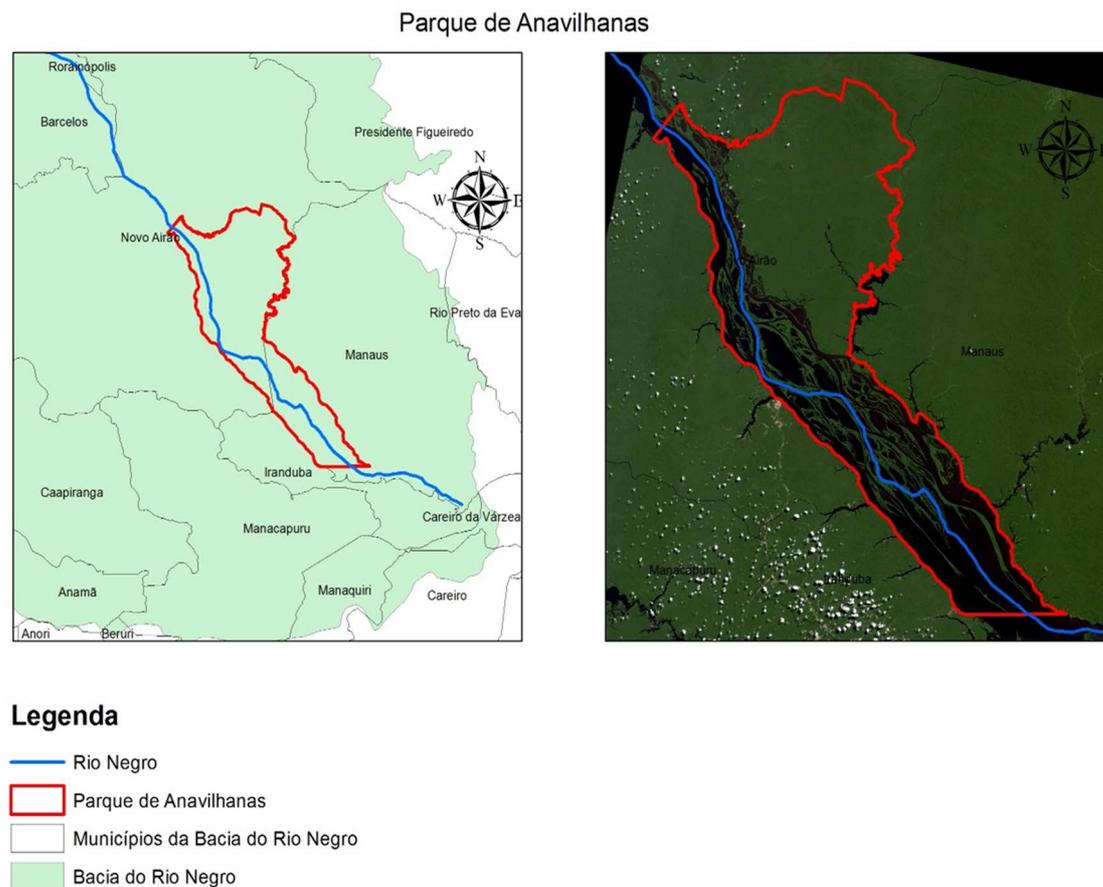
## 5. PARQUE NACIONAL DE ANAVILHANAS

### 5.1. Caracterização do Parque de Anavilhanas

O arquipélago de Anavilhanas estava inserido em uma Estação Ecológica criada pelo decreto nº 86.061, de 2 de junho de 1981. Em 2008 a lei nº 11.799 transforma a Estação Ecológica de Anavilhanas em Parque Nacional (**Figura 1**).

A Bacia Amazônica possui uma área muito vasta e abarca além do Brasil, países como Bolívia, Colômbia, Equador e Peru. À Oeste seu limite é a Cordilheira dos Andes, ao Norte pelo Planalto das Guianas, ao sul Pelo Planalto Central e à leste pelo Oceano Atlântico. A convecção na região Amazônica é um importante mecanismo de aquecimento da atmosfera tropical e suas variações, em termos de intensidade e posição, possui um papel importante na determinação do tempo e clima desta região. Molion (1987, 1993) estuda as circulações de macro e meso-escala que atuam na Amazônia e os processos dinâmicos que organizam e promovem a precipitação naquela área. Segundo este autor, os mecanismos que provocam chuva na Amazônia podem ser agrupados em 3 tipos: (a) convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de larga-escala favoráveis; (b) linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral do

Atlântico; (c) aglomerados convectivos de meso e larga escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil e interagindo com a região Amazônica. Por estar situado na região equatorial do globo, o clima é quente e úmido. Tem-se altos níveis de precipitação, amplitude térmica baixa, na ordem de 1-2 C (Marengo e Nobre, 1996). A cidade mais próxima, Manaus, tem seus ápices de temperatura na faixa de 27,9 C em setembro e 25,8 C em abril.



**Figura 5.1** – Mapa de localização do Parque de Anavilhanas.

O Parque encontra-se no domínio geomorfológico denominado de Planície Amazônica, cujas características mais perceptíveis são planícies de inundação e terraços pluviais muito amplos que ocorrem ao longo dos principais canais tronco da bacia hidrográfica dos rios Negro-Solimões-Amazonas. O padrão anastomosado do Rio Negro é resultante da sedimentação aluvial. Inúmeras formas deposicionais estão presentes no

percurso do Rio Negro, entre elas, as ilhas fluviais (LATRUBESSE e FRANZINELLI, 2002).

As nascentes do rio Negro ocupam um ambiente de clima superúmido do noroeste da Amazônia, situado no Cráton das Guianas, com ocorrência de solos profundamente lixiviados. Existe, portanto, um amplo domínio de solos hidromórficos, muito mal drenados, nas planícies de inundação (predomínio de Gleissolos), e solos mais bem drenados nos terraços fluviais (predomínio de Neossolos Flúvicos) (IBGE, 2001).

A vegetação no bioma Amazônico divide-se em três grandes categorias: matas de terra firme, matas de várzea e matas de igapó. As matas de terra firme são aquelas que estão em regiões mais altas e não são inundadas pelos rios. Nelas estão árvores de grande porte, como a castanheira-do-pará e a palmeira. As matas de várzea são as que sofrem com inundações em determinados períodos do ano. Na parte mais elevada desse tipo de mata, o tempo de inundação é curto e a vegetação é semelhante com a das matas de terra firme. Nas regiões planas, que permanecem inundadas por mais tempo, a vegetação é semelhante à das matas de igapó. As matas de igapó são as que estão situadas em terrenos mais baixos. Estão quase sempre inundadas. Nelas a vegetação é baixa: arbustos, cipós e musgos são exemplos de plantas comuns nestas áreas. É nas matas de igapó que encontramos a vitória-régia, um dos símbolos da Amazônia.

As Fitofisionomias mais encontradas no Parque de Anavilhanas são a Floresta Ombrófila densa que corresponde a aproximadamente 82% do Parque e Contato Campinarana-Floresta Ombrófila que corresponde a aproximadamente 18% da área da respectiva Unidade de Conservação. Segundo Ferreira, (2009) “as campinas são fitofisionomias abertas, normalmente com uma matriz herbácea onde salientam arbustos isolados variando entre 1 a 5 metros de altura, com alguns indivíduos atingindo nove metros”.

Geologicamente, o Parque de Anavilhanas está inserido em uma cobertura sedimentar Fanerozóica, na Bacia do Amazonas, depositada em um substrato rochoso pré-cambriano onde ocorrem rochas de natureza ígnea, metamórfica e Sedimentar (MAIA, 2010, pg.17). De acordo com Santos *et al.* (2006), “o arcabouço geológico do estado do Amazonas está compartimentado pelas províncias Tapajós-Parima, Rio Negro, Rondônia-Juruena e K’Mudku”. Anavilhanas, encontra-se na província do Rio Negro. Segundo Silva, o rio Negro corre em uma zona de falha normal, que se estende por cerca de 70 km em linha reta, e delimita as margens. Essa estrutura geológica forma grábens (áreas em depressão), que são locais que explicam o processo de sedimentação atual. De acordo com o autor, o "arquipélago das Anavilhanas" e os depósitos Cacau-Pirêra, próximo a Manaus, são resultantes da interrelação entre esses processos de sedimentação e fenômenos tectônicos.

A área do Parque apresenta um cenário com uma beleza natural ímpar, água de cor escura – por estar localizado no Rio Negro –, praias de areia clara ao longo das margens (processos de deposição aluviais) e poucos insetos. Essas condições atraem de maneira exponencial a atenção de turistas há anos (PEREIRA, 2007). A atividade turística faz que o tráfego de embarcações na região seja intenso, o que gera uma sobrecarga para o meio ambiente.

Apesar da situação fundiária resolvida, segundo o plano de manejo desenvolvido, quando Anavilhanas ainda era uma Estação Ecológica, percebe-se em Anavilhanas uma pressão que está modificando a paisagem: a exploração madeireira e a caça comercial (SOUZA, et al. 2010). Segundo informações do observatório de UC’s, a Unidade de Conservação é de fácil acesso para atividades ilegais, além de serem difíceis de monitorar. A demanda de recursos naturais no Parque é alta, o que corrobora o exposto anteriormente de que a atividade madeireira modificou e modifica a paisagem de Anavilhanas.

## **5.2. Imagens Adquiridas da Região do Parque Nacional de Anavilhanas**

No presente estudo, foram baixadas do sítio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) 34 imagens Landsat 8 da órbita-ponto 231-062. Além disso, foram baixadas 25 imagens de radar do programa Sentinel-1 a partir do site do Serviço Espacial Europeu (ESA). As imagens de radar permitem que as intempéries climáticas não interfiram na análise que será feita na área de estudo proposta.

## **6. BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL**

### **6.1. Caracterização da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

A Bacia do rio Paraíba do Sul com uma área de aproximadamente 62.074 km<sup>2</sup> situa-se na região Sudeste do Brasil entre três estados brasileiros: Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, ocupando (ANA, 2010). A área da bacia corresponde a cerca de 0,7% da área do país e aproximadamente 6% da região Sudeste. No estado do Rio de Janeiro a bacia ocupa 63% da área; em São Paulo 5% e em Minas Gerais apenas 4%. Esta Bacia abrange 184 municípios, 88 em Minas Gerais, 57 no Rio de Janeiro e 39 no estado de São Paulo. O ponto culminante é o Pico das Agulhas Negras. O vale do Rio Paraíba do Sul distribui-se na direção Leste-Oeste, entre as Serras do Mar e Serra da Mantiqueira, localizando-se em uma das regiões mais acidentadas do País.

O rio Paraíba do Sul é resultado do encontro dos rios Paraibuna e Paraitinga, que ocorre no município de Paraibuna/SP a 1800 metros de altitude e percorre aproximadamente 1.150km até desaguar no Oceano Atlântico, no norte fluminense, na praia de Atafona no município de São João da Barra (CEIVAP,2016). Os principais

afluentes do rio Paraíba do Sul são os rios Jaguari, Paraibuna, Pomba, Piraí, Bananal, Una, Pirapetinga, Muriaé, Piabanha e Dois Rios (CEIVAP, 2016).

O clima da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul é caracterizado como subtropical quente, com temperatura média anual entre 18°C e 24°C. As máximas precipitações ocorrem nas cabeceiras mineiras e nos pontos mais altos das serras do Mar e da Mantiqueira, chegando a 2.250 mm/ano. O período de verão é caracterizado como chuvoso com precipitações acumuladas entre 20 e 250 mm/mês nos meses de dezembro e janeiro, que são os meses de maior precipitação. No inverno, o intervalo entre os meses de maio e agosto corresponde ao período mais seco, com precipitações inferiores a 50 mm/mês.

A bacia do Paraíba do Sul pertence ao complexo pré-cambriano, entre a Serra da Mantiqueira ao Norte e a Serra do Mar a Sudeste, com altitudes entre 800 e 2.500 m. No seu interior a topografia é suave entre 510 e 650 m de altitude (COLUMBUS et al., 1980). A Bacia Hidrográfica abrange duas províncias geomorfológicas do estado de São Paulo: o Planalto Atlântico e a Província Costeira (ALMEIDA, 1964). O Planalto Atlântico compreende cinco zonas: Planalto Paraitinga, Planalto da Bocaina, Médio Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Planaltos de Campos do Jordão. A província Costeira compreende a zona Serranias Costeiras.

A vegetação natural do Vale do Paraíba é a Mata Atlântica, que se encontra muito alterada e pouco representa a vegetação original. O desmatamento ocorrido desde o ciclo do café, reduziu a cobertura vegetal natural de 82% da área original para cerca de 5% (ROMEIRO et al. 2004). Com a ocupação desordenada, mais de um milhão de hectares no Médio Vale do Paraíba tornaram-se vulneráveis à erosão, levando ao assoreamento do rio Paraíba do Sul e reservatórios do sistema Light – CEDAE, prejudicando o abastecimento de água na região metropolitana do Rio de Janeiro. Como exemplo, o

município de Pinheiral/RJ, contém 88% de suas terras classificadas como de alta ou muito alta vulnerabilidade à erosão (CEIVAP, 2002).

Com o intuito de preservar a vegetação remanescente, foram tomadas iniciativas, por parte do Governo Federal, de criação do Parque Nacional de Itatiaia, o parque mais antigo do Brasil, e o Parque Nacional de Serra da Bocaina, que abrange o território que vai do município de Bananal a São Luiz do Paraitinga. O Governo de São Paulo, com o apoio do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, mantém parques estaduais para refúgio de animais silvestres. Atualmente, há uma ampla articulação de organismos governamentais e não governamentais para a criação de áreas protegidas nas cristas da Serra da Mantiqueira. Partindo dessa articulação, foram identificadas várias áreas com grande relevância para a biodiversidade e proteção dos recursos naturais, fornecendo suporte aos poderes públicos no processo de criação de unidades de conservação e auxílio aos proprietários privados na criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) (INSTITUTO OIKOS, 2016).

Aproximadamente 16% da população fluminense reside na Bacia, 7% dos mineiros e 5% dos paulistas. Cerca de 14,2 milhões de pessoas, somados os 8,7 milhões de habitantes da região metropolitana do Rio de Janeiro, são abastecidos pelas águas da Bacia do Paraíba do Sul (CEIVAP, 2016).

Na Bacia do rio Paraíba do Sul, três classes de uso e cobertura da terra predominam: (a) Campos e pastagens com 40% da extensão territorial da Bacia; Florestas e Fragmentos Florestais com 43% da área da Bacia; e Áreas Agrícolas com 10%. Conforme Gomes (1986), a presença de grande número de pequenos agricultores na região justifica-se por ser um território de relevo bastante acidentado, limitando a disponibilidade de áreas próprias para a agricultura de grande expressão.

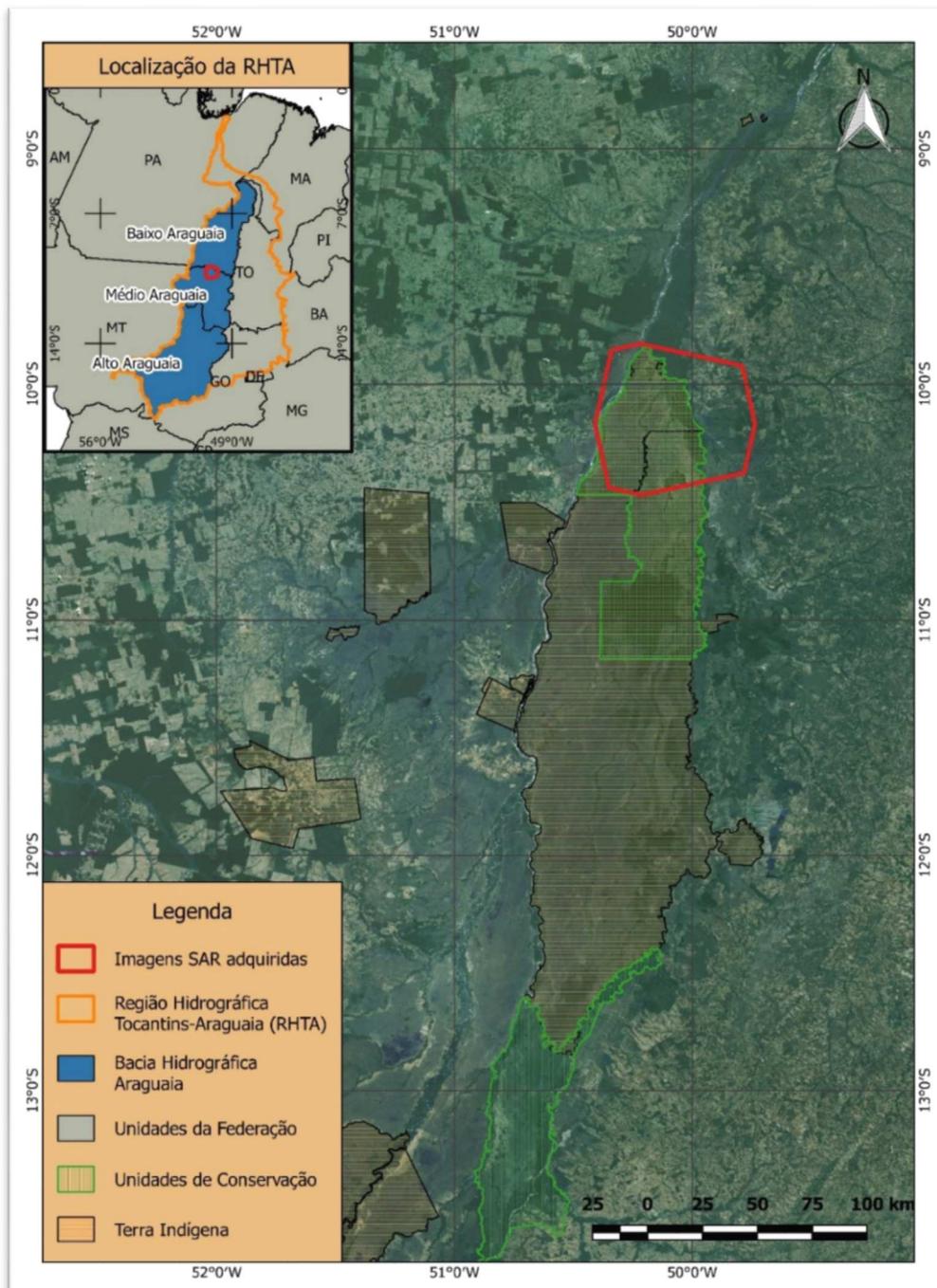
## **7. PLANÍCIE DO BANANAL NO TRECHO MÉDIO DO RIO ARAGUAIA**

### **7.1. Caracterização da Planície do Bananal no Trecho Médio do Rio Araguaia**

A área de pesquisa está localizada entre as Latitudes 9,5°S e 10,5°S e Longitudes 49,5°W e 50,5°W (Figura 7.1). O rio Araguaia compõe a Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia (RHTA), a maior inserida totalmente em território brasileiro e a segunda maior em área e volume de água, inferior apenas à Região Hidrográfica do Amazonas (ANA, 2009). A RHTA abrange aproximadamente 11% do território nacional, incluindo os Estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Pará, Maranhão e Distrito Federal, e possui uma área de drenagem correspondente a cerca de 918.822 km<sup>2</sup>, sendo que apenas a bacia do rio Araguaia representa 42% (385.060 km<sup>2</sup>) (ANA, 2009).

A planície do bananal é considerada a maior planície fluvial do mundo e consta na relação de zonas úmidas de importância internacional pela convenção Ramsar (Ramsar Convention, 1971), bem como apresenta uma região de importância para conservação da biodiversidade aquática devido à diversidade existente destes ambientes (Morais et al. 2008). A região é um ecótono entre os biomas do Cerrado e a Amazônia, possuindo uma

rica biodiversidade por ser área de transição, com características fitossociológicas destes biomas. No sentido de incentivar à preservação e a conservação da sociobiodiversidade existente, foram criadas Unidades de Conservação e Terras Indígenas, cabe destacar que as imagens adquiridas estão localizadas na parte setentrional do Parque Nacional do Araguaia.



**Figura 7.1** – Mapa de localização da área de estudo dentro da ilha do Bananal.

O clima na bacia do Araguaia é tropical e possui períodos bem definidos de chuva (novembro a março) e estiagem (junho a agosto), com índice pluviométrico anual de 1.700 mm e temperaturas médias mensais entre 24 e 26 °C (ANA, 2009), a amplitude de inundação varia de 4 a 7 metros (Irion, 2016). A classificação climática de Köppen é o tipo Aw, úmido megatérmico, com período seco de 4 a 5 meses (Stevaux & Latrubesse, 2005; MMA, 2001), influenciado pela massa de ar equatorial continental e pela zona de convergência intertropical. A bacia hidrográfica possui uma diferença longitudinal na distribuição espacial das chuvas, sendo assim genericamente distribuído: alto Araguaia (1500 mm anuais), médio Araguaia (1000 mm anuais), e baixo Araguaia (2000 mm anuais) (Aquino et al. 2005; Latrubesse & Stevaux, 2006).

O alto Araguaia é a região de nascentes, onde o canal do rio percorre vales encaixados de rochas basálticas e sedimentares controlados por lineamentos estruturais do ciclo tectônico Transbrasiliano. O trecho médio apresenta a extensa planície da ilha do Bananal com importantes rios tributários, podendo citar os rios das Mortes, Vermelho, Crixás, entre outros. O baixo Araguaia ocorre à jusante da planície do Bananal e se estende até o seu encontro com o rio Tocantins, não evidencia planícies de inundação devido ao forte controle estrutural do canal do rio encaixado em rochas pré-cambrianas (Latrubesse & Stevaux, 2006).

A planície do Bananal é uma ampla faixa deposição sedimentar adjacente ao canal do rio Araguaia com uma área de aproximadamente 90.000 km<sup>2</sup>, correspondendo 23% da bacia do Araguaia, contendo paleomeandros, canais abandonados e lagoas circulares (MMA, 2001; Irion, 2016). A planície apresenta duas feições geomorfológicas características: (i) depósitos aluvionais ao longo dos vales, caracterizados por diques marginais, ilhas e lagos de meandros; (ii) depósitos aluvionais que se encontram nos

interflúvios, caracterizadas por lagoas temporárias e/ou permanente e drenagem indecisa constituindo uma área periodicamente inundável (MMA, 2001). Estudos recentes a respeito de informações sobre as características sedimentares da planície do bananal indicam que em regiões de maiores registros geológicos de sedimentação apresentam uma profundidade de cerca de 2.000 metros de camadas sedimentares, compreendidos entre as eras Paleozóica até o início do Quaternário (Pleistoceno), localizado entre os municípios de Luiz Alves e o sudeste da ilha do Bananal (Irion et al, 2016), esta informação constata que a planície do bananal tem uma característica de inundação há bastante tempo, justificando sua condição estrutural de alagamento bem desenvolvida.

A vegetação da planície do Bananal apresenta uma característica peculiar, típico de ambientes de inundação. Segundo levantamento fitossociológico e florístico realizado por Latrubesse & Stevaux (2006), consta que nesta região existem quatro unidades de vegetação: (a) vegetação pioneira herbácea; (b) vegetação arbustiva-arbórea; (c) vegetação arbórea; (d) vegetação antropizada (Latrubesse & Stevaux, 2006). A unidade de vegetação caracterizada como pioneira herbácea predominada por espécies de gramíneas e está mais vinculada diretamente ao rio Araguaia, pois estas vegetações recebem sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica das enchentes ordinárias do rio, porém na época da seca as gramíneas, ciperáceas e alguns arbustos desenvolvem-se rapidamente. A unidade de vegetação arbustiva-arbórea está sujeita a uma estabilidade maior no processo de crescimento das espécies, propiciando o desenvolvimento de algumas espécies maiores, sendo predominante as arbustivas e arbóreas. Esta unidade de vegetação predomina em regiões de meandros abandonados e também estão sujeitos à inundação periódica do rio. Já a unidade de vegetação arbórea contém espécies arbóreas e uma estabilidade maior comparado as outras unidades vegetacionais e uma diversidade de espécies, embora mantêm-se a influência das enchentes ordinárias do rio. Por fim, a

unidade vegetacional antropizada corresponde a uma classificação de todas as vegetações oriundas de intervenções humanas na região, incluindo-se aí as pastagens, lavouras, arrozais, entre outras. (Latrubresse & Stevaux, 2006).

Esta região, por conta de suas características ambientais específicas foi instituída uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, disposto no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) denominado Parque Nacional do Araguaia. O Parna Araguaia foi criado pelo Decreto nº 47.570, de 31 de dezembro de 1959, cujo objetivo inicial era prioritariamente preservar a região da ilha do bananal. No entanto, apenas em 2011 por meio da Portaria nº 103 de 6 de dezembro, foi instituída o Conselho Consultivo do Parque como mecanismo para fazer cumprir os objetivos primários da Unidade de Conservação – UC. Além do Parque Nacional do Araguaia, a região apresenta uma diversidade de etnias indígenas, incluindo algumas Terras Indígenas (TI) já demarcadas e Homologadas pela Fundação Nacional do Índio – FUNAI, sendo elas a TI Utaria Wyhyna/Iròdu Iràna, TI Inawebohona, TI Tapirapé/Karajá, TI Krahó-Kanela sendo as etnias predominantes do povo Krahó-Kanela, Javaé e Karajá.

Quanto aos aspectos sociais, a região é palco de intensos conflitos fundiários e socioambientais, um motivo bastante relevante é que a região integra a região denominada de “arco do desmatamento” (Fearnside & Graça, 2006) que são frentes de expansão agrícola ocasionada pelas construções de novas rodovias e de expansão agrícola. Esta situação agrava uma relação territorial de expropriação de terras, assassinatos de lideranças locais que tradicionalmente utilizam os recursos naturais de forma sustentável. Segundo estudo sobre mapeamento dos conflitos socioambientais no estado de Mato Grosso constata-se que na região também existem comunidades tradicionais conhecidas como “Retireiros do Araguaia” e diversas tribos indígenas (Silva & Sato, 2012).

## **7.2. Materiais utilizados na análise da planície do Bananal**

### ***7.2.1 – Imagens do Sensor ALOS-2/PALSAR***

Neste trabalho foram utilizadas as imagens do sensor SAR a bordo do satélite ALOS-2 (The Advanced Land Observing Satellite) desenvolvido pela Agência Espacial Japonesa (Japan Aerospace Exploration Agency - JAXA) que sucede a missão ALOS (Okada et al., 2011; Rosenqvist et al., 2014; Shimada, Tadono, & Rosenqvist, 2010). Estas imagens possuem uma variedade de usos e aplicações, principalmente no que diz respeito a: (i) monitoramentos de desastres naturais ou antrópicos; (ii) monitoramento de uso e cobertura do solo; (iii) monitoramento agrícola; para fins de exploração dos recursos naturais e; (iv) monitoramento da cobertura florestal global (site: JAXA – ver como citar). Dentre este escopo de funcionalidades e aplicações, a facilidade de monitoramento do regime de inundação de grandes rios também é contemplada com o uso destas imagens, como é o caso da presente pesquisa.

ALOS-2 foi lançado no dia 24 de maio de 2014, contendo o sensor SAR denominado PALSAR-2, semelhante ao seu antecessor ALOS/PALSAR. No entanto, uma diferença fundamental entre estes dois projetos de monitoramento terrestre é que o ALOS possui três sensores, sendo eles: PRISM (imagens pancromáticas com três ângulos de visada que permite gerar o Modelo Digital de Elevação); AVNIR-2 (apresenta bandas multiespectrais da faixa do visível ao infravermelho próximo, possibilitando a geração de índice de vegetação e composição RGB); e o PALSAR que são imagens de radar, banda L, ideal para trabalhos que necessitem de análises que ultrapassem a cobertura vegetal e de nuvens (Arnesen et al., 2013; Hess et al. 2003). Já o satélite ALOS-2 apresenta a bordo apenas o sensor PALSAR-2/ALOS-2, possibilitando a continuidade dos registros ocorridos pelo sensor PALSAR/ALOS. As especificações técnicas gerais do sensor ALOS-2/PALSAR-2 estão indicadas na Tabela 2.

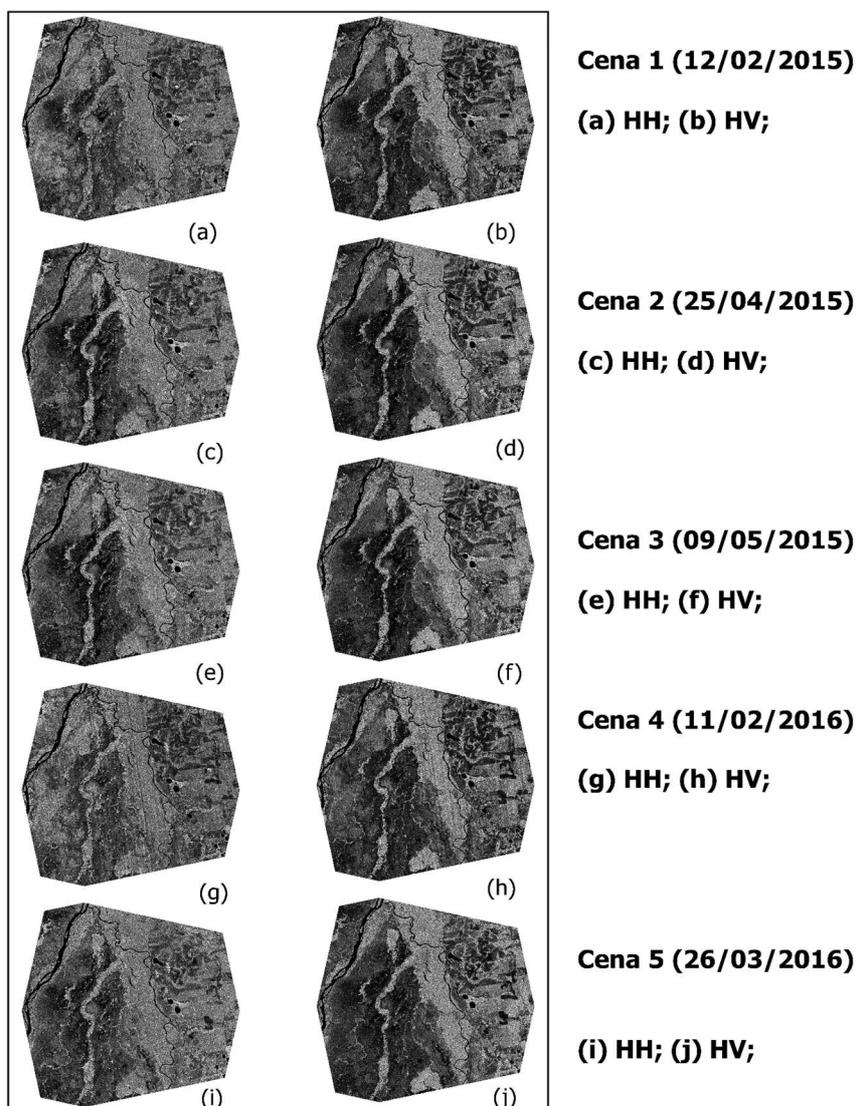
**Tabela 2** – Especificações do sensor ALOS-2/PALSAR (Adaptado: Shimada et al. 2010).

Modo	Alta resolução		ScanSAR	Polarimétrico
Frequência	1.270,00 MHz (L-Banda)			
Largura de banda	28,0	14,0	14,0 – 28,0	14,0
Polarização	HH ou VV	HH+HV ou VV+VH	HH ou VV	HH+HV ou VH+VV
Ângulo de Incidência	8 a 60°	8 a 60°	18 a 43°	18 a 43°
Resolução (m)	7 a 44	14 a 88	100 (multi look)	24 a 89
Faixa (Km)	40 a 70	40 a 70	250 a 350	20 a 65
Número de bits	5I+5Q	5I+5Q	5I+5Q	5I+5Q
Taxa de dados (Mbps)	240	240	120,240	240
Ruído equivalente Sigma-Zero (dB)	<-23 (70 Km) <-25 (60 Km)		<-25	<-29
Relação do sinal para ambiguidade	>16 (70 Km) >21 (60 km)		> 21	>19
Antena: m	Azimute: 8,9 x alcance: 3,1			

Os dados gerados pelo sensor ALOS-2/PALSAR-2 são disponibilizados em diferentes níveis de processamento, sendo eles: 1.1 / 1.5 / 3.1. Neste estudo foram adquiridas cinco imagens no nível de processamento 1.5 com os seguintes preprocessamentos já realizados: (a) conversão do alcance inclinado para alcance no terreno; (b) imagem geocodificada e georreferenciada; e (c) dados convertidos para amplitude (JAXA, 2014). As imagens são referentes à banda L com polarização HH e HV no modo de imageamento FBD (Fine Beam Dual Polarization), e resolução espacial de 6,25 metros, o Sistema de Referência de Coordenadas estão definidas como Datum WGS 84 / UTM 22 Sul. As cinco imagens correspondem a mesma área no período de 2015 e 2016, conforme indicado na **Tabela 7.1** e **Figura 7.2**. Todas as imagens foram recortadas através da intersecção das 5 imagens, de forma a compreender uma região independente da sua direção de imageamento (ascendente e descendente).

**Tabela 7.1** – Informações das imagens ALOS-2/PALSAR adquiridas.

Cenas	SceneID	Resolução espacial	Sistema UTM	Off Nadir	Polarimetria	Data do imageamento	Direção de imageamento
01	ALOS2039036980-150212	6,25 m	Zona 22 Sul	28,6o	HH / HV	12 / 02 / 2015	Ascendente
02	ALOS2049753820-150425	6,25 m	Zona 22 Sul	32,9o	HH / HV	25 / 04 / 2015	Descendente
03	ALOS2051823820-150509	6,25 m	Zona 22 Sul	32,9o	HH / HV	09 / 05 / 2015	Descendente
04	ALOS2092856980-160211	6,25 m	Zona 22 Sul	28,6o	HH / HV	11 / 02 / 2016	Ascendente
05	ALOS2099433820-160326	6,25 m	Zona 22 Sul	32,8o	HH / HV	26 / 03 / 2016	Descendente



**Figura 7.2** – Relação das imagens ALOS-2/PALSAR adquiridas.

### 7.2.2 – *Imagens Ópticas*

Dados complementares são essenciais para melhorar a interpretação dos resultados das imagens SAR. Diversos estudos científicos que utilizam imagens SAR apoiam seus resultados com informações de dados complementares de maneira a melhor aferir sobre o objeto a ser mapeado (Hess et al, 2015; Furtado et al, 20106; Arnesen et al, 2013). As imagens ópticas do sensor OLI-Landsat 8, com 30 metros de resolução espacial, e do sensor MUX-CBERS-4, com 20 metros de resolução espacial, próximas as datações das imagens SAR possibilita a interpretação dos resultados obtidos a partir dos dados SAR e a devida identificação das unidades de paisagem existente na região. As imagens ópticas foram devidamente recortadas de forma a atender o mesmo perímetro das imagens SAR, justamente para realizar a interpretação visual da série temporal de períodos de inundação.

A utilização dos sensores ópticos se justifica tendo em vista a facilidade de aquisição destas imagens e a facilidade na compreensão dos alvos imageados, auxiliando assim, a classificação das imagens SAR e a identificação da área de inundação do rio Araguaia. Para tanto, foram selecionados 2 (duas) imagens ópticas, com baixa porcentagem de nuvens e datados próximo aos registros das Cenas 01 e Cena 04 das imagens SAR, conforme indicado na **Tabela 7.2**.

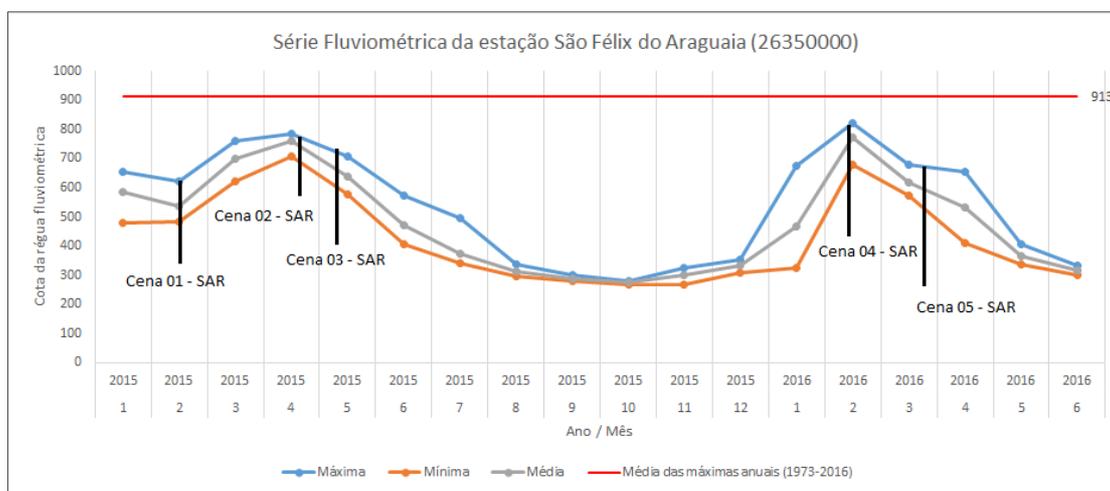
**Tabela 7.2** – Relação das imagens ópticas com as imagens de radar.

Óptica	Data	Radar	Data
MUX-CBERS 4	11/02/2015	Cena 01	12/02/2015
OLI-Landsat 8	10/02/2016	Cena 04	11/02/2016

As imagens ópticas foram utilizadas para facilitar a observação do espectro visual da região das imagens SAR, assim, o espectro na faixa do visível da região das imagens auxiliam na interpretação visual dos resultados obtidos e entender a dinâmica do pulso de inundação deste trecho do rio Araguaia.

### 7.2.3 – Dados de Estação Fluviométrica

Para a construção gráfica da curva de inundação do rio Araguaia, foi utilizado dados da leitura de régua da estação fluviométrica próxima da área de estudo, obtida no site da hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>) da Agência Nacional de Águas - ANA. Na região objeto desta pesquisa, apenas a estação fluviométrica São Félix do Araguaia apresenta dados históricos consistentes para a geração do gráfico da curva de inundação. A partir da análise da série histórica das estações é possível identificar as cotas de inundação nas datas do imageamento. A **Figura 7.3** apresenta o gráfico do ciclo hidrológico do rio Araguaia, obtida a partir das informações de leitura da régua da estação São Félix do Araguaia, o gráfico evidencia que a época do ano com a maior cota de inundação ocorre entre fevereiro e maio, condizentes com as datas de aquisição das imagens ALOS-2/PALSAR.



**Figura 7.3** – Gráfico do regime fluviométrico do Rio Araguaia com as indicações das imagens SAR.

Com base nas informações obtidas a partir da estação fluviométrica, é possível identificar a média das enchentes ordinárias do rio Araguaia conforme os procedimentos técnicos indicados na Orientação Normativa que disciplina a demarcação de terrenos marginais (ON-GEADE-003), bem como a identificação pontual da cota correspondente

às imagens SAR adquiridas (**Tabela 7.3**). Desta forma será possível ter uma estimativa das enchentes ordinárias, com base nas informações fluviométricas aliadas aos registros das imagens disponíveis para esta pesquisa e de que forma as imagens estão representando a enchente do rio Araguaia.

**Tabela 7.3** – Informações de cota das imagens SAR e a média das máximas histórica da estação 26350000

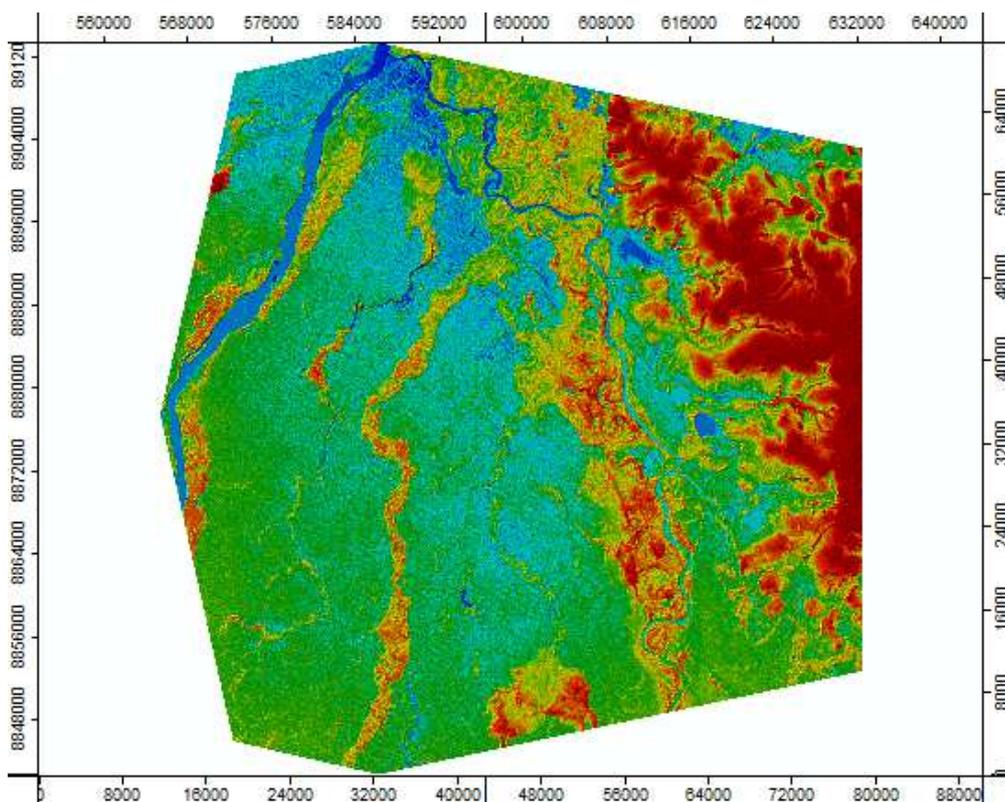
<b>Estação Fluviométrica</b>	<b>Média das Máximas</b>		<b>Período</b>
26350000	<b>Cota 913</b>		8/1973 a 2/2016
<b>Estação Fluviométrica</b>	<b>Imagens SAR</b>	<b>Cota indicada na Estação</b>	<b>Data</b>
26350000	Cena 01	492	12/02/2015
26350000	Cena 02	769	25/04/2015
26350000	Cena 03	678	09/05/2015
26350000	Cena 04	785	11/02/2016
26350000	Cena 05	638	26/03/2016

#### **4.2.4 – Modelo Digital de Elevação**

Para o auxiliar a interpretação das imagens e correlacioná-lo com a curva gráfica de inundação do rio Araguaia, foi utilizado o MDE derivado das imagens de radar Sentinel 1-A, de forma a identificar regiões com elevada cota altimétrica, e assim, eliminar possíveis confusões na interpretação de floresta inundada com a floresta de terra firme, de maneira análoga ao estudo realizado por Hess (2015). Outra função importante do MDE é a geração da rede de drenagem que a região da pesquisa se manifesta, buscando indicar o comportamento geomorfométrico dos canais de drenagem, e assim, eliminar confusões ocasionados pela interpretação das imagens de radar ALOS-2.

A geração do MDE a partir das imagens SAR da Sentinel 1-A, foi possível a partir do método conhecido como interferometria. Para a aplicação deste método foi utilizado o software específico da Agência Espacial Européia (ESA) denominado SNAP. Com base

no resultado desta aplicação, podemos identificar cotas mais elevadas do recorte espacial que as imagens trabalhadas nesta pesquisa apresentam. A **Figura 7.4** apresenta o resultado do MDE aplicado nesta pesquisa sobre o mesmo recorte espacial utilizado pelas imagens ALOS-2. Fica evidente com base que a parte nordeste do recorte apresenta uma cota altimétrica mais elevada, possibilitando aferir que qualquer resultado indicado pelas imagens SAR como área de inundação neste trecho específico da imagem não condiz com a dinâmica de alagamento dos rios Araguaia e Javaés, uma vez que apresenta uma cota topográfica elevada. Desta forma, este pedaço da imagem fica excluída da interpretação da dinâmica de alagamento proposto para esta pesquisa.



**Figura 7.4** – Modelo Digital de Elevação gerado a partir das imagens Sentinel 1-A.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. Brasil tropical atlântico: originalidades. *Scientific American Brasil*, 50, 98, 2006.

AB'SÁBER, A.N. The Natural Organization of Brazilian Inter- and Subtropical Landscapes. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, 21 (1/2), 57-70, 2000. Contribuição à geomorfologia da área dos cerrados. In: Simpósio sobre o Cerrado, São Paulo, Editora da USP, p. 117-124. 1963.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponível em:<  
<http://www.estudoadministracao.com.br/ler/16-11-2014-como-fazer-citacoes-internet/>>. Acesso em 14 de novembro de 2016.

ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo: Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, n.41, p.167-263, 1964.

ALSDORF, D., HAN, S., BATES, P., MELACK, J. Seasonal water storage on the Amazon floodplain measured from satellite. 2010.

AQUINO S, LATRUBESSE EM, SOUZA FILHO EE (2008). Relações entre o regime hidrológico e os ecossistemas aquáticos da planície aluvial do rio Araguaia. *Acta Scientiarum Biological Science* (30): 361-369. doi: 10.4025/actascibiolsci.v30i4.5866.

ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO, USO SUSTENTÁVEL E REPARTIÇÃO DE BENEFÍCIOS DA BIODIVERSIDADE BRASILEIRA-MMA, 2007.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. Homem. In: ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Manaus: INPA, 325-335. 1997.

BARBOSA, R. I., & FEARNSIDE, P. M. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento “El Niño”(1997/98). *Acta Amazonica*, 29(4), 513-534. 1999.

BARNI, P. E., FEARNSIDE, P. M., GRAÇA P. M. L. A. Desmatamento no Sul do Estado de Roraima: padrões de distribuição em função de projetos de assentamento do INCRA

e da distância das principais rodovias (BR-174 e BR-210). *Acta Amazonica* 42:195–204. 2012.

BIANCHINI, V. P. C. A., FERREIRA, M. N. N., FILHO, N. R., DIRANE, A. C. M., LIMA, G. W. M., Sumário da proposta de zoneamento ecológico econômico da sub-região do Rio Purus. 2010.

BORGES, S. H., PINHEIRO, M., Preservação do Rio Negro: As Unidades de Conservação eds. São Paulo: Companhia das Letras/UNIP/The New York Botanical Garden, 2001.

BRASIL, MDA Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável: propostas de políticas públicas para o território sul de Roraima. Rorainópolis/RR: MDA, 2010a.

BRASIL, MME. Bacia Hidrográfica do Rio Branco/RR: Estudos de Inventário Hidrelétrico. Tomo 1/4. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF, Brasil. 275 p. 2010b.

BRASIL, SEPLAN. Panorama e Vetores de Desenvolvimento de Roraima. Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento, Roraima. V 1, 2 e 3. 153p.2013.

CARVALHO, T. M. SÍNTESE DOS ASPECTOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS DO ESTADO DE RORAIMA, BRASIL. In: Contribuições à Geologia da Amazônia (Orgs. Gorayeb, P.; Meiguins, A.). Edição Volume 9 (9CGA), Ed. SBG-Norte. p.435-450. 2015.

CASTRO, C.N. Impactos do projeto de transposição do rio São Francisco na agricultura irrigada no nordeste setentrional. Rio de Janeiro, 2011.

COLUMBUS et al. Desenvolvimento de água subterrânea na região do Vale do Paraíba. Anais... 1º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife, PE, p.229-302, 1980.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO (CBHSF). Disponível em:<<http://cbhsaofrancisco.org.br/bacia-hidrografica-do-rio-sao-francisco/regioes-hidrograficas/>>. Acesso em 14 de novembro de 2016.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SÃO FRANCISCO (CBHSF). Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do São Francisco. Volume 1: Caracterização da bacia hidrográfica. 1a parte, 2015. Disponível

em:<[http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursoshidricos/wp-content/uploads/2015/04/RP2\\_V1\\_Diagnostico\\_Consolidado.pdf](http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursoshidricos/wp-content/uploads/2015/04/RP2_V1_Diagnostico_Consolidado.pdf)>. Acesso em 14 de novembro de 2016.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SÃO FRANCISCO (CBHSF). Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do São Francisco. Volume 2: Caracterização da bacia hidrográfica. 2a parte, 2015. Disponível em:<[http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursoshidricos/wp-content/uploads/2015/04/V2\\_caract\\_p2\\_v2.pdf](http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursoshidricos/wp-content/uploads/2015/04/V2_caract_p2_v2.pdf)>. Acesso em 14 de novembro de 2016.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL -CEIVAP. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos. In: Plano da bacia do Rio Paraíba do Sul. Fundação Coppetec.UFRJ. Agência Nacional das Águas (ANA). 2002. 1200p. v.1-8.

CORDEIRO, Z. P., Floresta Amazônica: características da vegetação. 2016.

CPRM – Serviço Geológico Do Brasil. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. 2004. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica/Carta-Geologica-do-Brasil-ao-Milionesimo-298.html>.

DAMASCO, S.F e VARELA, A.C. Contribuições geomorfológicas e hidrogeográficas às reflexões sobre a transposição do rio São Francisco. Búzios, 2011. Disponível em:<[http://www.abequa.org.br/trabalhos/contribuicao\\_ABEQUA\\_2011\\_.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/contribuicao_ABEQUA_2011_.pdf)>. Acesso em 14 de novembro de 2016.

DE MELLO, N. A., & THÉRY, H. A armadura do espaço amazônico: eixos e zoneamentos. Alceu, 1, 181-214. 2001.

DIAS et al. Caracterização do Potencial Hidro geológico e Histórico da Utilização das Águas Subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo. p.1/15, 2004.

Disponível em : [aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23868/15941](http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23868/15941). Acesso em: 16 de novembro de 2016.

DURINGAN, C. C., disponível em:  
<http://www.ihu.unisinos.br/noticias/507182novocodigoflorestalameacaigaposepopulacoestradicionais>>. Acessado em janeiro de 2017

ELETROBRÁS - Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Xingu. São Paulo, 2009c. Disponível em:  
<http://www.eletronbras.gov.br/ELB/data/documents/storedDocuments/%7BA75346D4-8DCD-4ADF-AB2A-689A3CB5629C%7D/%7B1BF6069A-2E51-4C7C-91F7-BC21CA1BCF0D%7D/Sumario%20AAI%20Xingu.pdf>

ELETROBRÁS. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte. Estudo de Impacto Ambiental - EIA. 2009a. Disponível em:  
<http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Belo%20Monte/EIA/>.

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

FEARNSIDE PM, GRAÇA PMLA (2006). BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho Highway and the Potential Impact of linking the Arc of Deforestation to Central Amazonia. *Environmental Management* 38:705-716. doi: 10.1007/s00267-005-0295-y.

FERREIRA, L. V., ALMEIDA, S. S., AMARAL, D. D., PAROLIN, P. Riqueza e composição de espécies da floresta de igapó e várzea da estação científica Ferreira Penna: subsídios para o plano de manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã, 2005.

FRAGA, L. M., SOUZA, M. M., PINHEIRO, S. S., LARIZZATTI, J. H., ESTEVES, M. A., RIKER, S. R. L., ... & PESSOA, M. R. Projeto Roraima Central. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1999.

FREITAS, C. A. A., PRADO, J., Lista anotada das pteridófitas de florestas inundáveis do alto Rio Negro, Município de Santa Isabel do Rio Negro, AM, Brasil, 2004.

GOVERNO ESTADO SÃO PAULO, Secretária de recursos hídricos, saneamento e obras- Sub programa de qualidade de águas e controle de poluição hídrica- Relatório Final. São Paulo, disponível em CD, 1999.

HERRERA, J. A.; MOREIRA, R. P. Resistência e conflitos sociais na Amazônia Paraense: A Luta Contra o Empreendimento Hidrelétrico de Belo Monte. *Campo-Território: Revista de Geografia Agrária*. v. 8, n. 16, p. 130-151, 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/19861>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades – Informações dos Municípios Brasileiros – Altamira. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150060>.

IBGE. Mapa de Solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE/EMBRAPA. 2001. 1 Mapa colorido, 107x100cm na escala de 1 para 5000000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO OIKOS. Projeto de Criação de Áreas Protegidas nas Cristas da Mantiqueira. Disponível em: <http://www.institutooikos.org.br/forca-tarefa-da-mantiqueira---areas-protegidas.html>. Acesso em: 16 nov 2016.

IRION G, NUNES GM, NUNES-DA-CUNHA C, ARRUDA EC, SANTOS-TAMBELINI M, DIAS AP, MORAIS JO, JUNK WJ (2016). Araguaia River Floodplain: Size, Age, and Mineral Composition of a Large Tropical Savanna Wetland. *Wetlands*. doi: 10.1007/s13157-016-0807-y.

ISA, B. R., ISA, R. R. S., STRAUSS, R., ANDRADE, I., de SOUZA, A., de OLIVEIRA, S., & AGUIAR, P. H. Diversidade socioambiental de Roraima: Subsídios para debater o futuro sustentável da região. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011.

JUNIOR, L. C., FERREIRA, E., ZUANON, J., ARAUJO-LIMA, C., O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil-2004

LATRUBESSE EM, SETAUX JC (2006). Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do rio Araguaia, Brasil Central. *Geociências* 5: 65-73.

LATRUBESSE, E.M.; FRANZINELLI E. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology*, v. 44, p. 241-257, 2002.

MACHADO. C. J. S. *Gestão de águas doces*. Rio de Janeiro: Interciência. 2004.

MAGALHÃES, S. B.; SILVA, Y. Y. P.; VIDAL, C. L. Não há peixe para pescar neste verão: efeitos socioambientais durante a construção de grandes barragens – O caso Belo Monte. *Ministério do Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 37, p. 111-134. Edição Especial Nexo Água e Energia, 2016. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/made/article/view/45595>.

MAGALHÃES, S; HERNANDEZ, F. (org.). *Painel de Especialistas - Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte*. Belém, 2009. Disponível em: [http://www.socioambiental.org/banco\\_imagens/pdfs/Belo\\_Monte\\_Painel\\_especialistas\\_EIA.pdf](http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/Belo_Monte_Painel_especialistas_EIA.pdf).

MAIA, M. A. M. *Geodiversidade do estado do Amazonas / Organização Maria Adelaide Mansini Maia [e] José Luiz Marmos*. — Manaus: CPRM, 2010.

MANUAL DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA EM TERRAS DA UNIÃO. Secretária de Patrimônio da União. 2006.

MARENGO, J. NOBRE, C.A., CULF, A.D. Climatic impacts of "Frigens" in forested and deforested areas of the Amazon Basin. submetido ao *Journal of Climate*, 1996

MEJIA, A. Introdução. In: THAME, A. C. M. (organizador). *A cobrança pelo uso da água*. São Paulo: IQUAL, 2000. p. 9.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA/IBAMA. *Plano de Manejo do Parque Nacional do Araguaia – TO*. Brasília, DF, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Programa de revitalização da bacia do São Francisco*. Brasília, 2004. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/161/\\_publicacao/161\\_publicacao03032011023538.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023538.pdf). Acesso em 14 de novembro de 2016.

MORAIS RP, AQUINO S, LATRUBESSE EM (2008). Controles hidrogeomorfológicos nas unidades vegetacionais da planície aluvial do rio Araguaia, Brasil. *Acta Scientiarum - Biological Sciences* 30: 411-421. doi: 10.4025/actascibiolsci.v30i4.5871

MORAIS, R. P., & CARVALHO, T. M. Cobertura da terra e parâmetros da paisagem no município de Caracaraí-Roraima. *Revista Geográfica Acadêmica*, 7(1), 46-59. 2013.

MPEG - Museu Paraense Emílio Goeldi. Descrição e Análise da Flora da Região do Médio-Baixo Rio Xingu. Convênio MCT/MPEG/Camargo Corrêa/Odebrecht/Andrade Gutierrez/ Eletrobrás/Fidesa. Relatório Técnico, Belém, 2008. Disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/Dossie/BM/DocsOf/EIA-09/Vol%2017/TEXT0/FLORA/0%20RELAT%C3%93RIO%20FINAL%20VEGETA%C3%87%C3%83O%20SEM\\_TB%20V\\_1.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/BM/DocsOf/EIA-09/Vol%2017/TEXT0/FLORA/0%20RELAT%C3%93RIO%20FINAL%20VEGETA%C3%87%C3%83O%20SEM_TB%20V_1.pdf).

NASCIMENTO, E.P, DRUMMOND, J.A. (Orgs.). *Amazônia: Dinamismo Econômico e Conservação Ambiental*. Rio de Janeiro: Garamond, 2003.

OLIVEIRA, A., DALY, D., COHN-HAFT, A. V. M., *Florestas sobre Areia: Campinaranas e Igapós*, in: *Florestas do Rio Negro*. eds. São Paulo: Companhia das Letras/UNIP/The New York Botanical Garden, 2001.

PEREIRA, E. M. *From Extraction to Attraction: Making Ecotourism a Reality in the Municipality of Manaus, Amazonas, Brazil*. Doctoral Dissertation, Faculty of Social Sciences, University of Stavanger. Norway, 2007.

PIEADADE M.T.F., JUNK W.J, Adis J, PAROLIN P. *As áreas úmidas no âmbito do Código Florestal Brasileiro*. 2012,

PIEADADE M.T.F., JUNK W.J, Adis J, PAROLIN P. *Ecologia, Zonação e Colonização da Vegetação Arbórea das Ilhas Anavilhanas*. Disponível em: <http://www.anchietano.unisinos.br/publicacoes/botanica/botanica56/a05.pdf> Acesso em: 25 janeiro 2017.

PORTAL BRASIL. *Dilma Inaugura Usina Hidrelétrica de Belo Monte*. 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/governo/2016/05/dilma-inaugura-usina-hidreletrica-de-belo-monte>.

RADAMBRASIL, 1983. Projeto RADAMBRASIL – MME – Rio de Janeiro, 1983. 780p.

RADAMBRASIL, Projeto. Folhas NA. 20. Boa Vista e parte das Folhas NA 21 Tumucumaque, NB 20 Roraima e NB 21; Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 428p. 1975.

RAMSAR CONVENTION. Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat (Iran), 2 February 1971. UN Treaty Series no 14583. As amended by the Paris Protocol, 3 December 1982, and Regina Amendments, 28 May 1987. 1971.

REIS, N. J., FRAGA, L. M., FARIA, M. D., & ALMEIDA, M. E. Geologia do estado de Roraima, Brasil. *Géologie de la France*, 2, 3-4. 2003.

ROMEIRO, A.R. et al. Biodiversidade, Reflorestamento e Agropecuária no Brasil. *Florestar estatístico*, v.7, n.16, 2004.

ROSCOCHE, L. F.; VALLERIUS, D. M. Os Impactos da Usina Hidrelétrica de Belo Monte nos Atrativos Turísticos da Região do Xingu. *Revista Eletrônica de Administração e Turismo*, v. 5, n. 3, p. 414-430. Julho-Dezembro/2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/AT/article/download/2905/354>.

SILVA MJ, SATO, MT (2012). Territórios em tensão: o mapeamento dos conflitos socioambientais do Estado de Mato Grosso-Brasil. *Ambiente & Sociedade*.

SOUZA & FILHO, P. W. M., PARADELLA, W. R. JÚNIOR, C. S., VALERIANO, D. M., MIRANDA, F. P. Sensoriamento remoto e recursos naturais da Amazônia. 2006.

WANKLER, F. L., de OLIVEIRA EVANGELISTA, R. A., & SANDER, C. SISTEMA AQUÍFERO BOA VISTA: “ESTADO DE ARTE” DO CONHECIMENTO E PERSPECTIVAS. *Acta Geográfica*, 6(12). 2012.

ZEIDEMANN, V. K. O Rio das Águas Negras. eds. São Paulo: Companhia das Letras/UNIP/The New York Botanical Garden. 2001.