

## Paper do NAEA Volume 28

# Mapeamentos para análise de aspectos geomorfológicos com uso do geoprocessamento no município de Altamira, Pará, Brasil

*Ponciana Freire de Aguiar<sup>1</sup>*  
*Maamar El-Robrini<sup>2</sup>*  
*Juliana de Sá Guerreiro<sup>3</sup>*  
*George Satander de Sá Freire<sup>4</sup>*



### RESUMO

A análise geomorfológica é muito importante para o conhecimento da capacidade de suporte dos ambientes, do risco ambiental, no intuito de conservar os ecossistemas. Esse estudo é uma análise físico-ambiental no Município de Altamira, Pará, Brasil, com uso de tecnologias avançadas no tratamento de informações secundárias para a realização de mapeamentos, contribuindo para a gestão ambiental de Altamira. Assim o objetivo geral dessa pesquisa foi analisar a importância de mapeamentos geomorfológicos para o município de Altamira, por meio de geoprocessamento no tratamento de informações secundárias e uso de sistema de informação geográfica (SIG). Para tanto, foram gerados mapas como de geomorfologia, geologia da área, baseados em dados do IBGE, bem como em estudos já realizados. Notou-se que este estudo demonstrou uma boa análise dos mapas gerados em SIG, com análise de dados secundários diversos, sugerindo-se uma atualização de dados e monitoramento constante prevenindo a ocorrências de mais impactos negativos na área pesquisada.

**Palavras-chave:** Mapeamento. Geoprocessamento. Geomorfologia.

1 Professora do Programa de Pós-graduação em Gestão Pública do NAEA/UFPA. E-mail: ponciana@ufpa.br.

2 Coordenador do Grupo de Estudos Marinhos e Costeira da Geologia da UFPA. E-mail: robrini@ufpa.br.

3 Doutoranda em Ciências Ambientais, UFPA. E-mail: juliana\_guerreiro@hotmail.com.br.

4 Coordenador do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada da Geologia da UFC. E-mail: freire@ufc.br.

## **ABSTRACT**

Geomorphological analysis is very important for understanding the carrying capacity of environments and environmental risk in order to conserve the ecosystems. This study is a physical and environmental analysis in the municipality of Altamira, Pará, Brazil, using advanced technologies in the treatment of secondary information for mapping, contributing to the environmental management of Altamira. Thus, the general objective of this research was to analyze the importance of geomorphological mapping for the municipality of Altamira, through geoprocessing in the treatment of secondary information and use of geographic information system (GIS). For such, the maps were generated as geomorphology and geology of the area based on data from IBGE as well as studies already done. It was noted that this study demonstrated a good analysis of the maps generated in GIS with analysis of diverse secondary data, is suggesting a constant updating of data and monitoring to prevent the occurrence of further negative impacts in the researched area.

**Keywords:** Mapping. Geoprocessing. Geomorfologia.

## INTRODUÇÃO

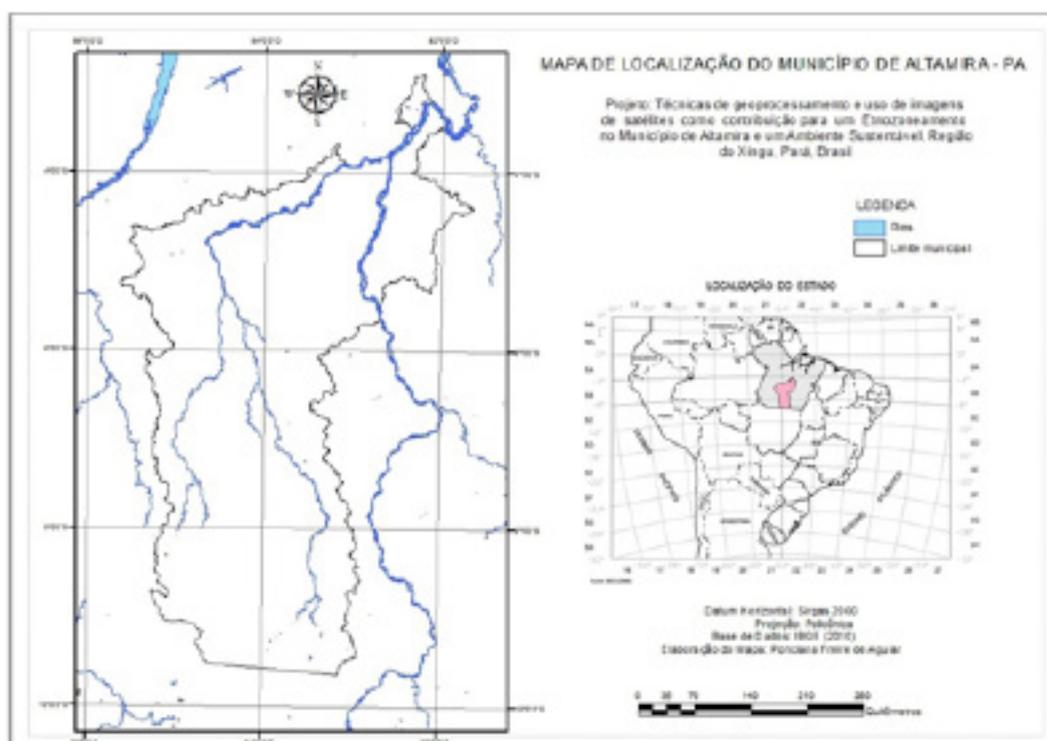
Esse estudo é uma análise de aspectos geológico-geomorfológicos do Município de Altamira com uso do emprego de tecnologias avançadas no tratamento de informações secundárias para a realização de mapeamentos que contribuam para a gestão ambiental do município de Altamira.

A análise geológica-geomorfológica é fundamental no estudo da paisagem e no conhecimento do equilíbrio ambiental, sendo muito importante na análise da capacidade de suporte dos ambientes, bem como do risco ambiental, o que pode ser baseado em teorias e autores como o da adaptação nos princípios da ecodinâmica (Tricart, 1977), que enquadra em ecossistemas estáveis, intergrades e instáveis.

O estudo das paisagens também possuem vertentes de adaptações realizada por outros autores mais recentes sobre a Geoecologia das Paisagens (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTE, 2010) que tratam os tipos de paisagens como uma “tipologia físico geográfica” (ou geoecologia) que consiste em análise com classificação e uso da cartografia, atrelada hoje ao geoprocessamento, dos “complexos físico geográficos tipológicos” para a compreensão da composição, das relações e estrutura dos tipos naturais e dos modificados por atividades humanas.

O município de Altamira tem passado nessa última década por fortes mudanças ambientais e socioeconômica devido à construção da grande obra Belo Monte, atualmente pronta e operando com toda a sua capacidade de instalação. Essa cidade localiza-se no sul do estado do Pará (Figura 01) na região do Rio Xingu.

Mapa 1. Mapa de localização de Altamira, Pará, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor no ano de 2018.

Assim a visão de Desenvolvimento Sustentável vem a ser, portanto, um elemento decisivo na gestão (RODRIGUEZ; SILVA, 2013) ao qual se deve seguir um Manejo entre três categorias, “a econômica, a social e a cultural”.

Assim o objetivo geral dessa pesquisa foi analisar a importância de através de mapeamentos geológico-geomorfológicos do Município de Altamira, como subsídio a gestão ambiental, utilizando geoprocessamento com tecnologia no tratamento de informações secundárias e uso de sistema de informação geográfica (SIG) para a realização de mapeamentos que contribuam para a gestão ambiental do município de Altamira, apoiados em análise de geração de mapas de geomorfologia, geologia e de tensão vegetacional da área.

Por tanto, esse estudo se fundamenta na importância do conhecimento dos sistemas e suas características ambientais como a geológica e a geomorfológica, bem como numa análise para entendimento do meio físico e sua relação com as atividades antrópicas.

## **METODOLOGIA**

Esta pesquisa condiz com uma análise dos aspectos geomorfológicos de Altamira, que para tanto foram realizadas pesquisa exploratória, com levantamento bibliográfico e documental, visita a órgãos públicos e análise de dados secundários, sendo uma pesquisa de cunho qualitativo principalmente, e em menor estudo o quantitativo.

Com relação as exigências para se utilizar do enfoque sistêmico e os estudos do Desenvolvimento Sustentável segundo (RODRIGUEZ; SILVA, 2013); SLATER que usar “a concepção sistêmica na questão ambiental é tentar ter um corpo teórico-metodológico holístico, integral, multidimensional, multiestrutural e multirreferencial”, além dos aspectos interdisciplinar e transdisciplinar.

O uso do geoprocessamento tem sido cada vez mais indispensável na geração de mapas geológico-geomorfológicos, estudos de impactos ambientais e seus relatórios, e determinação de riscos como movimento de massas, desmoronamentos, deslizamentos de terras e enchentes.

Sendo assim, foram gerados os Mapa da Rede de Hidrografia de Altamira, o Mapa de Unidade Geomorfológicas, o Mapa Hipsométrico de Altamira, e um Mapa de Unidades Geológicas do Município de Altamira utilizando os dados secundários do IBGE dos anos de 2008 e 2010, gerando-se os mapas com uso do Sistema de Informação Geográfica ArcGis 10.3, ao obter-se a liberação de uso da licença do NAEA.

O Mapa de Geomorfologia do Município de Altamira foi realizado a partir dos shapefiles do IBGE (2008), com a base cartográfica na escala 1: 250.000, apresentando unidades geomorfológicas, com caracterização descritas posteriormente. Esses tipos de mapas e análises são indispensáveis em Estudos de Impactos Ambientais que requerem o conhecimento da análise de riscos.

O Mapa de Hipsométrico de Altamira foi gerado (Figura 07) a partir de dados da missão Shuttle, sendo muito utilizado em mapeamentos de EIA/RIMA, devido a geração de mapas de declividade em média escala e monitorar as mudanças e análise morfológicas. Tendo sido gerado um Modelos Digitais de Elevação - MDE que segundo estudos já realizados (GROHMANN, 2008) atendem a uma boa acurácia altimétrica dos modelos SRTM (3 segundos de resolução) para análises em média escala, e em mapeamentos topográficos de semidetelhes na Amazônia.

O uso de imagens SRTM na geração de Modelos Digitais de Elevação MDE relata que existem técnicas de correção para contornar problemas como o de resolução, como o uso de filtragem. A autora cita dois métodos como as interpolações linear (que realça feições de alta frequência) e krigagem (causa redução das feições de alta frequência) (FLORENZANO, 2008). Segundo Longley et al. (2005) as imagens Shuttle permitem análises de alta qualidade pela geração de imagens simuladas, muito usadas em modelos de elevação.

A análise dos Recursos Hídricos também é fundamental, segundo Dias et al. (2012), para uma avaliação de processos morfométricos, bem como o conhecimento dos padrões de drenagem para a compreensão das formas de relevo.

Assim, os estudos gerados com base de dados do IBGE têm sido bastante difundidos, no entanto, existe ainda uma necessidade de atualização desses dados para download, propiciando uma base cartográfica e caracterizações e estudos dos aspectos socioambientais de forma mais adequada para a gestão pública dos municípios como o de Altamira.

## **RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO DO XINGU**

A Amazônia, maior floresta equatorial do planeta, e também possuidora da maior bacia hidrográfica, sendo o Rio Amazonas o maior rio do mundo em termos de vazão da água, contribui para o equilíbrio climático do planeta imensuravelmente, tanto em suas águas superficiais como o vapor que exala de sua imensa floresta, tendo como um de seus afluentes o Rio Xingu.

O rio Xingu é o maior corpo hídrico da região sul do estado do Pará, sendo um dos principais tributários da margem direita do rio Amazonas, onde deságua. O Xingu passa pela sede do município de Altamira (Figura 02), onde foi construída a principal barragem do Projeto Belo Monte. A sua nascente está localizada na Chapada do Roncador no Mato Grosso pela junção dos rios Batovi e Coliseu no Rio Amazonas, próximo da cidade de Porto de Moz, e os principais afluentes do Xingu pela margem esquerda são os rios Iriri (o maior), Tamitatoala ou Batovi, Curisevo, Manissauámiçu, Ronuro, Acaraí e Jarauçu, e pela margem direita são os rios Sete de Setembro, Comandante Fontoura, Bacajá, Fresco e Suiá-miçu ou Suição” (BARBOSA NETO, 2009).

O Mapa da bacia do rio Xingu que no recorte espacial apresentado no mapa (Figura 03) compreendem apenas o município de Altamira, com todos os seus afluentes principais e secundários, apresentando uma densidade hidrográfica muito grande, em que se

comparando é possível observar que grande parte desta está dentro de uma altitude média que varia de 100 a 200m, o que demonstra grande capacidade de alagamento em época de enchente dos rios.

Assim, tendo em vista que o rio Xingu percorre uma grande extensão do município de Altamira, e sua dinâmica é muito intensa, observaram-se diversas mudanças e impactos a construção do Aproveitamento hidrelétrico AHE de Belo Monte, bem como variação no planejamento das cidades, comunidades e povos que foram impactados por essa obra, que sobreviviam do mesmo.

Figura 02. Rio Xingu próximo sede de Altamira

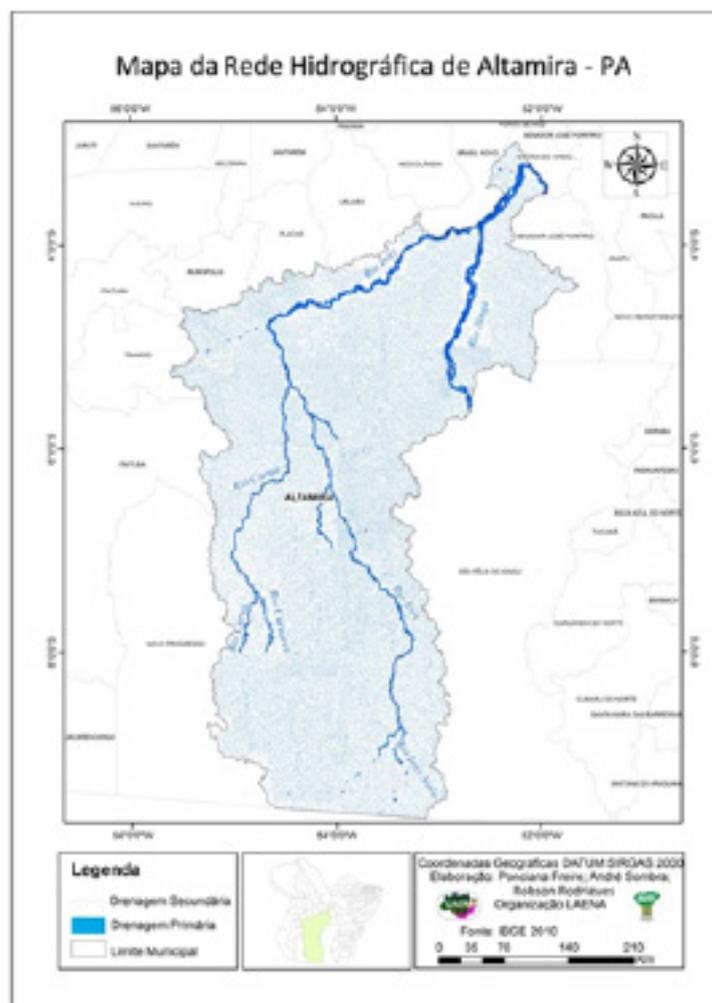


Foto: Autores do Projeto, 2017.

Fontes (2017), analisando dados da pesquisadora Cristiane Carneiro sobre as mudanças no rio Xingu em 2016, percebeu que após o barramento, a região da Volta Grande do Xingu teve uma redução considerável na vazão do rio Xingu. Em novembro de 2016 a vazão era em torno de 800 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) depois do barramento, enquanto a média era de 1.800  $m^3/s$  antes da construção do barramento do AHE Belo Monte, que previu que o mês de abril seria o de maior vazão pós-barramento, pois o período de chuvas é mais intenso com 8.000  $m^3/s$ , mesmo sendo bastante abaixo do que ocorria antes: 20 mil  $m^3/s$ ; bem como que a vazão mais reduzida causaria o impacto no processo reprodutivo dos peixes, pois o tamanho e quantidade dos ovos relacionam-se com o período que a fêmea consegue se alimentar (FONTES, 2017).

Essas transformações trouxeram muitos impactos negativos para as populações ribeirinhas e indígenas que sofreram ou ainda sofrem com os alagamentos constantes, e seus riscos, além das mudanças no equilíbrio do rio Xingu e seus afluentes, das florestas que secando, e sendo destruídas pela redução da água e pelos desmatamentos que aumentarem muito nos últimos dois anos.

Figura 03. Mapa da Rede de Hidrografia de Altamira



Fonte: Elaborado pelo autor em 2017.

Além disso, as áreas de pedrais e as planas, áreas de corredeiras são encontradas na parte da Volta Grande do Xingu, em parte da jusante da barragem do AHE Belo Monte (Figura 03). Assim, a área da Volta Grande do Xingu (Figura 04) foi a área em que o Rio Xingu sofreu o maior impacto com relação a diminuição da vazão de água, e hoje ainda passa por constantes mudanças no seu nível de água, de forma repentina e diariamente, onde na barragem principal há um controle das comportas de água, pois quando enche muito é liberada parte da água para a Volta Grande, no entanto, isso causa vários transtornos para os povos indígenas, o meio ambiente e os ribeirinhos.

Para diminuir o lago para 516 km<sup>2</sup> e não alagar as TI's demarcadas como a Paquiçamba e a Arara da Volta Grande do Xingu foi desviado um trecho de 622 km<sup>2</sup> (ELETROBRAS, 2009a apud MAGALHÃES; HERNANDES, 2009) do seu curso original, causando outros impactos em outras áreas a oeste da Volta Grande do Xingu.

O RIMA (2009) apresentou um Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas, sendo parte do Plano de Gerenciamento dos Recursos da AHE Belo Monte que ficou faltando ser realizado, no entanto, esses estudos já deveriam ter sido entregues junto ao Rima, antes

da Licença de Instalação da obra, por afetar os recursos hídricos, a qualidade da água, e junto ao monitoramento que deve vir antes, durante e depois das obras. Com relação aos Comitês de Bacias Hidrográficas e Comitês Indígenas, previstos pela Política Nacional dos Recursos Hídricos - PNRH (Lei 9.433/1997), também não foram constados no RIMA de 2009.

Figura 04. Área de corredeiras da Volta Grande do Xingu e relevo acidentado com escarpas de alto declive



Fonte: Carvalho (2012).

As incoerências e insuficiências no EIA de Belo Monte de 2009 foram relatadas também no Painel de Especialistas, necessitando que fossem feitos junto ao EIA estudos como a análise de consequência do rebaixamento do lençol freáticos na Volta Grande, de diminuição do aporte de sedimentos, do aumento do nível de água próximo a Altamira e dos impactos associados ao assoreamento (MOLINA/PAINEL DE ESPECIALISTAS, 2009), tendo faltado também, segundo esses especialistas:

“a) uma análise da diminuição dos níveis de água do rio Xingu e de sua flutuação estacional, como consequência da redução da vazão.; b) O estudo do remanso (níveis de água e perfis hidráulicos) não inclui o subtrecho do Xingu a jusante da foz do rio Bacajá. Isso pela complexidade do trecho, as dificuldades de obter secções topobatimétricas e o fato de que não é navegável; c) (...) pouco ou nada nas necessidades do ecossistema dependente no rio; d) ... adequadamente a escolha da vazão mínima de 700 m<sup>3</sup>/s para a navegação do trecho Pimental-Foz do rio Bacajá” (MOLINA/PAINEL DE ESPECIALISTAS, 2009).

Um empreendimento necessita passar por processo de licenciamento ambiental, e u EIA e um RIMA precisa de análises e monitoramentos do órgão tanto empresarial como o ambiental, audiências públicas, concessão de licenças etc. No entanto, como trata PNRH (2007) o acima Rima teve inventários incompletos tendo faltado também a participação da população que iria ser afetada, e representantes que fazem parte do Comitê de Bacias Hidrográficas.

Vale ressaltar ainda que, em termos de planejamento e coordenação das ações setoriais pelo Decreto do Estado do Pará nº 1.227 de 13.02.2015 DOE-PA (19.02.2015), relativas à utilização dos recursos hídricos, onde o artigo 1º relata que os procedimentos relativos ao recolhimento

da Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos - TFRH e à inscrição do Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos - CERH (instituídos pela Lei nº 8.091, de 29 de dezembro de 2014), devem no seu artigo 2º observar que:

O exercício regular do poder de polícia conferido ao Estado sobre a atividade de exploração e aproveitamento de recursos hídricos no território paraense será exercido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS para:

I - planejar, organizar, dirigir, coordenar, executar, controlar e avaliar as ações setoriais relativas à utilização de recursos hídricos;

II - registrar, controlar e fiscalizar a exploração e o aproveitamento de recursos hídricos. Parágrafo único. No exercício das atividades relacionadas no caput, a SEMAS contará com o apoio operacional dos seguintes órgãos da Administração Estadual”.

Vale salientar ainda que, a Semas segundo SANTOS (2015) publica normas para taxa de exploração de recursos hídricos, na determinação da Instrução Normativa publicada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas) no Diário Oficial do Estado.

A lei PNGATI no eixo 2 do Art. 8 (BRASIL, 2012) destaca no inciso d a necessidade de “apoiar a participação indígena nos comitês e subcomitês de bacias hidrográficas e promover a criação de novos comitês em regiões hidrográficas essenciais aos povos indígenas”. Além disso, no inciso c aconselha-se “promover o monitoramento da qualidade da água das terras indígenas, assegurada a participação dos povos indígenas” devendo-se permitir que os indígenas tenha acesso a essas informações, bem como esse eixo ressalta também a importância da presença desses povos indígenas nos fóruns de discussão sobre mudanças climáticas.

Assim, os recursos hídricos em Altamira devem ser cuidados e fiscalizados pelos órgãos competentes, tendo o respeito de todos obedecendo eticamente às leis. Além disso, outros estudos são muito importantes como as medições das mudanças climáticas constantes, mudanças nas precipitações e temperaturas, a inferência nos efeitos globais, como o aumento do efeitos estufa, etc. A apresentação de mapas com detalhes sobre os recursos hídricos e climáticos com uso de geoprocessamento, para uma caracterização adequada do ambiente.

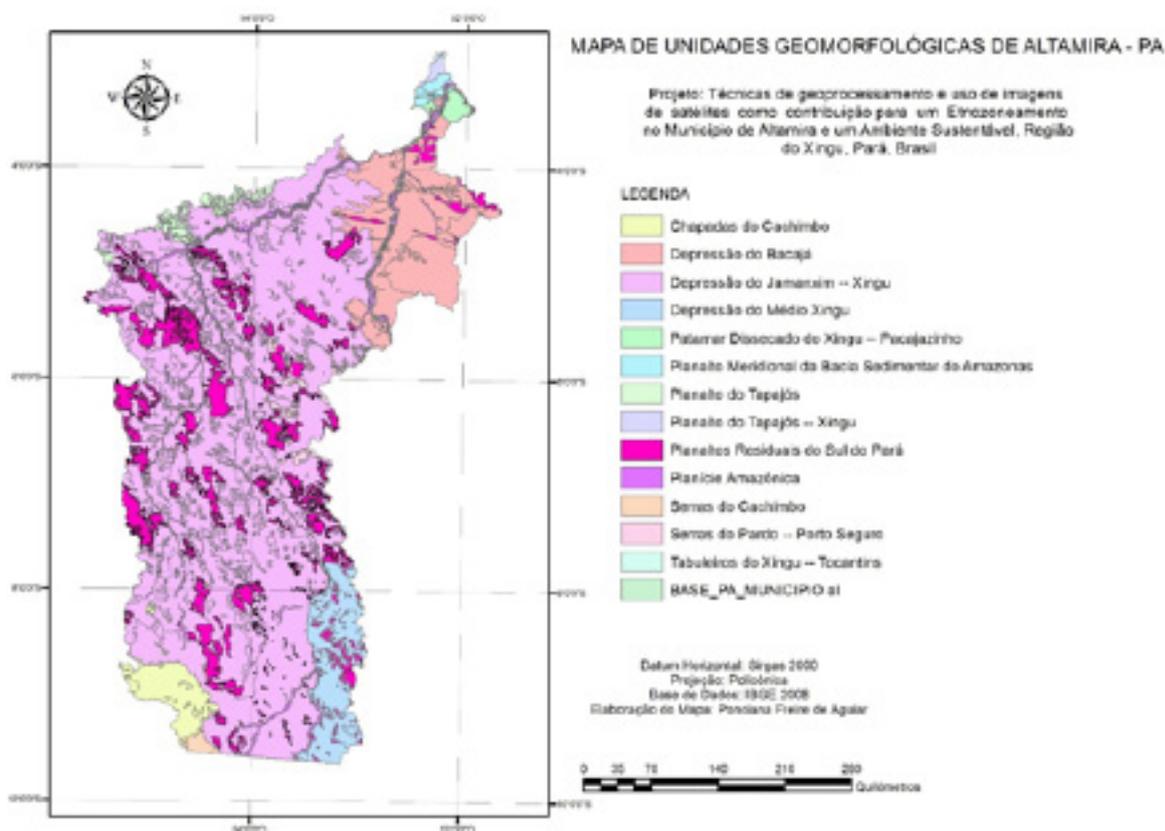
## **IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO PARA UMA ANÁLISE AMBIENTAL EM ALTAMIRA**

Os estudos de geologia e geomorfologia são essenciais para o entendimento do equilíbrio ecossistêmico das localidades, pela especificidade morfoestrutural de cada local (RODRIGUEZ; SILVA, 2013) onde o enfoque sistêmico e a cartografia na questão ambiental permitem gerar tomadas de decisões fundamentais para a qualidade ambiental e social nos municípios.

## Mapeamento Geomorfológico de Altamira

O Mapa de Geomorfologia do Município de Altamira (Figura 05) foi realizado com base nos dados (shapefiles) do IBGE (2008), gerado no Arcgis 10.3, com a base cartográfica na escala 1: 250.000, onde observa-se uma grande variedade de formas em toda a área, baseado no Mapa de Geomorfologia do Pará do IBGE (2008), que dispõe dos aspectos geomorfológicos juntamente com a descrição de suas unidades com base nos domínios morfoestruturais e unidades geomorfológicas, bem como os seus modelados e sua caracterização. Estes aspectos são fundamentais em descrições geomorfológicas sendo muito úteis no entendimento das formas e suas análises para Estudos de Impactos Ambientais que requerem o conhecimento das formas para análises de riscos.

Figura 05. Mapa de Unidade Geomorfológicas de Altamira - PA



Fonte: Elaborado pelo autor com base de Dados do IBGE, 2008.

A descrição geomorfológica abaixo descreve aspectos principais das três regiões morfoestruturais os Crátons Neoproterozóicos, as Bacias e coberturas sedimentares Fanerozóicas, e os Depósitos sedimentares quaternários, suas unidades e subunidades geomorfológicas, que foi baseada principalmente em dados do IBGE (Fonte: Mapa de Geomorfologia do Estado do Pará do IBGE, 2008):

## **Crátons Neoproterozóicos**

### ***Depressão do Médio Xingu***

A Depressão do Médio Xingu possui um Modelado de dissecação (com dissecação Diferencial Tabular – Dt) marcada por controle estrutural evidente, e densidade controlados pela tectônica e pela litologia, com um conjunto de formas de relevo tabulares, conformando feições de rampas suavemente inclinadas e de lombadas, esculpida em rochas sedimentares e cristalinas, são os vales rasos, com vertentes de baixa a média declividade, variando suas formas de aprofundamento das incisões e da densidade da drenagem (IBGE, 2008).

### ***Depressão do Bacajá***

A Depressão do Bacajá (Dissecação Diferencial Tabular - Dt) é considerada a Depressão do Medio Xingu, que possui Dissecação Diferencial Colinoso, parte norte do município, com controle estrutural evidente, com formas de topo e aprofundamento das incisões, com padrão de drenagem, e controle tectônico, com topos convexos, esculpidos em diferentes tipos de rochas. São vales pouco profundos, vertentes de declividade mediana a suave, em sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem (IBGE, 2008).

Exibe também um *Modelado de dissecação (Dissecação Diferencial Colinoso - Dc)* marcada por controle estrutural evidente, e mesmas formas de topo e padrão de drenagem. Além do *Modelado de dissecação (Dissecação Diferencial Aguçado - Da)* cuja interpretação rochas metassedimentares e cristalinas modeladas por formas de relevo de topos estreitos e alongados, com controle estrutural, e vales encaixados (Figura 04). Os topos de aparência aguçada resultam de interceptação de vertentes de alta declividade, entalhadas por sulcos e ravinas (IBGE, 2008).

### ***Depressão do Jamanxim - Xingu***

A Depressão do Jamanxim – Xingu possui uma *Dissecação Diferencial Colinoso (Dc21)*, maior área, marcada pelo controle estrutural evidente, com variáveis formas de topo e o mesmo padrão de drenagem esculpidas em diferentes tipos de rochas. São definidas por vales pouco profundos, com vertentes de declividade mediana a suave, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem, e uma densidade da drenagem grosseira (IBGE, 2008).

Na parte sul da região do Jamanxin *Dissecação Diferencial Colinoso (Dc31)* em latitudes abaixo de 8°S as características de dissecação e forma se assemelham às de cima, mas com aprofundamento das incisões muito fraco e uma densidade da drenagem média.

Enquanto ao norte da nascente principal do rio Iri e subindo para o norte entrando no Planalto do Tapajós observam-se *Dissecação Diferencial Tabular (Dt11)* marcada por controle estrutural evidente, e formas de topo tabulares, feições de rampas suavemente inclinadas e de lombadas, em rochas sedimentares e cristalinas. São por vales rasos, com vertentes de baixa a média declividade, gerada dissecação atuando sobre superfície de aplainamento, de incisões muito fracas e densidade drenagem muito grosseira (IBGE, 2008).

### **Planalto do Tapajós**

Possui uma *Dissecação Diferencial Colinoso (Dc33)*, ao norte do rio Iriri e entre este e o rio Xingu, com mesmo controle estrutural evidente, com formas de topos convexos, esculpidas tipos de rochas variáveis, em por vales pouco profundos, declividade mediana a suave, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem, com uma densidade da drenagem média (IBGE, 2008).

### **Chapadas do Cachimbo**

Possui um *Modelado de Aplainamento (Pgi)* com Área de Pediplano degradado inundado e superfície de aplainamento parcialmente conservada, ou levemente dissecada, escarpas a separam de outros modelados de aplainamento e dissecação, sendo inundada por coberturas detríticas e/ou de alteração, de couraças e/ou latossolos (IBGE, 2008).

### **Serras do Cachimbo**

Tem um *Modelado de Dissecação (Dc3)* ao sul rio Xingu, marcada por controle estrutural evidente, com padrão de drenagem controlado pela tectônica, tendo formas de topos convexos, em rochas diferenciadas, em vales pouco profundos, e desnível mediano a suave, em forma de sulcos e nascentes primeira ordem, com densidade e aprofundamento do relevo médias (IBGE, 2008).

### **Serras do Pardo – Porto Seguro**

Possui um *Modelado de Aplainamento (Pgu)* com pediplano degradado desnudado, e uma superfície de aplainamento parcialmente conservada, perdendo continuidade em decorrência do sistema morfogenético, dissecada e separada por escarpas e ressaltos, além de outros modelados de sistema subsequente, desnudada por exumação de camada sedimentar ou retirada de cobertura preexistente (IBGE, 2008).

### **Planalto Tapajós – Xingu**

No Planalto do Tapajós – Xingu existe uma *Dissecação Diferencial Tabular (Dt 32)* ao norte da sede de Altamira, que tem controle estrutural evidente, padrão de drenagem controlados pela tectônica, formas de topos tabulares, e feições de rampas e lombadas, com caimento suave, sobre as rochas sedimentares e cristalinas. Os vales também são rasos, e vertentes de baixa a média declividade, esculpidos pelos processos de dissecação, superfície de aplainamento e densidade da drenagem média (IBGE, 2008).

## **Bacias e coberturas sedimentares Fanerozóicas**

### **Planalto Meridional da Bacia do Rio Amazonas**

Ao norte da sede de Altamira observam-se *Dissecação Diferencial Tabular (Dt 42)*, com aprofundamento das incisões, padrão de drenagem e densidade alinhados a tectônica e

litologia, relevos tabulares, conformando com feições suaves, da geologia sedimentar e cristalina, em controle estrutural. Também possui vales rasos e vertentes de declividade baixa a média, em superfície de aplainamento (IBGE, 2008).

## Depósitos sedimentares quaternários

### Planície Amazônica

A Planície Amazônica abrange as unidades dos modelados de acumulação, que incluem os depósitos e margens dos rios principais como o Rio Xingu e o Rio Iriri: *Planície Fluvial (Af)* tem um modelado de acumulação fluvial de recentes várzea, aperiódicas inundações com no seu relevo plano, deposições aluviais formam os vales do Holoceno; e a *Planície e Terraço Fluvial (Aptf)* possui um modelado semelhante ao da fluvial, áreas inundadas periodicamente ou permanentemente, e planas, comportando localmente cordões arenosos e meandros abandonados, intercalada por ruptura de declive em patamar mais elevado (IBGE, 2008).

A planície fluvial do rio Xingu é intercala por áreas rochosas e na região da Volta Grande do Xingu (Figura 06), comumente conhecida por pedrais ocorrem muitas dessas feições com planícies arenosas intercaladas por rochas, formando um ambiente bem específico.

Figura 06. a) Planície fluvial do rio Xingu; e b) área dos pedrais na região Volta Grande do Xingu



Fonte: Carvalho, 2012.

Além de deposição sedimentar temporários ou permanentes que podem originar de praias fluviais, são praias insulares fluviais inundáveis constituem depósitos de canais (DE PAULA et. al., 2014a) que surgem no período de vazante dos rios e localizam-se no entorno das ilhas fluviais, e formam planícies insulares cobertas por vegetação arbórea de várzea.

Os Tabuleiros do Xingu formam uma área com feições de topos tabulares recortadas por interflúvios, gerados por processos aluvionares.

No Mapa de Hipsométrico do terreno do município de Altamira (Figura 07), nota-se que a região de menor altitude do rio Xingu localiza-se próximo a sede municipal, e também do ponto onde foi instalado o lago e a barragem principal.

Com relação à construção de Modelos Digitais de Elevação - MDE em um estudo numa área de relevo montanhoso na Serra dos Carajás (GROHMANN, 2008) foi constatado que atendem à aos requisitos do PEC apenas os modelos SRTM e ASTER. Já em uma em uma área de relevo suave na Floresta Nacional do Tapajós para cartas Classe A, em escala 1:100.000 “a acurácia altimétrica dos modelos SRTM (3 segundos de resolução) e RADARSAT-1 (modo Fine) enquadra-se aos requisitos”. Quanto a dados ASTER mesmo tendo desempenho superior existe dificuldade tanto de custo na coleta de pontos de controle para gerar os modelos ASTER-DEM, como em obter imagens sem nuvens, sendo sugerido o uso de SRTM muito útil em mapeamentos topográficos de semidetelhes na Amazônia, sendo uma fonte primária de dados de elevação.

O uso de imagens SRTM na geração de Modelos Digitais de Elevação MDE relata que existem técnicas de correção para contornar problemas como o de resolução, como o uso de filtragem. A autora cita dois métodos como as interpolações linear (que realça feições de alta frequência) e krigagem (causa redução das feições de alta frequência) (FLORENZANO, 2008). Segundo Longley et al. (2005) as imagens Shuttle permitem análises de alta qualidade pela geração de imagens simuladas, muito usadas em modelos de elevação.

Além disso, um mapa hipsométrico (Figura 07) como este da atual pesquisa elaborado para o município de Altamira a partir de dados da missão Shuttle é muito utilizado em mapeamentos de EIA/RIMA, devido a sua importância para a geração de mapas de declividade em média escala, para servir de base para outros estudo, monitorar as mudanças e gerar mapas de cenários das possíveis variações morfológicas.

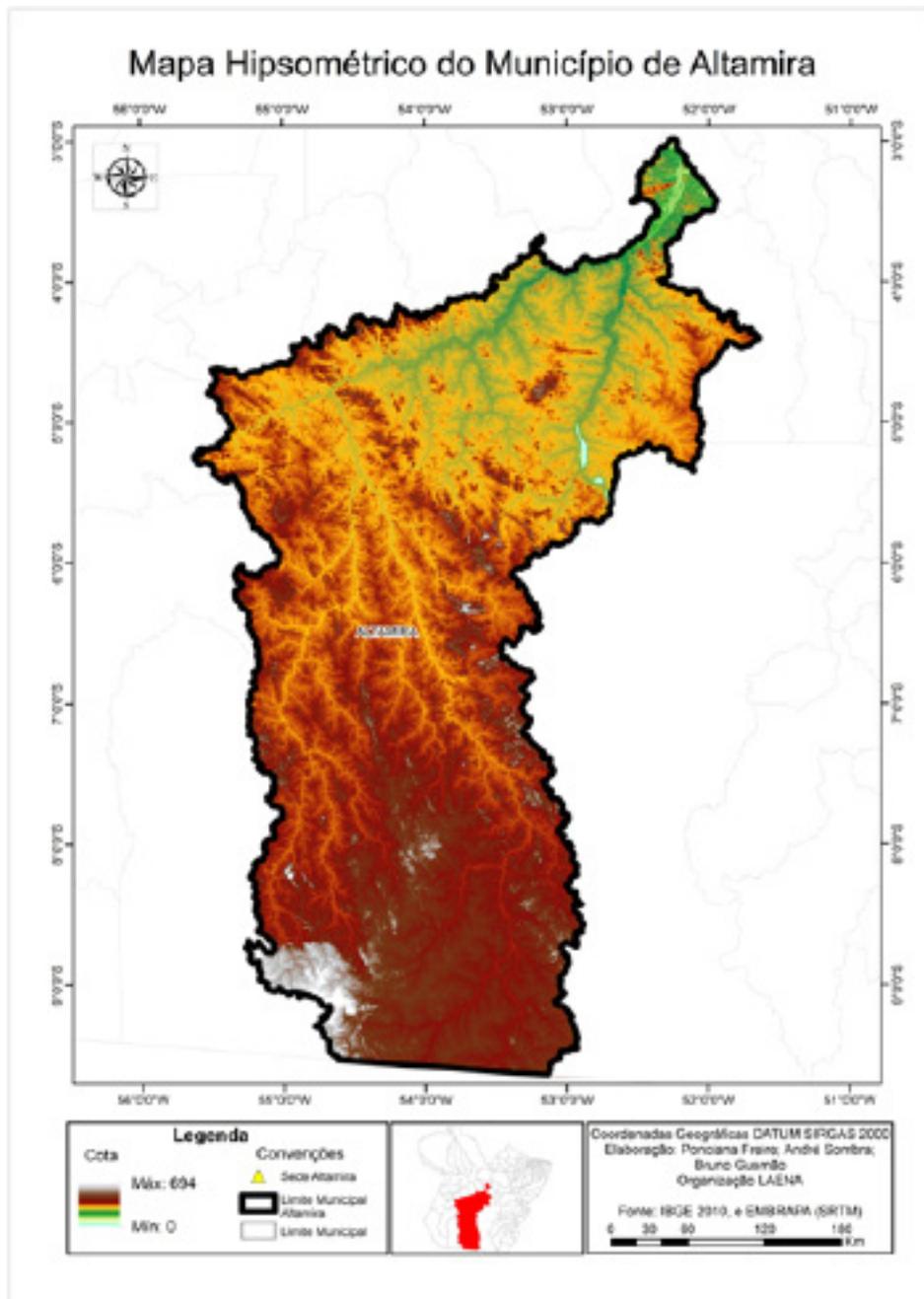
No recorte de imagem do RadarSat de 2008 com resolução espacial de 6 metros como o exemplo abaixo (Figura 08) do rio Iriri em Altamira pode-se observar a utilidade de se trabalhar com estas imagens de alta resolução espacial, ao qual possibilita identificar facilmente as áreas alagadas, interferências atmosféricas são reduzidas, além de diferenciar as áreas de relevo acidentados como as abaixo do rio, e as planícies entre o rio e acima deste. Além de possibilitar uma ótima análise em detalhes por geração de modelos de elevação a partir destas imagens, sugerindo-se o uso destas.

Segundo Longley et al. (2005) as imagens do RadarSat possuem resolução espacial nominal entre cerca de 10 a 100m, onde as de maior resolução espacial, como as de 6 metros, possibilitam análises também de infraestruturas em áreas urbanas e atributos socioeconômicos.

Assim, uma boa caracterização geomorfológica com identificação das unidades morfoestruturais, bem como unidades morfológicas, são exemplos de parte dos estudos que podem ser realizados na compreensão das formas de relevo, e essenciais em estudos ambientais, servindo como modelo para estudos em média escala. O mapa clinográfico de Altamira abaixo (Figura 09) do EIA de 2009 da Eletronorte (2012) em escala de detalhe, foi útil para se prever parte dos alagamentos na época da construção da barragem principal de Belo Monte, e possíveis impactos, ao qual depois necessitou de novos detalhamentos.

Outro aspecto, é o relacionado aos parâmetros de estudos para a construção de usinas hidrelétricas já observados por cientistas, ao qual o autor critica o EIA de 2009 de Belo Monte pela falta de detalhes, pois “os parâmetros da geomorfologia fluvial são indispensáveis para uma avaliação coerente que subsidie decisões mais acertadas” (SILVA, 2016).

Figura 07. Mapa Hipsométrico de Altamira



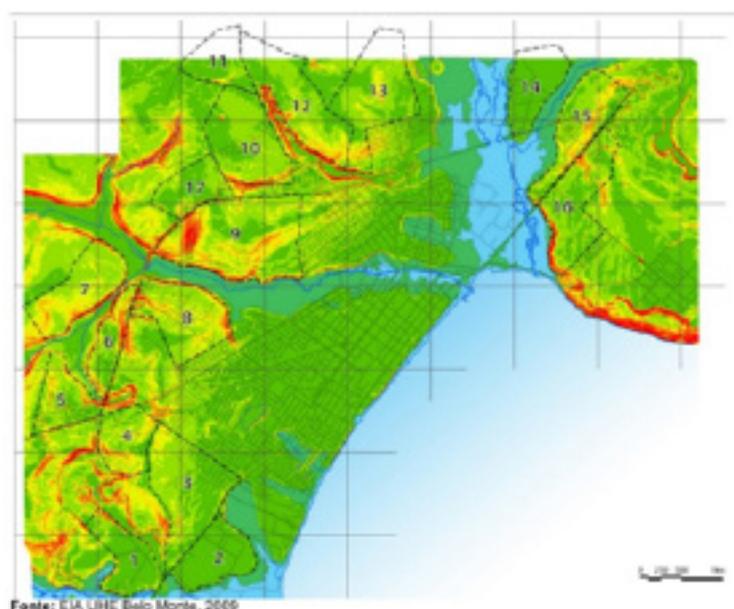
Fonte: Elaborado pelos autores em 2017.

Figura 08. Recorte de imagem do RadarSat de 2008 com resolução espacial de 6 metros, cedidas pelo SIPAM



Fonte: SIPAM, 2016.

Figura 09. Mapa Clinográfico de Altamira



Fonte: Belo Monte, 2009, In: Plano Básico Ambiental/Eletronorte, 2012.

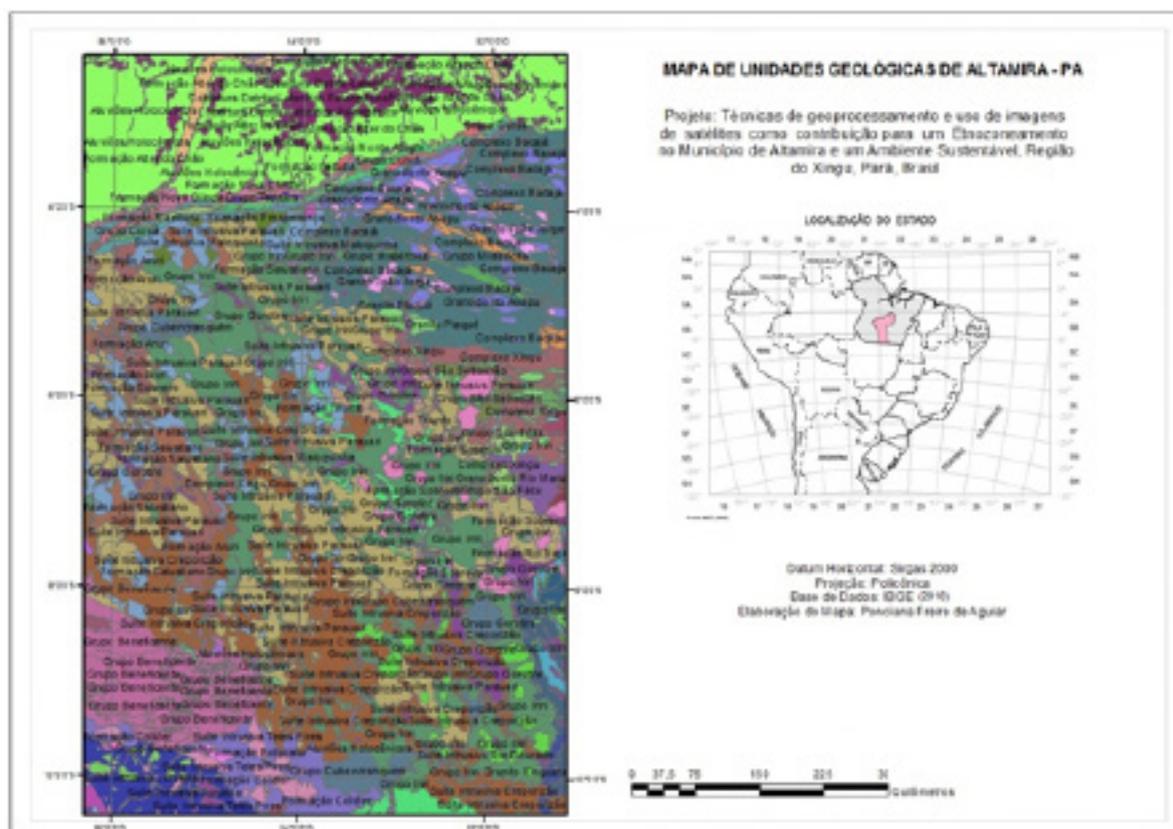
Assim, nota-se que o detalhamento de estudos geomorfológicos é fundamental para o conhecimento da integração de dados para a geração de riscos ambientais, e o qual se tivesse sido realizado em detalhes antes da construção de Belo Monte, muitos transtornos sociais e impactos ambientais como enchentes em área ribeirinhas não previstos teriam sido evitados.

### **Aspectos geológicos e sua importância para a gestão ambiental**

A geologia e a geomorfologia interagem e se complementam em grande parte dos estudos para a compreensão dos ambientes, sendo uma área do conhecimento que está sempre em alta, por ser essencial no conhecimento do equilíbrio do planeta, bem como na exploração dos recursos minerais.

O Mapa de Unidades Geológicas do Município de Altamira (Figura 12) foi realizado em média escala a partir do uso da base de dados (shapefiles) do IBGE de 2010, sendo apresentando apenas para análise de sua importância, para os estudos geomorfológicos e de riscos ambientais para o município. Pelo mapa nota-se a existência de uma diversidade geológica em toda a área, o que demonstra a necessidade de se analisar cada uma destas com mais detalhes, principalmente para a realização de um estudo de impactos ambientais, como os já realizados por obras na região, o que remete uma análise de riscos podendo servir como base para uma previsão dos possíveis impactos de uma região.

Figura 12. Mapa de Unidades Geológicas do Município de Altamira, Pará



Fonte: Elaborado pelo autor em 2019.

Assim, com relação a Geologia e Geomorfologia no RIMA (2009) foi apresentado o “Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e de Processos Erosivos”, que faz parte do “Plano de Acompanhamento Geológico/ Geotécnico e de Recursos Minerais”; o “Programa de Monitoramento dos Igarapés Interceptados pelos Diques e do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água”, incluídos no “Plano de Gestão de Recursos Hídricos”; o “Programa de Conservação e Manejo de Habitats Aquáticos”, que faz parte do “Plano de Conservação dos Ecossistemas Aquáticos”. No entanto, o Painel de Especialistas critica o RIMA pois o relatório já deveria ter apresentado os mapas geológicos detalhados de toda a área de influência, já que os mapas de geologia e geomorfologia de toda a área de influência do AHE Belo Monte, seriam fundamentais na previsão de riscos, podendo ter sido realizado com detalhes os áreas dos 11 municípios afetados, se analisarmos a quantidade de tempo do início dos estudos para a obra, incluindo-se ainda mapas de riscos, etc., o que teria dado um relatório mais apto de aprovação.

No RIMA apenas observou-se “O Plano de Acompanhamento Geológico/Geotécnico e de Recursos Minerais na Etapa de Construção, para controle e monitoramento do Meio Físico necessárias para evitar desmoronamentos e erosões em todas as áreas onde serão feitas as obras do AHE Belo Monte” (RIMA, 2009).

Uma caracterização geológica adequada exige termos técnicos adequados, descrições mais detalhadas, importantes tanto no reconhecimento geológico da área, como também para vistas e compreensão de quem buscar o EIA/RIMA para a sua análise.

Outros aspectos foram previstos por autores como a degradação da geologia da área e a existência da Província Espeleológica Altamira-Itaituba, segundo Freire (2014) “os sistemas cársticos estão na área de influência da usina, uma vez que algumas cavernas encontram-se sujeitas à inundação após o enchimento do reservatório” ocorrerá degradação. Além disso, com o aumento dos desmatamentos as margens do rio e a “remoção de estruturas geológicas na área do represamento, ocorre a desconstrução da estrutura geomorfológica do canal fluvial, uma vez que novas ilhas fluviais surjam e outras desapareçam”.

Um outro problema sobre esse povo é a questão da mineração que altamente degradadora ambientalmente, e pode gerar muitos impactos negativos em termos sociais.

Segundo (CARVALHO, 2012):

“Belo Sun mineração está explorando o ouro ao longo das faixas mineralizadas principais do Norte do Brasil, região que ostenta uma vasta riqueza mineral e uma vibrante indústria de mineração moderna. O Brasil é o lar de uma indústria de mineração de classe mundial, com potencial de exploração notável. O Brasil também tem um clima político favorável, com um código de mineração recentemente modernizada e, apesar de sua geologia excelente, permanece em grande parte pouco explorada” (CARVALHO, 2012).

O Mapa Geológico do Projeto Volta Grande do Xingu da figura abaixo (Figura 12) apresenta esse grande potencial de ocorrência de ouro na região, onde observam-se vários pontos ideais para a extração das pepitas de ouro, o que tem atraído muito interesse econômico para a área (CARVALHO, 2012).

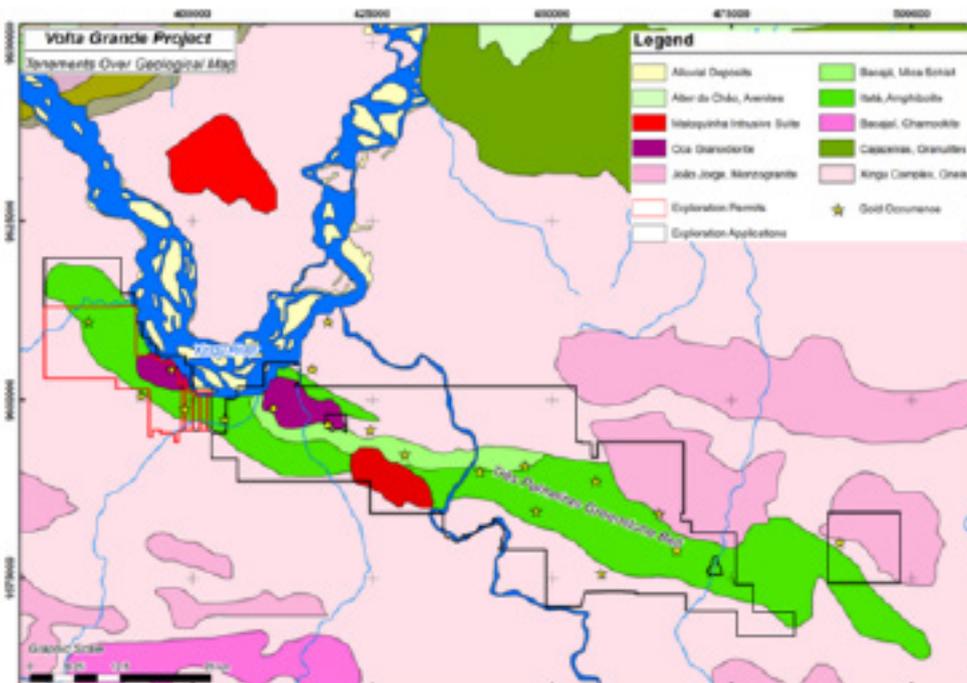
No entanto, essa atividade é muito impactante tanto para os recursos naturais como para o meio social, além de não gerar muito emprego, não traz muita renda para as comunidades como um todo, somente para a grande indústria e para a estatística numérica do PIB do país. Na foto abaixo (Figura 13) se vê pessoas em atividade mineradora de forma degradante na Grotta Seca Ilha da Ressaca no Rio Xingu.

Assim, o poder público junto a SEMAS, além de ONG's e movimentos sociais, devem monitorar essas atividades e seus impactos sobre o ambiental e o social, no intuito de conservar os recursos naturais e os ambientes sempre saudáveis, legalmente sustentáveis, pois sempre esta será a melhor opção, que seja ecologicamente e socialmente corretas e o melhor também em termos de biodiversidade.

Os primeiros estudos para a implantação da Usina Belo Monte (Figura 14) começaram em 1975, no intuito de atender cerca de 60 milhões no país Brasil, dados da Aneel, equivalente à população da Itália (G1/PA/REDE GLOBO, 2019). Atualmente a área alagada é de 478 km<sup>2</sup>. E a Agência Nacional de Energia Elétrica, autorizou em novembro de 2019), a operação

comercial da 18ª e última turbina, localizada no rio Xingu, no Pará. E a Aneel anunciou que o contrato de Belo Monte, arrematada em leilão pelo pela Norte Energia em 2010, iniciada em agosto de 2010, será de 35 anos de funcionamento.

Figura 12. Mapa Geológico do Projeto Volta Grande do Xingu



Fonte: Carvalho, 2012.

Figura 13. Atividade mineradora de forma degradante na Grota Seca Ilha da Ressaca no Rio Xingu



Fonte: Carvalho, 2012.

Figura 14. Barragem principal da Usina Belo Monte no município de Altamira



Fonte: G1/PA/Rede Globo, 2019.

Todos os reservatórios da usina Belo Monte localizam-se entre os municípios de Altamira, Brasil Novo e Vitória do Xingu, no entanto, a abrangência de sua área atinge até a municípios como Anapu e Senador José Porfírio (Fonte: G1/PA/REDE GLOBO, 2019).

Portanto, é fundamental o conhecimento detalhado tanto da geomorfologia com o da geologia no município de Altamira, para o monitoramento dos riscos, para um melhor planejamento público, e uma melhor qualidade socioambiental da área.

## CONCLUSÕES

As unidades geomorfológicas do Município de Altamira, com base nos domínios morfoestruturais observados no mapa de geomorfologia, permitiram nos dar uma boa acurácia para tratamento de dados morfológicos em média escala de mapeamento, assim como os mapas de hidrografia e de geologia da área de pesquisa.

Para os estudos em escala de detalhes são necessários descrições e mapeamentos mais detalhados, no entanto, os mapas de hidrografia, o mapa de geomorfologia e de geologia podem servir como base para estudos mais detalhados na região e em outras áreas, além disso os estudos de detalhes necessitam de perfis topográficos realizados in locu.

A base de dados do IBGE têm sido bastante difundida e útil na realização e análise físico-ambientais, no entanto, existe ainda uma necessidade de atualização desses dados para download, propiciando uma base cartográfica melhor para os usuários, e caracterizações e estudos geológico-geomorfológicos de forma mais adequada para a gestão pública em Altamira e para estudos no país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA NETO, R. P. *Gestão ambiental no município de Altamira: desafios e perspectivas*/ Orientadora, Prof<sup>a</sup>. M Sc. Maristela Marques da Silva. TCC Altamira: UFPA, 2009. p 56.

BRASIL, *Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas - PNGATI*. 2012. Decreto Nº 7.747, de 5 de junho de 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/decreto/d7747.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7747.htm). Acessado em: 01 de fevereiro de 2017.

CARVALHO, M./GARIMPEIROS AMADORES. Garimpeiros e Geólogos Amadores. *Relatório traduzido: Muito ouro e diamantes na Volta Grande do Xingu*. 2012. Marco Carvalho (Tradutor). Disponível em: <https://garimpeirosamadores.blogspot.com.br/2012/11/muito-ouro-e-diamantes-na-volta-grande.html>. Acesso em: agosto de 2016.

DE PAULA, E.M.S.; GORAYEB, A.; DE PAULA, J.M.O. Mapeamento de feições geomorfológicas submersas no Rio Xingu - Amazônia Oriental. *Revista Geonorte*, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.190-196, 2014a.

DE PAULA, E.M.S.; SILVA, E.V.; GORAYEB, A.2. Percepção ambiental e dinâmica geoecológica: premissas para o planejamento e gestão ambiental. *Revista Soc. & Nat.*, Uberlândia, 26 (3): 511-518, set/dez/2014, 2014b.

DIVISÃO DE CARTOGRAFIA. *Rio Xingu em 1802 e 1884*. (Acervo digital da Divisão de Cartografia). Disponível em: [http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo\\_digital/div\\_cartografia/cart514915/cart514915](http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_cartografia/cart514915/cart514915). Acessado em: 10 de janeiro de 2017.

FLORENZANO, T. G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p.318.

FONTES, F. *Barragem de Belo Monte agravou seca na Volta Grande do Xingu no Pará*. 2017. Disponível em: <http://amazoniareal.com.br/barragem-de-belo-monte-agravou-seca-na-volta-grande-do-xingu-no-para/>. Acessado em: out/2017.

FREIRE, L.M. Impactos ambientais no rio Xingu diante da implantação da usina hidrelétrica de belo monte no estado do Pará: subsídios para o planejamento ambiental. *Revista Geonorte*, Edição Especial 4, V.10, N.1. 2014. p.490-493.

GROHMANN, C.H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S.S. APLICAÇÕES DOS MODELOS DE ELEVAÇÃO SRTM EM GEOMORFOLOGIA. *Rev. Geogr. acadêmica* v.2 n.2 (viii.2008) 73-83.

IBGE. *Geociências/Download*. Ministério do Meio Ambiente/IBGE. 2010.

IBGE. *Área de Cadastro Ambiental Rural, Município de Altamira*. Ministério do Meio Ambiente/IBGE. 2014.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL - ISA. *Povos indígenas*. 2016. Disponível em: <https://www.socioambiental.org>. Acessado em: 09 de janeiro de 2017.

LONGLEY, P.A.; GOODCHILD, M.F; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. *Geographical Information Systems and Science*. John Wiley & Sons Ltd/British Library Cataloguing in Publication Data British Library/ISBN 0-470-87000-1 (HB); ISBN 0-470-87001-X (PB). 2ed. 2005. p, 517.

MAGALHÃES, S.M.S.B.; HERNANDEZ, F.del M. PAINEL DE ESPECIALISTAS; /In. PAINEL DE ESPECIALISTAS: *Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte*. Organizado por Sônia Maria Simões Barbosa Magalhães Santos e Francisco del Moral Hernandez (org.). Autores: ACSELRAD H., ...; Belém-PA, 29 de outubro de 2009. p. 230.

MAGALHÃES, S.; MARIN, R. A.; CASTRO, E. *Análise de situações e dados sociais, econômicos e culturais* /In. PAINEL DE ESPECIALISTAS: *Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte*. Organizado por Sônia Maria Simões Barbosa Magalhães Santos e Francisco del Moral Hernandez (org.). Autores: ACSELRAD H., ...; Belém-PA, 29 de outubro de 2009. p.23-35.

MEDEIROS, José Simeão de; CÂMARA, Gilberto. Geoprocessamento para projetos ambientais. *Artigo do INPE*, disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais>> acesso em: 09/10/2015.

MOLINA, J. *Questões hidrológicas no EIA Belo Monte*/In. PAINEL DE ESPECIALISTAS: *Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte*. Organizado por Sônia Maria Simões Barbosa Magalhães Santos e Francisco del Moral Hernandez (org.). Autores: ACSELRAD H., ...; Belém-PA, 29 de outubro de 2009. p.95-106.

NASCIMENTO, S. M. do; CASTRO, E.M.R. de. *Processo de licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte – ilegalidades e conflitos*. Em: (Almeida, Oriana Trindade de, Silvio Lima Figueiredo, Saint-Clair Cordeiro da Trindade Jr. – Organizadores). *Desenvolvimento & Sustentabilidade*. Belém: NAEA, 2012. 348p. p. 83-101.

NORTE ENERGIA/Eletronorte. *Plano Básico Ambiental PBA*, 2012. p.211.

REDE GLOBO. Rede Globo *Infográfico Expedição Xingu*. Por Bianca Mueller. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/250794272970938678/> In: [www.redeglobo.com.br](http://www.redeglobo.com.br). Acessado em: 10 de janeiro de 2017.

REDE GLOBO – G1. *Mineradora de ouro as margens do rio Xingu pode causar danos ao ambiente*. Disponível em: <https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2016/06/mineradora-de-ouro-margens-do-rio-xingu-pode-causar-danos-ao-ambiente.html>. Acessado em: 10 de outubro de 2017.

RIMA. *Relatório de Impacto Ambiental - RIMA AHE Belo Monte*. ELETROBRÁS/Ministério de Minas e Energia/Governo Federal. 2009. p.196.

RODRIGUEZ, J. M.M.; SILVA, E.V.da; CAVALCANTI, A.P.B. *Geoecologia de Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. 3 ed. Fortaleza: Edições UFC. 2010. p.222.

RODRIGUEZ, J. M.M.; SILVA, E.V.da. *Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: problemática, tendências e desafios*. 3 ed. Fortaleza: Expressão Gráfica. 2013. p.244.

SANTOS, N. G. F. M. *Normas para taxa de exploração de recursos hídricos. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade*. Disponível em: [http://www.agenciapara.com.br/noticia.asp?id\\_ver=112647](http://www.agenciapara.com.br/noticia.asp?id_ver=112647). Acesso em: agosto de 2015.

SEMAS. *Municípios que exercem gestão ambiental*. 2014. Disponível em: <http://www.semas.pa.gov.br/> 2014. Acesso em: ago/2015.

SEMAS. *Recursos Hídricos*. Disponível em: <http://www.semas.pa.gov.br/diretorias/recursos-hidricos/> Acesso em: jan/2017.

SILVA, C.N. da. *A representação espacial e a linguagem cartográfica*. Belém: GAPTA/UFPA, 2013. p.182.

SILVA, J. de P. *A construção de grandes empreendimentos hidrelétricos no Brasil: conflitos socioambientais na área de construção da Usina Belo Monte, Altamira-PA*. XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. *A construção do Brasil: geografia, ação política e democracia*. São Luiz: julho de 2016. ISBN 978-85-99907-07-8. 2016.

SLATER P. N. *Remote sensing optics and optical systems*. Massachusetts: Addison- Wesley Publishing Company, 1980. P. 575.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. IBGE: Rio de Janeiro. 1977.

REDE GLOBO – G1/PA. *Aneel autoriza operação da última turbina da usina hidrelétrica de Belo Monte, no PA*. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2019/11/19/aneel-autoriza-operacao-da-ultima-turbina-da-usina-hidreletrica-de-belo-monte-no-pa.ghtml>. Acesso em dezembro de 2019.

UMBUZEIRO, A. U. B.; UMBUZEIRO, U. M. *Altamira e sua história*. 4ed. Belém: Ponto Press, 2012. 382p.

L