



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

EDER MILENO SILVA DE PAULA

**PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA:
GEOECOLOGIA DO TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU**

**FORTALEZA
2017**

EDER MILENO SILVA DE PAULA

PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO TABULEIRO DO
EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Geografia, área de concentração Dinâmica Ambiental e Territorial.

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb
Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

FORTALEZA
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- D32p De Paula, Eder Mileno Silva.
Paisagem Fluvial Amazônica : Geoecologia do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu /
Eder Mileno Silva De Paula. – 2017.
157 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de
Pós-Graduação em Geografia , Fortaleza, 2017.
Orientação: Profa. Dra. Adryane Gorayeb.
Coorientação: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva.
1. Planejamento Ambiental. 2. Belo Monte. 3. Hidrelétrica. 4. Geomorfologia Fluvial. I.
Título.

CDD 910

EDER MILENO SILVA DE PAULA

PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA:
GEOECOLOGIA DO TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Geografia, área de concentração Dinâmica Ambiental e Territorial.

Aprovada em 13 de junho de 2017

BANCA EXAMINADORA

Adryane Gorayeb Nogueira Caetano
Orientadora

Rubson Pinheiro Maia
Examinador Interno

Luci Cajueiro Carneiro Pereira
Examinadora Externa a Instituição

Edson Vicente da Silva
Examinador Interno

Antonio Jeovah de Andrade Meireles
Examinador Interno

Christian Brannstrom
Examinador Interno

À minha querida mãe,
Maria Amélia da Silva

Aprendemos do lugar
vivendo-o e percebendo suas cores e músicas.
Edson Vicente da Silva (Prof. Cacau)

RESUMO

É essencial planejar as atividades modificadoras da paisagem promovidas pela sociedade, organizando intervenções sustentáveis dentro dos limites e potencialidades do ambiente. Para tanto, é de grande relevância entender o comportamento funcional e evolutivo das paisagens, pois possibilita visualizar cenários tendenciais, corroborando com o planejamento e gestão ambientalmente sustentável. A área de estudo é uma paisagem fluvial conhecida localmente como Tabuleiro do Embaubal, em trecho do baixo rio Xingu que se constitui uma foz afogada, e tem seus usos e ocupações correlacionados aos avanços ocupacionais da floresta amazônica, perpassando pelas iniciativas da Companhia de Jesus dos padres Jesuítas e ao recente Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal brasileiro. A produção de energia, através de usinas hidrelétricas, surge como o novo desafio para o entendimento da paisagem do baixo rio Xingu, que, com a instalação da Usina de Belo Monte à montante do arquipélago, modificará o fluxo de energia e matéria da paisagem fluvial, com consequentes mudanças na dinâmica geoecológica regional e local. A pesquisa analisou, a geoecologia do Tabuleiro do Embaubal, com o intuito de subsidiar o planejamento e a gestão ambiental de paisagens fluviais amazônicas. Sendo que a construção, análise e discussão dos resultados foram norteadas pela metodologia geossitêmica, difundida no Brasil por Tricart (1977), Souza (1981; 1998; 2000), Silva (1998), Ross (2006), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) e Rodriguez e Silva (2013). As análises foram construídas a nível regional e tipológico por ter metodologia integrativa e holística dos componentes da paisagem, com análises da estrutura horizontal e vertical, funcionamento, evolução geoecológica, ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental, as quais permitiram compreender a tendência geoecológica do Tabuleiro do Embaubal, e subsidiar proposições para o plano de manejo das Unidades de Conservação Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souza e o Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal.

Palavras-chaves: Rio Xingu. Belo Monte. Hidrelétrica. Geomorfologia Fluvial.

ABSTRACT

It is essential to plan the landscape-modifying activities promoted by society, organizing sustainable interventions within the limits and potential of the environment. Therefore, it is of great relevance to understanding the functional and evolutionary behavior of the landscapes, as it allows visualizing tendential scenarios, corroborating with the environmentally sustainable planning and management. The study area is a fluvial landscape known locally as “Tabuleiro do Embaubal”, in a section of the lower Xingu River that constitutes a drowned mouth, and has its uses and occupations correlated with the occupational advances of the Amazonian forest, permeating the initiatives of the Company of Jesus of Jesuit priests and the recent Growth Acceleration Program (PAC) of the Brazilian Federal Government. The production of energy through hydroelectric plants appears as the new challenge to understand the landscape of the lower Xingu River, which with the installation of the Belo Monte Power Plant in the archipelago will modify the flow of energy and matter of the river landscape, with consequent changes in regional and local geoecological dynamics. The research analyzed the geoecology of the “Tabuleiro do Embaubal” with the intention of subsidizing the planning and environmental management of Amazonian river landscapes. The construction, analysis, and discussion of the results were guided by the geostematic methodology, disseminated in Brazil by Tricart (1977), Souza (1981, 1998, 2000), Silva (1998), Ross (2006), Rodriguez, Silva and Cavalcanti (2013) and Rodriguez and Silva (2013). The analyses were constructed at a regional and typological level because they had an integrative and holistic methodology of the landscape components, with horizontal and vertical structure analysis, functioning, geoecological evolution, ecodynamics and environmental vulnerability, which allowed to understand the geoecological tendency of the “Tabuleiro do Embaubal” and to support proposals for the management plan of the Vitoria de Souzel Sustainable Development Reserve (RDS) and the Tabuleiro do Embaubal Wildlife Refuge (RVS).

Keywords: Xingu River, Belo Monte, Hydroelectric, River Geomorphology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental.	20
Figura 2 - Bandas 1 a 7 do LANDSAT 5 com contraste Equalizador de Histograma para trecho do Tabuleiro do Embaubal, baixo rio Xingu.	42
Figura 3 - Resultado da aplicação de filtro passa média baixa 3x3 com contraste em Landsat 5 para trecho do Tabuleiro do Embaubal, baixo rio Xingu.	43
Figura 4 - Perfil Geológico-Geomorfológico Esquemático do Tabuleiro do Embaubal.	86
Figura 5 - Barras Móveis do Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.	89
Figura 6 - Margem Direita da Planície de Inundação do Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.	90
Figura 7 - Margem Esquerda da Planície de Inundação do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.	91
Figura 8 - Ilustrações de Paul Marcoy retratando a Produção de Óleo com Ovos de Tartaruga por Indígenas e Padres Jesuítas.	92
Figura 9 - Espécimes de Tartarugas-da-amazônia adultas (esquerda) e logo após eclosão do ovo (direita) na Ilha do Juncal.	93
Figura 10 - Casa em Ilha do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.	96
Figura 11 - Imagens Orbitais dos Sensores MSS (1973) e TM (1986) do Landsat para o Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.	97
Figura 12 - Vegetação Pioneira Arbustiva-herbácea associada a Pastagens no Tabuleiro do Embaubal.	98
Figura 13 - Criação de Búfalos (a esquerda 'Maromba', tipo de curral suspenso) na ilha do Fé em Deus no Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.	98
Figura 14 - Vegetação Pioneira Herbáceas, Aguapé (<i>Eichhornia</i> sp.) em destaque – espécie aquática.	99
Figura 15 - Vegetação Pioneira Arbustiva, Aninga (<i>Montrichardia arborescens</i>) em destaque a direita.	100

Figura 16 - Tipos Vegetacionais – Vegetação Pioneiras Herbácea e Arbustiva de influência fluvial e Ombrófila Densa Aluvial.	100
Figura 17 - Estrutura temporária construída na Ilha do Meio para o XI Festival VitSOL promovido pela Prefeitura de Vitória do Xingu.	101
Figura 18 - Embarcações para Transporte de Carga e Passageiros na área do Tabuleiro do Embaubal.	102
Figura 19 - Praia Fluvial e Ilha Desagregada (Ao fundo) – Ilha e Praia do Juncal, Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.	106
Figura 20 - Planície de Inundação Margem Direita, Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.	107
Figura 21 - Planície de Inundação Margem Esquerda e Baixos Platôs da Transamazônica e Xingu, Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.	108
Figura 22 - Esquema Teórico da Evolução das Unidades de Paisagem do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.	119
Figura 23 - Localização das Mudanças nos Anos de 1986, 1999 e 2016 do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	120
Figura 24 - Critérios Distância de Rotas e Bordas e Núcleos utilizados na análise da Vulnerabilidade Ambiental do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	122
Figura 25 - Limite proposto pelo MMA, limites das Unidades de Conservação, Zonas de Amortecimento e da Paisagem Fluvial para o Tabuleiro do Embaubal.	133

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Pluviometria Total entre 1984 e 2014, mensurados nas Estações do INMET: Porto de Moz, Altamira, São Félix do Xingu e Canarana – Bacia do Rio Xingu.....	51
Gráfico 2 - Pluviometria Média Mensal entre 1984 e 2014, mensurados nas Estações do INMET: Porto de Moz, Altamira, São Félix do Xingu e Canarana – Bacia do Rio Xingu.....	52
Gráfico 3 - Incremento Percentual do Desflorestamento entre os Anos de 2005 e 2014 para Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.....	66
Gráfico 4 - Classes de Usos da Terra das Áreas Desflorestadas até 2010 para Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.....	70
Gráfico 5 - Pluviometria Média e Temperatura Média das Máximas, Médias e Mínimas para os meses entre 1984 a 2014, mensurados na Estação Altamira (INMET) – Baixo Rio Xingu.	81
Gráfico 6 - Cota Fluviométrica Média entre 1984 e 2014, mensurados nas Estações da ANA: Porto de Moz e Altamira – Baixo Rio Xingu.....	83
Gráfico 7 - Cota Fluviométrica Média dos meses entre 1984 e 2014, mensurados nas Estações da ANA: Porto de Moz e Altamira – Baixo Rio Xingu.....	84
Gráfico 8 - Cota Fluviométrica dos dias 06 novembro de 2015 e 06 de abril de 2016, mensurados nas Estações Porto de Moz (ANA) e UHE Belo Monte Jusante (AHE Belo Monte) – Baixo Rio Xingu.....	85
Gráfico 9 - Vazão Média dos meses entre 2007 e 2014, mensurados na Estação Altamira da ANA – Baixo Rio Xingu.....	85
Gráfico 10 - Quantidade de Partes em Classes de Tamanho das Unidades Geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.	108
Gráfico 11 - Percentual das Unidades de Paisagem e Massa de Água no Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.	110
Gráfico 12 - Quantidade, Valor e Classe de Vulnerabilidade Ambiental dos Pixeis das Unidades Geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases da Pesquisa.	34
Quadro 2 - Informação quanto a Origem, Fonte, Sistema de Projeção Cartográfica e Datum, Ano e Formato.	36
Quadro 3 - Quadro dos Valores de Importância para comparação pareada AHP.	46
Quadro 4 - Matriz de Comparação para os Critérios do Tabuleiro do Embaubal.	47
Quadro 5 - Unidades Litoestratigráficas segundo a Área, Deformação, Resistência ao Intemperismo, Porosidade e Característica da Unidade Lito-hidrogeológica da Sub-bacia do baixo Xingu.	58
Quadro 6 - Unidade de Relevo da Sub-bacia do baixo Xingu quanto a Área, Declividade e Amplitude Topográfica.	59
Quadro 7 - Tipos de Solos e Cobertura Vegetal identificados na Sub-bacia do Baixo Xingu segundo os Domínios Geomorfológicos.	63
Quadro 8 - Características Geoecológicas das Regiões da Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Emissividade para classe de Cobertura do Solo.....	40
Tabela 2 - Área de Desflorestamento e total Acumulado (km ²) para a Sub-bacia do Baixo Rio Xingu entre 2005 e 2014.	65
Tabela 3 - Categorias de Uso, por Classes de Usos e respectivas Áreas (%) na Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.....	69
Tabela 4 - Municípios contidos na Sub-bacia do Baixo Rio Xingu, quanto a Área territorial e Área na Sub-Bacia.....	71
Tabela 5 - Quantidade do Rebanho Asinino, Bovino, Bubalino, Caprino, Equino e Muar para os municípios presentes na Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.....	73
Tabela 6 - Mudanças Percentuais e por Número de Pixeis para os anos de 1986, 1999 e 2016 do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	118
Tabela 7 - Valores da Reclassificação para o tema Vulnerabilidade Ambiental (VA) dos critérios escolhidos para análise do Tabuleiro do Embaubal.	124
Tabela 8 - Pesos atribuídos aos critérios para a análise da Vulnerabilidade Ambiental (VA) do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	124
Tabela 9 - Área da Vulnerabilidade Ambiental das Unidades Geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	126
Tabela 10 - Sustentabilidade Ambiental das Unidades de Conservação do Tabuleiro do Embaubal.....	135

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Clima do Baixo Rio Xingu - Bacia Amazônica Brasileira.....	50
Mapa 2 - Unidades Litoestratigráficas do Baixo Xingu - Amazônia Centro-Oriental. .	54
Mapa 3 - Geomorfologia do Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental.....	60
Mapa 4 - Cobertura Vegetal do Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental.	64
Mapa 5 - Uso da Terra do Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental.....	68
Mapa 6 - Unidades Geoecológicas do Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental	74
Mapa 7 - Planialtimetria do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	80
Mapa 8 - Mapa de Temperatura Superficial do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.....	82
Mapa 9 - Mapa Geologia, Geomorfologia e Solos do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.	88
Mapa 10 - Uso da Terra e Cobertura Vegetal do Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.....	94
Mapa 11 - Unidades Geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu. .	105
Mapa 12 - Distribuição das Unidades Geoecológicas por Tamanho no Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	109
Mapa 13 - Funcionamento Geoecológico do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	112
Mapa 14 - Evolução Geoecológica nos Anos de 1986, 1999 e 2016 do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.	116
Mapa 15 - Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.....	125
Mapa 16 - Mapa do Funcionamento do Geofluxo Fluvial do Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental.	130

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

AHE	Aproveitamento Hidrelétrico
AHP	Análise de Processo Hierárquico
ANA	Agência Nacional das Águas
BN	Bordas-Núcleo
CPRM	Serviço Geológico Brasileiro
CV	Cobertura Vegetal
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DR	Distância de Rotas
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
EMI	Energia, Matéria e Informação
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
FUNAI	Fundação Nacional dos Índios
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEFLOR-Bio	Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
LECOS	<i>Landscape Ecology Analysis</i>
LEGAL	Linguagem Espacial para Geoprocessamento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	Índice de Diferença Normalizada da Vegetação
°C	Graus Celsius
°K	Graus Kelvin
PIB	Produto Interno Bruto
PRODES	Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RVS	Refúgio de Vida Silvestre
SA	Sustentabilidade Ambiental
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>

SEDAP	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca
SEMAS-PA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SEMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Senador José Porfírio
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TI	Terras Indígenas
UC	Unidade de Conservação
UFPA	Universidade Federal do Pará
UG	Unidades Geoecológicas
UHE	Usina Hidroelétrica
USP	Universidade de São Paulo
VA	Vulnerabilidade Ambiental
ZA	Zona de Amortecimento
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.	18
2	TEORIA E MÉTODO.	23
2.1	Referencial Teórico.	23
2.1.1	<i>Geoecologia da Paisagem: uma abordagem geossistêmica.</i>	23
2.1.2	<i>Classificação da Paisagem – o Geossistema.</i>	25
2.1.3	<i>Análise Geoecológica da Paisagem: conceitos fundamentais.</i>	26
2.1.3.1	<i>Estrutura da Paisagem.</i>	27
2.1.3.2	<i>Modificações Antrópicas da Paisagem.</i>	28
2.1.3.3	<i>Funcionamento da Paisagem.</i>	29
2.1.3.4	<i>Evolução da Paisagem.</i>	31
2.1.3.5	<i>Estabilidade e Vulnerabilidade da Paisagem.</i>	32
2.2	Metodologia.	33
2.2.1	<i>Fase Inventário e Organização.</i>	34
2.2.1.1	<i>Mapeamentos da Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.</i>	37
2.2.1.2	<i>Mapeamentos do Tabuleiro do Embaubal.</i>	39
2.2.1.2.1	<i>Temperatura de Superfície.</i>	40
2.2.1.2.2	<i>Geologia, Geomorfologia e Solos.</i>	41
2.2.1.2.3	<i>Usos da Terra e Cobertura Vegetal.</i>	43
2.2.2	<i>Fase Análise e Diagnóstico.</i>	44
2.2.2.1	<i>Unidades Geoecológicas, Funcionamento e Evolução.</i>	44
2.2.2.2	<i>Vulnerabilidade Ambiental.</i>	45
2.2.3	<i>Fase Prognóstico.</i>	47
3	CONTEXTO GEOECOLÓGICO REGIONAL DO TABULEIRO DO EMBAUBAL: SUB-BACIA DO BAIXO RIO XINGU.	48
3.1	Aspectos Climáticos no Baixo Rio Xingu.	48
3.2	Geologia: Unidades Litoestratigráficas no Baixo Rio Xingu.	52
3.3	Geomorfologia, Solos e Cobertura Vegetal no Baixo Rio Xingu.	59
3.4	Usos da Terra no Baixo Rio Xingu.	65
3.5	Unidades Geoecológicas no Baixo Rio Xingu.	73
4	COMPONENTES GEOECOLÓGICOS DO TABULEIRO DO EMBAUBAL	79
4.1	Fatores Climáticos e Hidrológicos do Tabuleiro do Embaubal.	79

4.2	Aspectos Geológico-Geomorfológico e Tipos de Solos do Tabuleiro do Embaubal.....	85
4.3	Histórico de Ocupação, Usos da Terra e Cobertura Vegetal do Tabuleiro do Embaubal.....	91
5	ANÁLISE E DIAGNÓSTICO GEOECOLÓGICO DO TABULEIRO DO EMBAUBAL.....	104
5.1	Estrutura Geoecológica do Tabuleiro do Embaubal.	104
5.2	Funcionamento Geoecológico do Tabuleiro do Embaubal e Baixo Rio Xingu.	111
5.2.1	<i>Geofluxos no Tabuleiro do Embaubal.....</i>	113
5.3	Evolução Geoecológica do Tabuleiro do Embaubal.	115
5.4	Ecodinâmica e Vulnerabilidade Ambiental do Tabuleiro do Embaubal	120
6	TENDÊNCIA GEOECOLÓGICA E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO TABULEIRO DO EMBAUBAL, BAIXO RIO XINGU.....	128
6.1	Repercussão Geoecológica diante da Exploração Hidroelétrica no Baixo Xingu.....	128
6.2	Unidades de Conservação do Tabuleiro do Embaubal: Proposições para a Sustentabilidade Ambiental.	132
6.2.1	<i>Proposições para os Planos de Manejo da RVS Tabuleiro do Embaubal e a RDS Vitória de Souzael.....</i>	136
6.2.1.1	<i>Zonas de Preservação Ambiental.</i>	136
6.2.1.2	<i>Zonas de Uso Sustentável.</i>	137
6.2.1.3	<i>Zonas de Recuperação Ambiental.</i>	139
6.2.1.4	<i>Zonas de Amortecimento.</i>	139
7	CONCLUSÕES.	141
	REFERÊNCIAS.	145
	ANEXO A - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS PARA DATAÇÕES OSL E C ¹⁴ , E IDADES OBTIDAS.....	158

1 INTRODUÇÃO

A sociedade e suas relações com a natureza estão em constante evolução: mudam os costumes das pessoas, as suas formas de pensar sobre as coisas e sobre o mundo; altera-se o mundo, que se modela de acordo com as necessidades presentes, ou por conjecturas de necessidades; novas relações entre os componentes das paisagens e entre as paisagens são estabelecidas; novas surgem, entretanto algumas desaparecem.

As paisagens se adaptam constantemente às modificações promovidas pelas ações humanas, sendo que a nova paisagem pode não ter sido necessariamente almejada pela sociedade, fato que torna essencial o exercício de planejar as ações da sociedade na natureza, de organizar intervenções sustentáveis dentro dos limites ambientais, bem como gerir os recursos naturais através de comparações com outras paisagens já modificadas. Para tanto, é necessário conhecer a geoecologia das paisagens, fundamentalmente, entender a dinâmica de evolução e funcionamento das paisagens, tornando possível visualizar cenários tendenciais, essenciais para o planejamento e gestão que almejam a sustentabilidade ambiental.

A Amazônia brasileira vivenciou e vivencia fortes modificações nas suas paisagens que repercutem em mudanças climáticas regionais e globais (NOBRE; SAMPAIO; SALAZAR, 2007). Impulsionado pelo Governo Federal já na segunda metade do século XX, programas de implantação de rede rodoviários e hidrelétricas, polos de desenvolvimento de agricultura, pecuária e mineração promoveram a degradação da floresta e dos solos amazônicos (BECKER, 1990). Esses planos consideravam a Amazônia um macrossistema homogêneo e incentivaram atividades produtivas ambientalmente degradantes como a agricultura de exportação, pecuária extensiva e exploração mineral em grande escala (GORAYEB, 2008).

Dentro desta nova realidade vivenciada pela região Norte do país, a construção de usinas hidrelétricas, em especial, promovem impactos naturais irreversíveis com a diminuição da correnteza e do fluxo de sedimentos de rios, mudanças na temperatura e qualidade da água, interrupção de fluxos biológicos e desflorestamento, além de proporcionarem impactos sociais, tais como especulação

imobiliária e disseminação de doenças (SOUSA, 2000). Müller (1995) destaca que mesmo a geração de energia hidrelétrica sendo sustentável, algumas das regiões submetidas a empreendimentos hidrelétricos, em lugar de obterem desenvolvimento passaram por um retrocesso econômico, social e ambiental. Este fato pode ser observado nas regiões amazônicas que receberam as grandes hidrelétricas de Balbina, Tucuruí e Samuel, as quais proporcionaram catástrofe do ponto de vista socioambiental (FEARNSIDE, 1989, 2001, 2005, 2015; RODRIGUES, 2013).

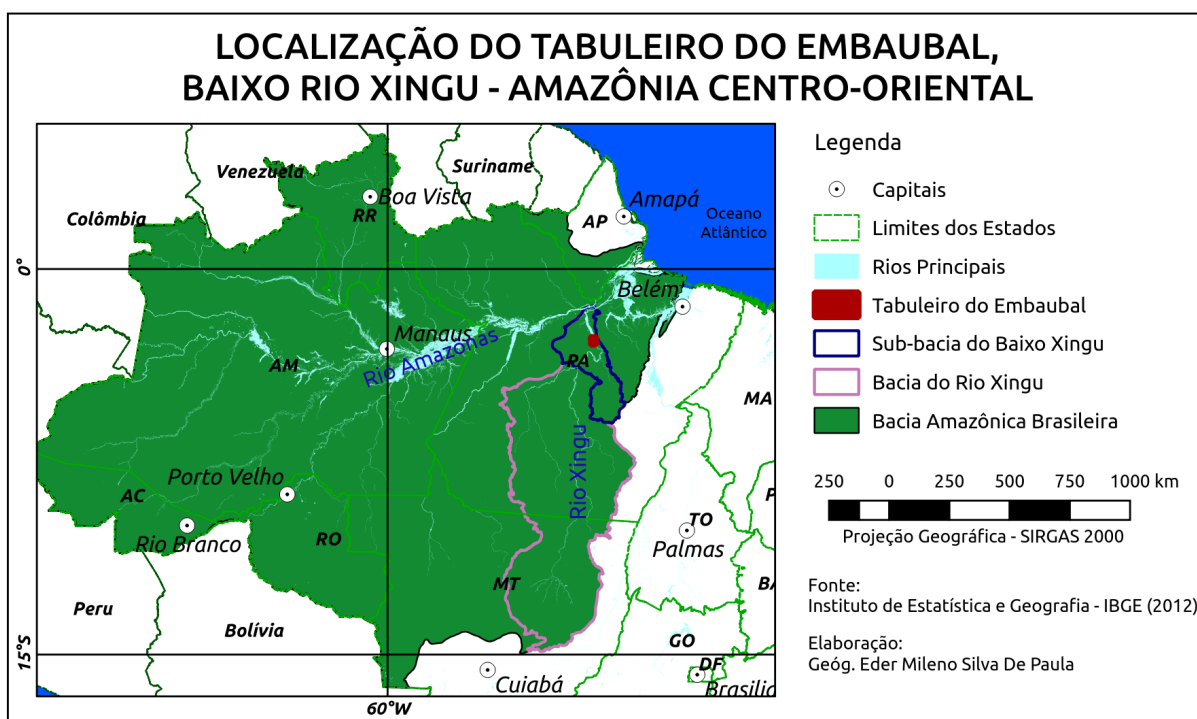
Já nos anos de 1980, a Eletrobras, empresa estatal responsável pela produção e distribuição de energia em território nacional, planejou construir 79 usinas hidrelétricas no Brasil, sendo que a maioria seria implementada nos principais afluentes do rio Amazonas (BECKER, 1990). Uma dessas usinas planejadas pela Eletrobras está em construção no rio Xingu, desde 2011, a Usina Hidrelétrica (UHE) de Belo Monte ou, como também é conhecida, Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) de Belo Monte, que terá operação realizada a fio d'água e previsão de implantação total até 2021 (LEME ENGENHARIA, 2009).

A área de estudo da pesquisa está à jusante da UHE de Belo Monte (Figura 1), é identificada como Tabuleiro do Embaubal, nome relacionado à praia que já foi a principal escolha das tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) como ambiente de desova. Essa área constitui planície fluvial com conjunto de ilhas e praias sazonalmente inundáveis. Desde os anos de 1970, discutem-se ações para conservação da área que abrange os Tabuleiros do Embaubal (IFT, 2013), sendo que em 2007, através da Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007 (MMA, 2007), o Ministério do Meio Ambiente (MMA) considerou a área como prioridade extremamente alta para conservação, em virtude da sua importância biológica para Amazônia. Em 2016, foram criadas, pelo Governo do Estado do Pará, duas Unidades de Conservação (UC): Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souza; e Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal.

A paisagem Tabuleiro do Embaubal está localizado na foz do rio Xingu, em área considerada ria, que foi efetivada pela transgressão do nível do oceano Atlântico (BRASIL, 1974a). Esse fenômeno natural alarga o canal principal no baixo rio Xingu e provoca diminuição substancial da velocidade do rio, fazendo com que o mesmo deposite sua carga de sedimentos suspensos (JENSEN, 2011), formando as ilhas e praias fluviais. Concordando com a proposição de Makkaveyev (1972) e

Cunha (2008) para rios com barramento do fluxo fluvial natural, o baixo rio Xingu com as obras para o aproveitamento hidrelétrico à montante, terá uma nova dinâmica geomorfológica fluvial, por consequência, tem-se como hipótese que o Tabuleiro do Embaubal vivenciará um novo caminho evolutivo e terá uma nova dinâmica de funcionamento geoecológico.

Figura 1 - Localização do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental



Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017)

O Tabuleiro do Embaubal possui o principal banco reprodutor da Tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) na Amazônia, sendo que essa espécie necessita de ações conservacionistas para existir segundo a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), sendo que o entorno das ilhas do Embaubal servem ainda de habitat para o peixe-boi da amazônia (*Trichechus inunguis*) que encontra-se vulnerável à extinção (IUCN, 1996, 2008). Para Santos (2009), a retenção de sedimentos com o barramento da UHE de Belo Monte comprometerá as praias e ilhas do Embaubal, afetando a reprodução de quelônios aquáticos como observado em várias partes do mundo que receberam empreendimentos semelhantes, devido à eliminação dos sítios naturais de desova que não tiveram sedimentos repostos pelo rio.

A reposição de sedimentos nas praias, como medida mitigadora do impacto da UHE, para aumento dos sítios naturais de desova é simples e já foi executado algumas vezes pela administração da prefeitura de Senador José Porfírio-Pará, entretanto, alguns questionamentos como, 'Qual o melhor lugar para a reposição desses sedimentos em virtude da dinâmica fluvial do baixo rio Xingu? Quais as consequências provocadas pelo barramento hidroelétrico sob a dinâmica fluvial do baixo Xingu?', aliados à pergunta principal 'Como será o comportamento geoecológico do Tabuleiro do Embaubal?', nortearam os objetivos desta pesquisa.

Assim, a pesquisa teve como objetivo principal analisar a geoecologia do Tabuleiro do Embaubal, localizado no baixo rio Xingu, proporcionando subsídios ao planejamento e gestão ambiental de paisagens fluviais amazônicas. Enquadrou-se como objetivos específicos: (i) identificar o contexto socioambiental do baixo rio Xingu, no qual está inserido o Tabuleiro do Embaubal; (ii) qualificar e quantificar a estrutura, funcionamento, evolução geoecológica, ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental do Tabuleiro do Embaubal, e (iii) indicar potencialidades e limitações ambientais para a paisagem do Tabuleiro do Embaubal, diante do seu cenário geoecológico tendencial.

A análise geoecológica baseia-se na avaliação do potencial dos recursos naturais, possibilitando a formulação de estratégias qualificantes do uso e manejo mais adequados da função e operação de cada uma das unidades paisagísticas, no tempo e no espaço (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013). Desta forma, esta metodologia tornou possível propor cenários tendenciais da paisagem, essenciais para o planejamento e gestão que visam à sustentabilidade ambiental, uma vez que busca o entendimento das estruturas verticais e horizontais, funcionamento, evolução e estabilidade geoecológica da paisagem. Autores como Mauro et. al. (1995); Silva (1998), Vidal (2014) e Farias (2015), dentre outros, demonstraram em seus estudos que as informações oferecidas por essa metodologia de análise fornecem os devidos subsídios às intervenções sustentáveis na natureza por parte dos gestores e sociedade em geral.

Os estudos que abrangem o Tabuleiro do Embaubal são setoriais ou em escalas regionais, a exemplo de Pará (2013), ARCADIS-TETRAPLAN (2009) e ELETRONORTE (2009). Assim, essa pesquisa, realizada através de análises holísticas e integradas dos elementos constituintes da paisagem e em escala

regional e local, pode contribuir com o desenvolvimento conceitual e metodológico da análise geoecológica das paisagens amazônicas, e constitui bibliografia para o planejamento e a gestão ambiental de paisagens fluviais, especificamente para os planos de manejo das UC do Tabuleiro do Embaubal.

A pesquisa está estruturada em 7 capítulos, a saber:

- Capítulo 1, Introdução – Desenvolve-se justificativa para pesquisa, indicando hipóteses e objetivos;
- Capítulo 2, Teoria e Método – Em sua primeira parte situa os conceitos que são abordados na pesquisa, e a forma de análise das informações. A segunda parte dedica-se a descrever os procedimentos metodológicos adotados para seleção, coleta e elaboração das informações analisadas, com destaque para os procedimentos cartográficos;
- Capítulo 3, Contexto Geoecológico Regional do Tabuleiro do Embaubal: Sub-Bacia do Baixo Rio Xingu - Elabora-se contextualização geoecológica para o Tabuleiro do Embaubal, tendo como referência a sub-bacia do baixo rio Xingu, essencial para se ter a visão holística e integrada da paisagem;
- Capítulo 4, Componentes Geoecológicos do Tabuleiro do Embaubal – São analisadas informações climáticas, hidrográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, cobertura vegetal e usos da terra;
- Capítulo 5, Análise Geoecológica do Tabuleiro do Embaubal – constrói-se análise e diagnóstico da estrutura horizontal e vertical, do funcionamento e evolução geoecológica, sobre a ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental do Tabuleiro do Embaubal;
- Capítulo 6, Tendência Geoecológica e Sustentabilidade do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu - indica-se o cenário geoecológico tendencial do Tabuleiro do Embaubal, suas potencialidade e limitações ao uso diante a exploração hidroelétrica do Rio Xingu, e proposta para sustentabilidade ambiental das Unidades de Conservação RDS Vitória de Souza e RVS Tabuleiro do Embaubal;
- Capítulo 7, Conclusões.

2 TEORIA E MÉTODO

2.1 Referencial Teórico

2.1.1 *Geoecologia da Paisagem: uma abordagem geossistêmica*

Em 1930 ressurgiu com os biólogos o pensamento integrado e sistêmico quando se firma a visão de relação, de contexto e de dinâmica (TROPPEMAIR; GALINA, 2006). A Ecologia da Paisagem desenvolvida por Carl Troll desde 1939 estudava as inter-relações dos elementos físicos da paisagem, através de uma análise qualitativa, fisionômica e cartográfica (SALA, 1982 *apud* FERREIRA *et al.*, 2001). Sendo que em 1971 o termo 'Geoecologia da Paisagem' foi proposto por Troll em substituição ao termo Ecologia da Paisagem (FERREIRA *et al.*, 2001).

De acordo com Metzger (2001), a geoecologia possui duas abordagens, a geográfica e a ecológica. Nesta perspectiva, os ecólogos da paisagem contemporâneos investigam as causas e efeitos dos padrões espaciais no ecossistema. Sendo que quatro aspectos do sistema paisagístico deveriam ser considerados, a saber: dinâmica e evolução da paisagem; interação entre as paisagens; influência dos processos bióticos e abióticos na paisagem; e gestão da paisagem (TUNNER, 1989; HUGGETT, 1995). Apesar de Huggett (1995) tentar repor a importância dos componentes abióticos nos estudos da paisagem realizados pelos ecólogos, os mesmos tendem a privilegiar os aspectos bióticos em suas análises (FERREIRA *et al.*, 2001).

Por sua vez, a abordagem geográfica é impulsionada com o surgimento do conceito de geossistema proposto por Sotchava em 1960, que indicava a integração da dimensão espacial e funcional e constitui método para a análise e diagnóstico das bases naturais de determinado espaço geográfico, direcionado ao planejamento e gestão ambiental, através da proposição de modelos sustentáveis de uso da terra (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013; SILVA; RODRIGUEZ, 2011).

Entre as diferentes abordagens e concepções em aplicação no Brasil, as concepções mais utilizadas são as de Sotchava (1978) e Bertrand (1972) (VIDAL,

2014), e os principais pesquisadores que utilizam a proposta da Geoecologia das Paisagens estão no Brasil e em Cuba (FARIAS, 2015).

A abordagem geográfica da Geoecologia tem seus princípios baseados na Teoria Geral dos Sistemas proposta por Bertalanffy (1968), que assumiu como objeto de estudo estabelecer relações entre os vários sistemas que compõem o mundo, assim como entre os elementos que compõem o sistema, verificando hierarquias e comportamentos (MACIEL, 1974).

Para Camargo (2005), a Teoria Geral dos Sistemas, a Teoria da Complexidade, a Teoria do Caos, Criticalidade Auto-organizada e a Teoria das Estruturas Dissipativas apresentam formas próximas de perceber o mundo, fato que coloca a Geoecologia das Paisagens contextualizada na revolução do pensamento contemporâneo sobre o mundo. Revolução necessária para responder as perguntas contemporâneas, por buscar entender o todo, e não apenas uma das partes do sistema, evitando especializações que não percebem relações contextuais e globais (MORIN, 2010). São métodos de pensamento que se esforçam para unir, contextualizar e globalizar, percebendo a realidade em estruturas e evoluindo em um conjunto de inter-relações e retroalimentações, em um processo de auto-organização (LEFF, 2003; MORIN, 2010).

A Geoecologia das Paisagens não se preocupa em compreender somente as partes da paisagem – do sistema –, se interessa em compreender a amplitude, em buscar o entendimento do todo. Para Morin (2010, p. 28), o sistema “é mais que a soma das partes, isto é, no nível do todo organizado há emergências e qualidades que não existem no nível das partes quando são isoladas. Tais emergências podem retroagir sobre as partes”, sendo que a não percepção das retroações do sistema podem levá-lo à “explosão ou transformação” em um outro sistema, no qual seus elementos podem seguir caminhos evolutivos diferenciados do sistema anterior, ou mesmo serem extintos.

O entendimento do ambiente, verificado nos estudos que utilizam como método a Geoecologia das Paisagens, contribui com respostas complexas às perguntas complexas do mundo contemporâneo, com o entendimento do todo, afastando-se das análises setoriais, e com objetivo claro de planejamento e gestão das paisagens de forma integrada e interdisciplinar.

Têm-se, na sociedade científica contemporânea, vários conceitos relacionados ao termo paisagem, entretanto o conceito de 'paisagem', que melhor se adequa à análise geoecológica da geografia, é o qual a pondera como um sistema, - o geossistema -, considerando-a dinâmica, flexível, aberta e hierarquicamente organizada, com estágios de evolução temporal, e níveis de estabilidade cada vez mais influenciados pelas ações da sociedade (SOTCHAVA, 1977).

2.1.2 Classificação da Paisagem – o Geossistema

Bertrand (1972) propôs uma classificação corológica da paisagem, sendo as seguintes unidades escolhidas, da mais extensa para a mais restrita: zona, domínio, região natural, geossistema, geofácies e geótopo. Para Ferreira *et al.* (2001), nos trabalhos inspirados por Bertrand (*op. cit.*) verifica-se o mesmo problema encontrado nos estudos de 'ecologia da paisagem', enfatiza a análise do componente vegetação, em detrimento dos outros componentes da paisagem: solos, relevo, geologia, clima e usos da terra. No entanto, os estudos que utilizam Bertrand como base metodológica no Brasil utilizam as unidades de classificação propostas por Bertrand (1972), mas se apoiam nos estudos da dinâmica e funcionamento do relevo para delimitação das unidades, como pode ser observado em Souza (1998, 2000), França e Pimentel (2010; 2012), dentre outros.

Rodriguez (1979), Silva (1998), Silva e Rodriguez (2012) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) aperfeiçoaram e difundiram os estudos de Sotchava (1977; 1978) e propuseram duas categorias de sistematização da paisagem: a local e a regional. A categoria local constitui unidades distintas pela sua semelhança e repetição, sendo determinada por parâmetros de homogeneidade, enquanto que a regional, compõem-se de unidades distintas pela sua personalidade e individualidade.

De acordo com Silva e Rodriguez (2012), as unidades definidas na regionalização das paisagens naturais baseadas na homogeneidade relativa, e de acordo com a escala, são Subcontinente, País, Domínio, Província, Distrito, Região e Sub-Região. Enquanto que as unidades diferenciadas na tipologia, ou seja, baseadas na homogeneidade relativa, são as Tipo, Subtipo, Classe, Grupo, Subgrupo e Espécie.

Assim, ao classificar as paisagens é necessário diferenciar as paisagens naturais e, em seguida, distinguir as formas de uso e ocupação das mesmas, classificando-as de acordo com a realidade das relações de força, ordem e hierarquia, devendo existir uma coerência entre a nomenclatura utilizada e os conceitos refletidos (SILVA; RODRIGUEZ, 2012).

2.1.3 Análise Geoecológica da Paisagem: conceitos fundamentais

A metodologia de análise da paisagem proposto por Rodrigues (1994, 1998) busca um sistema único na caracterização, análise e mapeamento das paisagens, e desenvolve conceitos e procedimentos normativos na avaliação paisagística, além de ser um método adequado à elaboração de pesquisas ambientais, conforme comprovado por Mauro et. al. (1995), Manosso; Nóbrega (2008), Manosso (2009), Vidal (2014) e Farias (2015).

Rodriguez (1998) indica que o esquema metodológico para análise geoecológica da paisagem perpassa pelo estudo da organização da paisagem; classificação e taxionomia das estruturas paisagísticas; conhecimento dos fatores modificadores das paisagens, o potencial das paisagens e tipos funcionais, o papel dos fatores antropogenéticos, dos impactos geoecológicos das atividades humanas na paisagem. A conclusão das pesquisas geoecológicas propõe, ou subsidiam, o planejamento e a gestão ambiental das paisagens visando o desenvolvimento sustentável.

Nesta direção, Silva e Rodriguez (2011, p. 4) acrescentam que a geoecologia das paisagens constitui um sistema de métodos e procedimentos técnicos com o objetivo de diagnosticar de forma integrada a paisagem, sendo que, o diagnóstico, deve “subsidiar informações necessárias para a instituição de programas de desenvolvimento socioeconômico, e seus devidos planos de gestão e manejo territorial”.

Rodriguez (1998) destaca que os sistemas formadores da paisagem são complexos e compreendê-los perpassa por analisar a estrutura, o funcionamento, a evolução, o grau de modificação e transformação antropogênica, a estabilidade e vulnerabilidade da paisagem. Conhecimento é imprescindível para se propor

hipóteses sobre a tendência evolutiva da paisagem, que subsidiem o planejamento e a gestão ambiental.

A proposta de análise geoecológica da paisagem descrita por Rodriguez (1998) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) foi aplicada em sua totalidade para o município de Corumbataí em São Paulo, por Mauro et al (1995), que analisaram estrutura, funcionamento, evolução da paisagem, modificações antropogênicas na paisagem e sua estabilidade. Outros trabalhos também aplicaram esta proposta como os de Manosso; Nóbrega (2008) e Manosso (2009), que analisaram a estrutura geoecológica das regiões Norte, Oeste e Centro-sul do Paraná. Vidal (2014), por sua vez, estudou a estrutura horizontal e vertical, o funcionamento, e as modificações antropogênicas e de estabilidade para o Baixo Curu no litoral oeste cearense, e Farias (2015) aplicou os conceitos de estrutura, modificações antropogênicas e de estabilidade para bacia hidrográfica do rio Palmeira no Ceará. Todos os estudos citados demonstraram resultados satisfatórios à sociedade, fornecendo subsídios para o planejamento e a gestão sustentável da paisagem.

Nos próximos subitens desse capítulo, os conceitos sobre estrutura, funcionamento, evolução da paisagem, modificações antropogênicas na paisagem, e também os conceitos de estabilidade e vulnerabilidade da paisagem são discutidos, tendo como referência basilar o estudo de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), o qual foi fomentado por Solntsev (1948), Tricart (1977), Tricart e Kilian (1979), Beroutchatchvili (1983), Preobrazhenskii e Aleksandrova (1988), Diakonov (1988), Isachenko (1991), Aleksandrova e Zvonkova (1995) e Glazovskiy et al. (1998).

2.1.3.1 Estrutura da Paisagem

A análise da estrutura da paisagem consiste em explicar como se inter-relacionam os componentes da paisagem - geologia, relevo, solos, hidrografia, cobertura vegetal, clima e uso da terra -, para sua formação, e como se dá essa organização espacialmente. A estrutura da paisagem possui os índices e as propriedades dos objetos materiais estruturantes, e “reflete a organização sistêmica dos seus elementos funcionais e as regulações que determinam sua essência, sua morfologia e sua integridade” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013, p. 111).

Duas análises são realizadas: das estruturas horizontais e das estruturas verticais. A *estrutura vertical* da paisagem é formada pela composição e inter-relação entre os elementos e componentes da paisagem no sentido vertical. Aqui, procura-se estabelecer as relações dos componentes, respondendo questionamentos do tipo: Qual a influência dos Gleissolos Háplicos para o mesmo ser recoberto por Floresta Ombrófila Densa Aluvial? Ou por que esses solos são cobertos por Floresta Ombrófila Densa Aluvial? Somente o fato de ser Gleissolos Háplicos garante que a cobertura vegetal será Floresta Ombrófila Densa Aluvial?

A *estrutura horizontal*, por sua vez, é estudada mediante a análise do reflexo da paisagem natural no território, que se define como o mosaico de unidades paisagísticas. Ao estudar o reflexo (a imagem) da paisagem no território, tem-se atenção especial às suas particularidades geométricas, ou seja, à composição da estrutura, formas, orientação e situação dos contornos, e suas relações de posição e de contrastes (VICTOROV, 1986 apud RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).

Entende-se que a paisagem é inerente às suas próprias características de estrutura, sendo que este atributo sistêmico tem uma relação dialética com os atributos de funcionamento e evolução. Então, quando se muda a estrutura, por consequência os atributos funcionais e evolutivos também mudam, assim como mudanças no funcionamento ou processo evolutivo podem mudar as estruturas horizontais e verticais.

2.1.3.2 Modificações Antrópicas da Paisagem

A análise antropogênica no estudo das paisagens tem como objetivo entender os problemas que surgem com a transformação das paisagens pelas atividades humanas, que mesmo não conseguindo modificar as leis da natureza, mudam significativamente as condições de sua manifestação. Essas mudanças são definidas como o processo de antropogenização da paisagem, que transformam as estruturas, o funcionamento, inclusive as tendências evolutivas da paisagem (PREOBRAZHENSKII; ALEKSANDROVA, 1988; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).

As paisagens são modificadas e transformadas no transcurso da interação entre atividades sociais e os componentes dos geossistemas. Sendo que a

história de formação das paisagens atuais permite avaliar o potencial de sustentabilidade ao uso das mesmas, da sua capacidade de retorno à forma original, possibilita estabelecer limiares de aceitação ao uso, sem provocar o surgimento de uma nova paisagem.

Conforme sugere Rodriguez; Silva; Cavalcanti (2011, p. 159), “o grau e o caráter de atividade humana sobre a paisagem depende não só, das propriedades intrínsecas de seu 'fundo' natural, mas também das condições sócio-históricas, do nível de desenvolvimento e dos sistemas tecnológicos adaptados”. A classificação antropogênica da paisagem é de acordo com o grau de mudança e transformação da paisagem, classificados em paisagens naturais por não ter sido modificada ou por possuir modificações incipientes dos seus elementos estruturais; paisagens antrópicas as que têm seus elementos estruturais modificados, sendo que as mudanças podem ser consideradas moderadas a fortes, mas conservando a capacidade de regeneração; e paisagens tecnogênicas, as quais passaram por fortes mudanças dos componentes de sua estrutura a ponto de transformar a paisagem em outra, ou seja, não há como retornar à paisagem original.

A paisagem natural é mais estável do que as paisagens antrópicas, mesmo depois de finalizada a ação humana e com a regeneração da mesma. Qualquer paisagem modificada ou transformada pela sociedade, como regra, é menos estável que a paisagem original. Assim, o geossistema responde de forma diferenciada às diferentes intervenções da sociedade, e para um mesmo tipo de impacto ambiental, variam as respostas em dependência das características estruturais da paisagem (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).

2.1.3.3 Funcionamento da Paisagem

A análise do funcionamento sustenta-se em esclarecer os elementos substanciais dos subsistemas, que refletem no sistema das inter-relações externas das paisagens. Nesse enfoque, analisa-se a gênese da paisagem, os fluxos de Energia, Matéria e Informação (EMI) entre as partes da paisagem e entre as paisagens, e verificam-se os estados dos seus processos de funcionamento.

Todos os elementos que compõem a paisagem participam com funções determinadas do processo de gênese paisagística, ou seja, participam da

estruturação da paisagem. As unidades geológicas, relevo e condições climáticas de uma área permite inferir sobre a evolução vegetacional da mesma. O impacto de um fator ou de um grupo de fatores em um território determinam a tendência da gênese da paisagem em certo prazo de tempo, o que torna possível a inferência sobre o futuro da paisagem.

Caracteriza-se o funcionamento da paisagem como a sequência estável de processos que atuam permanentemente na formação da paisagem. Isto consiste na transmissão de EMI e garante a conservação de um determinado estado da paisagem em um tempo (DIAKONOV, 1988 *apud* RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013) e tem a capacidade de produzir biomassa, solo, húmus, sais, turfa, entre outros. A expressão quantitativa desse funcionamento, por exemplo, é o aumento da cobertura vegetal sobre solos, no processo sucessional que ocorre nas ilhas do Tabuleiro do Embaubal, iniciado por espécies herbáceas, seguidas de arbustos e espécies arbóreas.

As conjugações e conexões das paisagens de níveis hierárquicos diferentes formam o que se denomina por estrutura funcional da paisagem, as quais se unem mediante a ação dos fluxos horizontais e verticais (ZVONKOVA, 1995 *apud* RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013). Fato este que justifica a escolha para essa pesquisa de análise também dentro da perspectiva regional, pois é nesse nível de análise que se pode perceber as conjugações e conexões entre as paisagens.

Já a dinâmica do funcionamento é entendida como o conjunto de processos que garantem o funcionamento dos geossistemas, e cada paisagem tem sua própria dinâmica de funcionamento, sustentada por mecanismos e balanços de fluxos de EMI específicos e por uma cadeia de relações reversíveis (DIAKONOV, 1988).

Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), a dinâmica de funcionamento da paisagem, de forma geral, pode ser distinta nas seguintes categorias temporais: curto, médio e longo tempo. Os estados dinâmicos funcionais de curto tempo oscilam entre minutos e até um dia. Os estados funcionais de médio tempo possuem amplitude no tempo entre um dia a um ano, e constituem os estados diários de circulação dos processos atmosféricos, de ciclo anual, as estações do ano e estados anuais.

2.1.3.4 Evolução da Paisagem

O enfoque evolutivo caracteriza-se pela mudança cotidiana que acontece em intervalos de tempo recorrentes, e que não modificam ou não transformam o sistema através do processo de autorregulação (CHRISTOFOLETTI, 1979; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013; VIDAL, 2014). Nesse enfoque, a análise da paisagem consiste em esclarecer as leis e regularidades do desenvolvimento do território. Sendo que os estados atuais e futuros das paisagens são determinados também pelas mudanças ocorridas no passado, as quais podem ter deixado marcas cabíveis de serem identificadas.

Há três grandes categorias de procedimento na análise evolutiva: a análise paleogeográfica, a análise estrutural e a análise espaço-temporal das paisagens (ISACHENKO, 1991; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013). A análise paleogeográfica busca interpretar a história das propriedades principais da estrutura contemporânea das paisagens, determinar os fatores principais e as direções da evolução geocológica. Na análise estrutural das paisagens, busca-se esclarecer a idade e as condições de formação dos elementos que compõem a estrutura paisagística e na análise espaço-temporal, determinam-se os estados dinâmicos e evolutivos da paisagem. Nessa pesquisa, a análise dos estados dinâmicos evolutivos da paisagem é prioridade, uma vez que se entende como essencial para projeção de cenários da paisagem.

A dinâmica evolutiva do geossistema ocorre em meio a uma mesma estrutura (invariante) e que não conduz a sua transformação qualitativa (BEROUTCHATCHVILI, 1983; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013), continua sendo o mesmo geossistema. A evolução da paisagem está relacionada ao desenvolvimento da imagem, do reflexo fisionômico e de sua estrutura.

O estudo do desenvolvimento evolutivo das paisagens permite esclarecer as tendências estáveis e instáveis do desenvolvimento; as mudanças cíclicas; o papel dos fatores externos e internos no desenvolvimento das paisagens, tornando-se entendimento base para a projeção de cenários geocológicos.

O desenvolvimento evolutivo das paisagens é acompanhado por modificações graduais irreversíveis, as quais conduzem readequações na estrutura da paisagem, determinadas por fatores externos, tais como transgressões marinhas

que formaram a ria do baixo curso do rio Xingu, e internos como processos tectônicos.

2.1.3.5 Estabilidade e Vulnerabilidade da Paisagem

O conceito de estabilidade constitui atributo síntese da paisagem, no qual estima-se teoricamente a resposta da paisagem diante da perturbação de sua estrutura e funcionamento (VIDAL, 2014). Desta forma, conceitos de estabilidade, evolução, funcionamento e estrutura estão todos inter-relacionados.

De acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), a estabilidade das paisagens pode ser indicada através da sua idade de desenvolvimento, sendo que as paisagens jovens ou progressivas que experimentam a fase de transformação, estrutura e dinâmica são geralmente instáveis. As maduras ou conservativas concordam ou correspondem com os diversos componentes, sendo relativamente estáveis mutuamente, e as relíquias ou senis possuem predomínio de elementos antigos, conservados com dificuldade, sendo na sua especialidade estrutural-dinâmica pouco estáveis.

Optou-se por utilizar os conceitos propostos por Tricart (1977), que trata de ecodinâmica, amplamente utilizados nos estudos ambientais no Brasil, a exemplo de Souza (1981, 1998, 2000) e Ross (1994; 2006). Tricart (op. cit) *propõe que a paisagem possui três níveis de estabilidade de acordo com a relação entre morfogênese e pedogênese, a saber: Estáveis, Transição (Intergrade) e Instáveis*. As paisagens estáveis, aquelas em biostasia, possuem predomínio de processo evolutivo biogênico, onde há uma maior presença de formação de solos e crescimento de espécies vegetais. O relevo desenvolve-se de forma lenta e com dificuldade para ser percebido. Já as paisagens instáveis comportam-se de maneira oposta as estáveis, ou seja, estão em resistasia, possuindo predomínio de processos evolutivos formadores do modelado (TRICART, 1977; TRICART; KILIAN, 1979; SOUZA, 1981; ROSS, 2006).

As paisagens de transição correspondem a um contínuo de mudança de estável para instável ou de instável para estável. Assim, possuem tanto processos morfogenéticos atuantes como processos pedogenéticos e podem ser subclassificadas como progressivas quando tendem à estabilidade, e regressivas quando tendem a paisagens instáveis (TRICART; KILIAN, 1979).

Os processos de morfogênese podem ser ativados ou reativados, ou mesmo tornarem-se mais atuantes em decorrência das modificações antrópicas, tornando uma paisagem estável em paisagens instáveis, tendo como exemplo áreas florestadas, que após processos de desflorestamento tornam-se instáveis, ou com tendência a instabilidade. Sendo que a vulnerabilidade da paisagem é reflexo direto do nível de estabilidade dessa paisagem, ou seja, paisagem estável possui baixa vulnerabilidade ambiental, enquanto paisagens instáveis constituem ambientes vulneráveis (SOUZA, 1998).

2.2 Metodologia

As pesquisas que têm como meta subsidiar o planejamento e a gestão ambiental da paisagem, e utiliza como método a Geoecologia das Paisagens, podem seguir o percurso metodológico proposto por Rodriguez e Silva (2013) com adaptações a escala da pesquisa e objetivos do trabalho, assim como fizeram Vidal (2014) e Farias (2015).

Em Rodriguez e Silva (2013) cinco fases para o planejamento ambiental das paisagens são indicadas e caracterizadas, nessa sequência de implementação: Inventário e Organização; Análise e Diagnóstico; Prognóstico; e Execução. Os autores relatam a possibilidade de simplificação das fases, contudo recomendam segui-las sem transgressões, além de não as simplificar demasiadamente. Destaca-se que a fase Análise e Diagnóstico é a mais complexa e árdua do planejamento ambiental, pois tem como objetivo estudar as propriedades sistêmicas das paisagens – estruturais, modificações antrópicas, evolutivas, funcionais e estabilidade – que, por vezes, não se faz, ou é feita de forma elementar na elaboração dos planejamentos ambientais (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

No Quadro 1 tem-se a síntese das fases e das tarefas gerais desenvolvidas, de acordo com o objetivo principal dessa pesquisa. Nos subíntes seguintes pormenorizamos cada fase da pesquisa.

Fase	Tarefas Gerais
Inventário e Organização	• Definição dos objetivos. • Delimitação da área de estudo e escala da pesquisa • Inventário e mapeamento das condições naturais • Inventário e caracterização das condições socioeconômicas
Análise e Diagnóstico	• Análise das estruturas verticais e horizontais • Mapeamento das unidades de paisagem • Qualificação do funcionamento regional e local da paisagem • Caracterização da dinâmica de evolução da paisagem • Identificação da Ecodinâmica e Vulnerabilidade Ambiental
Prognóstico	• Qualificação da problemática ambiental • Identificação das tendências de evolução da paisagem • Indicação das potencialidades e limitações para o uso

Quadro 1 - Fases da Pesquisa

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado de Rodriguez e Silva (2013)

2.2.1 Fase Inventário e Organização

Inicialmente, realizou-se a revisão teórica dos principais conceitos relacionados à Geoecologia da Paisagem, identificando trabalhos que aplicaram esse método de análise para alcançar seus objetivos investigativos. Essa revisão permitiu o entendimento que a análise geoecológica do Tabuleiro do Embaubal deveria ser realizada em duas escalas, regional e local. Para a escala regional adotou-se como limite a sub-bacia do baixo curso do rio Xingu, que inicia-se na confluência do rio Irirí com o rio Xingu e termina na confluência desse com o rio Amazonas. Para a escala local, adotou-se como limite trecho da planície fluvial do Xingu entre as sedes dos municípios paraenses Vitória do Xingu e Senador José Porfírio, que contém o conjunto de ilhas conhecido localmente como Tabuleiro do Embaubal, elementos submersos formadores dessas ilhas e o leito maior excepcional, por meio de interpretação visual dos dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e Landsat.

As informações bibliográficas e cartográficas inventariadas para os limites regional e tipológico foram fornecidas por diversas instituições públicas, tais como a Prefeitura de Senador José Porfírio, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS-PA), Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca (SEDAP), Universidade Federal do Pará (UFPA), Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Agência Nacional das Águas (ANA), Fundação Nacional dos Índios (FUNAI), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (ELETRONORTE) e Universidade de São Paulo (USP).

Os dados oriundos de censos demográficos do IBGE (2010) e dos dados agropecuários da SEDAP foram basilares para as discussões sobre as condições socioeconômicas dos 9 municípios (Senador José Porfírio, Vitória do Xingu, Altamira, Brasil Novo, Medicilândia, Anapu, Gurupá, Porto de Moz e São Félix do Xingu) que compõem a área de estudo em escala regional, e agregou-se informações provenientes do diagnóstico socioeconômico e fundiário realizado pela SEMAS-PA (PARÁ, 2013) e informações coletadas com fiscais ambientais da Prefeitura de Senador José Porfírio e moradores, para as discussões em escala local.

Já para as condições naturais, foram relevantes as informações do levantamento de recursos naturais do Projeto RADAM Brasil SA-22 e SB-22 (BRASIL, 1974a, 1974b), o relatório de Geodiversidade do Estado do Pará (JOÃO; TEIXEIRA; FONSECA, 2013), a Avaliação Ambiental Integrada para Aproveitamento Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu (ARCADIS-TETRAPLAN, 2009), o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) (ELETRONORTE, 2009) e Relatórios de Impacto no Meio Ambiente (RIMA) (LEME ENGENHARIA, 2009). Para o arquipélago do Tabuleiro do Embaubal foram fundamentais o diagnóstico ambiental realizado pela SEMAS-PA (PARÁ, 2013), além das pesquisas de SILVA (2012) e SOUZA (2015).

Os dados utilizados foram detalhados no Quadro 2, quanto ao repositório de origem, fonte, sistema de projeção cartográfica e *Datum*, Ano de Produção (Mapeamento ou Imageamento) e Formato (vetorial e imagens digitais ou analógicas).

Foram realizadas cinco campanhas de campo nos anos em 2011, 2012, 2014, 2015 e 2016, em períodos de cheia (dezembro a maio) e de vazante (junho a novembro), para reconhecimento das informações mapeadas e para levantamentos topográficos, tanto no Tabuleiro do Embaubal, como no baixo rio Xingu, com auxílio de navegador do Sistema de Posicionamento Global - GPS. Nessas campanhas, teve-se oportunidade de coletar informações sobre as modificações na paisagem, tipos de uso da terra, dinâmica fluvial do Xingu e outras, com pescadores, pilotos de

embarcações, técnicos da Secretaria de Meio Ambiente do município Senador José Porfírio e pesquisadores da UFPA.

Informação	Repositório de Origem	Fonte	Escala/ Resolução Espacial	Proj. Cart. - Datum	Formato
Limites Municipais	ibge.gov.br	IBGE	1: 2.500.000	Geográfica– SIRGAS 2000	Vetorial
Climas do Brasil	ibge.gov.br	Brasil (2002)	1: 5.000.000		Imagem
Cartas Planialtimétricas SA-22-Y-B, SA-22-Y-C, SA-22-Y-D, SB-22-V-B e SB-22-V-D	geoportal.eb.mil.br	BDGEx	1: 250.000	UTM 22S– SIRGAS 2000	Vetorial
Carta Náutica 4361 B e 4361 A	marinha.mil.br	Marinha do Brasil	1: 100.000	Mercator – Córrego Alegre	Em papel
Terras Indígenas	mma.gov.br	Funai	[S.I.]	[S. I.] – SAD 1969	Vetorial
Unidades de Conservação	mma.gov.br	MMA	1:5.000 a 1:100.000	Geográfica– SAD 69	Vetorial
Litologias, Estruturas e Drenagem das Cartas SA-22 e SB-22	cprm.gov.br	RAMOS et al., 2013	1: 1.000.000	Geográfica– SIRGAS 2000	Vetorial
Uso da Terra – Terraclass	inpe.br	BRASIL, 2011	1: 250.000	Geográfica– SAD 69	Vetorial
Desflorestamento – PRODES	inpe.br	BRASIL, 2015	1: 250.000	Geográfica– SAD 69	Vetorial
Cena 242-062 de 24/08/1973 do LANDSAT 1	inpe.br	INPE	80 x 80 m	UTM 22S– GS-84	Imagem
Cenas 225-062 de 15/07/1986 e 03/07/1999 do LANDSAT 5	earthexplorer.usgs.gov	NASA	30 x 30 m	UTM 22S– WGS-84	Imagem
Cena 225-062 de 02/08/2016 do LANDSAT 8	earthexplorer.usgs.gov	NASA	30 x 30 m	UTM 22S– WGS-84	Imagem
SRTM	earthexplorer.usgs.gov	NASA	90 x 90 m	UTM 22S– WGS-84	Imagem
Limites das Bacias Hidrográficas das Amazônia Brasileira, Estações Pluviométrica, Fluviométrica, Sedimentamétrica.	ana.gov.br	BRASIL, 2010	[S.I.]	Policônica–SAD 69	Vetorial
Mapa de Solo do Brasil	embrapa.gov.br	SANTOS, et al. 2011	1 : 5.000.000	Policônica–SAD 69	Vetorial

Quadro 2 - Informação quanto a Origem, Fonte, Sistema de Projeção Cartográfica e Datum, Ano e Formato.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017)

As informações sobre Recursos Hídricos e Clima da bacia do rio Xingu foram extraídas do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram selecionados informações dos anos de 1984 e 2014 das cotas médias fluviométricas e de vazão nas Estações Fluviométricas *Altamira*, *Porto de Moz* e *UHE Belo Monte Jusante* da ANA, informações das médias de chuvas, temperaturas máximas, médias e mínimas dos meses e anos das Estações Meteorológicas *Altamira-PA*, *Porto de Moz-PA*, *São Félix do Xingu-PA* e *Canarana-MT* do INMET.

As informações cartográficas foram readequadas para as escalas regional e local, respectivamente 1:1.000.000 e 1:100.000. Para a base cartográfica regional utilizou-se como sistema de projeção a Projeção Geográfica e para base local a Projeção UTM, Fuso 22 Sul, com ambas no modelo da terra oficial para o Brasil, SIRGAS2000.

Para as readequações e mapeamentos cartográficos, e para as análises espaciais foram utilizados os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) QGIS2.8 (SHERMAN et al., 2011) e SPRING5.2.6 (CÂMARA et al., 1996). Esses procedimentos foram detalhados nos subitens seguintes.

2.2.1.1 Mapeamentos da Sub-bacia do Baixo Rio Xingu

Após a catalogação e seleção das informações que comporiam o banco de dados iniciou-se o processo de adequações, principalmente, quanto à escala e nomenclaturas das referências utilizadas.

O limite da sub-bacia do baixo rio Xingu foi construído somente com relação às áreas drenadas pelos principais afluentes do rio Xingu, partindo do ponto de confluência do rio Xingu com o rio Irirí até a confluência com o rio Amazonas. Apesar de ARCADIS-TETRAPLAN (2009) ter construído um limite para sub-bacia do baixo curso do rio Xingu, e seu uso possibilitar as comparações diretas dos resultados e discussões dessa pesquisa, o limite desse autor não foi utilizado, pois o mesmo não incluía parte da foz do rio Xingu próximo ao rio Amazonas, e as áreas drenadas pelos rios Jaraúçu, Acaraí e Bacajaí, os quais são importantes o entendimento regional dos fluxos energia e matéria.

O mapa climático é derivado das informações climáticas do Brasil, na qual fez-se uma seleção espacial para o limite da bacia amazônica brasileira construído pela ANA. Adotou-se também limite da bacia amazônica para esse mapa, o que permitiu uma visão holística das características climáticas que influenciam tanto o regime hídrico do rio Xingu, como do rio Amazonas. A classificação do clima do Brasil foi idealizada por Edmond Nimer em 1974 (BRASIL, 2002; NIMER, 1979) e baseia-se na gênese climática, fundamentado na climatologia dinâmica e nos padrões de circulação atmosférica, definindo os climas zonais Equatorial e Tropical e suas subunidades regionais; delimitado pela região térmica Quente de acordo com a frequência e médias dos valores extremos mensais de temperatura; e a classificação de regiões quanto aos padrões de umidade e secas mensais.

Os mapas de Geomorfologia e de Geologia foram construídos tendo como base o mapeamento realizado pelo CPRM (RAMOS et al., 2013). O arquivo digital vetorial dessa base cartográfica possui atrelado banco de dados não espacial com informações litológicas (Domínio e Unidades Geológico-Ambiental, Deformação, Resistência ao Intemperismo Físico e Químico, Grau de Coerência, Características do Manto de Alteração Potencial, Porosidade Primária e Característica da Unidade Lito-Hidrogeológica) e Geomorfológicas (Unidade Geomorfológica, Declividade e Amplitude Topográfica) para todo o estado do Pará. Separou-se em duas bases, uma com as informações de geologia, e outra com as de geomorfologia. Na base de geologia, realizou-se seleção espacial de acordo com os limites da sub-bacia do baixo Xingu, e reclassificou-se a nomenclatura das unidades geológicas de acordo com Brasil (2004a; 2004b). Enquanto na base de geomorfologia realizou-se somente o procedimento de seleção espacial pelo limite da área de estudo regional.

O mapa de uso da terra foi construído com as informações do projeto TerraClass (BRASIL, 2013a) das áreas desflorestadas mapeadas pelo Projeto PRODES (Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite) do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) para a Amazônia brasileira. Os dados TerraClass foram selecionados espacialmente pelo polígono da sub-bacia do baixo Xingu, unidos em uma base única, e reclassificou-se a nomenclatura de acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra, elaborado pelo IBGE (BRASIL, 2013b). As classes presentes no mapeamento TerraClass, que por conta da escala da tese, não eram

passíveis de ser discriminadas no mapa como polígonos, foram representadas de forma pontual. No mapa de uso da terra foram representadas também as áreas de lavras autorizadas para exploração pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e as áreas especialmente protegidas - UC e Terras Indígenas (TI).

2.2.1.2 Mapeamentos do Tabuleiro do Embaubal

Os mapeamentos realizados para o Tabuleiro do Embaubal teve com principal base cartográfica as imagens do Programa LANDSAT, em virtude da adequação a escala de mapeamento, 1:250.000 e disponibilidade de imagens para todo o período analisado, 1973 a 2016.

Foram submetidas a procedimentos de correção radiométrica e correção atmosférica por exigência metodológica para análises digitais de dados de datas, sensores e plataformas diferentes, e para tanto utilizou-se a extensão Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) (CONGEDO, 2017) para o QGIS, o qual executa as correções automaticamente em acordo com a proposição de Chander, Markham e Helder (2009), extraíndo informações do metadados das imagens. Sendo que a correção radiométrica reescala os números digitais brutos transmitidos pelos satélites para números digitais calibrados numa mesma escala radiométrica, e a correção atmosférica converte as imagens para reflectância do topo da atmosfera, reduzindo as variações de cena à cena de períodos diferentes (CHANDER; MARKHAM; HELDER, 2009).

A correção atmosférica ainda remove o efeito cosseno de diferentes ângulos zenital solar, devido à diferença de horário entre as aquisições de dados, compensa a diferença de valores de irradiação solar eixo-atmosférica decorrente das diferenças de bandas espectrais, e corrige a variação da distância Terra-Sol entre a aquisição de dados de diferentes datas. Sendo que essas variações podem ser significativas espaço-temporalmente (CHANDER, MARKHAM; HELDER, 2009).

2.2.1.2.1 Temperatura de Superfície

A correção atmosférica das bandas termais tem como resultado dados de temperatura do topo da atmosfera (T_B), sendo que para obter-se a temperatura de superfície terrestre (T) aplicou-se a Equação 1, proposta por Weng, Lu e Schubring (2004).

$$T = T_B / [1 + (\lambda \cdot T_B / c_2) \ln(e)]$$

Equação 1 - Cálculo da Temperatura de Superfície Terrestre

Fonte: Weng, Lu e Schubring 2004

onde:

λ , centro do comprimento de onda da faixa espectral do sensor

c_2 , constante de radiação = $h \cdot c / s = 1,4388 \times 10^{-4} \text{ mK}$

h , constante de Planck = $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

s , constante de Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

c , velocidade da Luz = $2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

e , emissividade das classes de cobertura solo

h , s e c foram indicados em Mohr, Newell e Taylor (2015 apud CONGEDO, 2017). A emissividade das classes de cobertura solo foi construída através da reclassificação dessas classes para valores adaptados de Mallick et al. (2012) (Tabela 1), por não ter sido encontrado valores específicos para as classes de cobertura do solo da área de estudo.

Classes de Cobertura do Solo	Emissividade
Floresta Ombrófila Aluvial	0,98
Formação Pioneira Arbustiva e Herbácea de influencia fluvial	0,98
Água	0,98

Tabela 1 - Valores de Emissividade para classe de Cobertura do Solo

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado de Mallick et al. (2012)

A imagem resultante do cálculo de temperatura da superfície estava em graus Kelvin e foram convertidos a graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), subtraindo 273,15 do valor de cada pixel. Cada pixel foi agrupado em classes de 26 a 27°C , 27 a 28°C e 28 a 32°C .

2.2.1.2.2 Geologia, Geomorfologia e Solos

Nas imagens que passaram por correções radiométricas e atmosféricas, foram aplicadas técnicas de realce disponíveis no SPRING5.2.8, tais como: contrastes, filtros e operações aritméticas entre imagens, e selecionaram-se produtos que permitiram a melhor discriminação das feições geomorfológicas emersas e submersas.

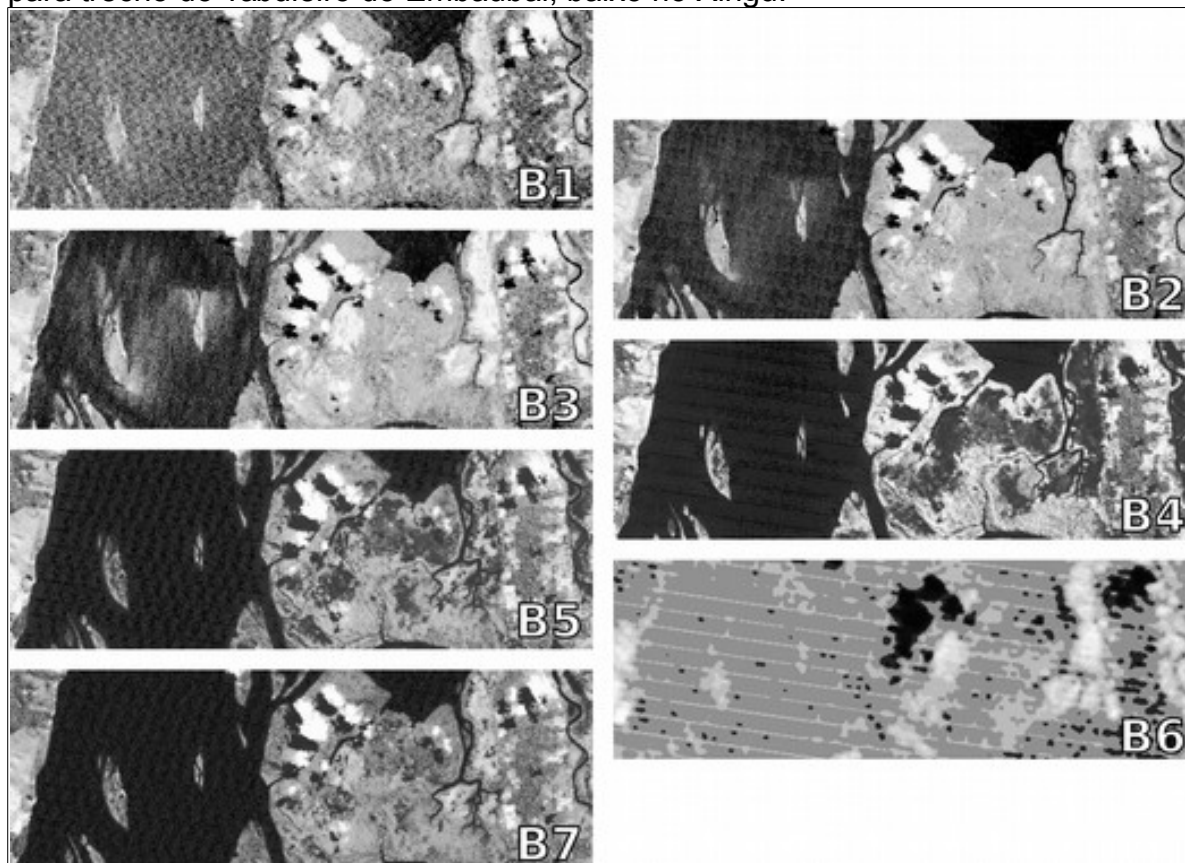
Para o mapeamento das feições geomorfológicas temporariamente submersas, as técnicas escolhidas foram aplicação de Filtro e de Contraste. O contraste é considerado o processamento mais simples que imagens digitais podem ser submetidas (NOVO, 2008). Optou-se por aplicar os contrastes implementados no SPRING5.4, sendo que o algoritmo Equalização de Histograma foi o que permitiu a melhor identificação visual dos alvos submersos, com a expansão dos níveis de cinza ao longo de todo o intervalo, através de uma transformação não-linear que considera a distribuição acumulativa da imagem (CÂMARA, 1996).

A análise dos resultados do contraste Equalização de Histograma das várias bandas disponíveis no Landsat mostrou que banda correspondente a faixa espectral entre 0,56 a 0,69 μ m (Faixa do Vermelho) detém registros mais detalhados das feições submersas, em relação às demais bandas (Figura 2). Em Brasil (2014) há indicação da faixa espectral de 0,45 a 0,52 μ m do LANDSAT, entretanto Jensen (2011) indica que os levantamentos de feições submersas nessa porção espectral requerem que a água esteja livre de constituintes orgânicos e inorgânicos. Conforme a classificação geral proposta por Sioli (1984) para a Região Amazônica, as águas do rio Xingu são classificadas como água claras, com cargas dissolvidas e em suspensão, sendo que nesse tipo de água Legleiter *et al.* (2004) observam que comprimentos de onda entre 0,56 e 0,69 μ m proporcionam melhores respostas na identificação de feições submersas.

A aplicação do Filtro Linear Passa Baixa Média 5x5 na faixa do vermelho permitiu atenuar os efeitos de ruídos provocados pela diferença de sensibilidade dos detectores do sensor remoto, e preservou os componentes de baixa frequência, ou seja, realçou as feições submersas. Os demais filtros implementados no SPRING5.4

não permitiram a discriminação das feições submersas, ora não atenuaram o ruído provocado pelo sensor remoto.

Figura 2 - Bandas 1 a 7 do LANDSAT 5 com contraste Equalizador de Histograma para trecho do Tabuleiro do Embaubal, baixo rio Xingu.



Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017)

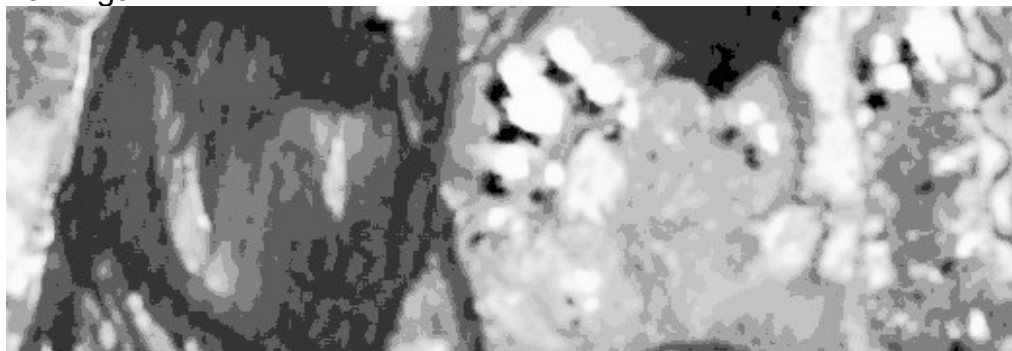
As imagens resultantes do processo de realce das feições geomorfológicas submersas (Figura 3) foram classificadas de forma supervisionada pelo valor do pixel.

A distinção das feições emersas foi realizada através da análise, e reclassificação temática de acordo com documentos cartográficos do projeto RADAM (BRASIL, 1974a; 1974b), o mapeamento geológico do Programa Geológico Brasileiro (BRASIL, 2004a; 2004b) e do Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI) da área. No processo de reclassificação temática, as áreas na imagem cobertas por nuvens e sombras de nuvens também foram reclassificados.

Tendo como referências documentais os mapeamentos geológico e geomorfológico do Projeto RADAM (BRASIL, 1974a; 1974b), o mapeamento

geológico do Programa Geológico Brasileiro (BRASIL, 2004a; 2004b) e mapeamento de solos da SEMAS-PA (PARÁ, 2013), identificaram-se as unidades geológicas e os tipos de solos do Tabuleiro do Embaubal, as quais foram validadas em campo.

Figura 3 - Resultado da aplicação de filtro passa média baixa 3x3 com contraste em Landsat 5 para trecho do Tabuleiro do Embaubal, baixo rio Xingu.



Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017)

2.2.1.2.3 Usos da Terra e Cobertura Vegetal

Com o uso das faixas do vermelho e infravermelho próximo do Landsat8 calculou-se o NDVI (Equação 2) para ano de 2016, e identificou-se as classes de cobertura vegetal Floresta Ombrófila Aluvial e Formação Pioneira Arbustiva e Herbácea de influência fluvial, e as áreas ocupadas por água, com os respectivos valores de NDVI: -1 a 0,24; 0,24 a 0,56; e 0,56 a 1.

$$\text{NDVI} = (\text{Irp} - \text{Red}) / (\text{Irp} + \text{Red})$$

Equação 2 - Cálculo do Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI)

onde:

Irp, Banda do Infravermelho Próximo;

Red, Banda do Vermelho

Fonte: Rouse et al. (1974 apud JESEN, 2009)

Auxiliado pelas informações obtidas nos trabalhos de campo nos anos de 2011, 2012, 2014, 2016 em período de cheia (dezembro a maio) e de vazante (junho a novembro), relacionou-se as áreas de cobertura vegetal com os usos Pastagens e

Extrativismo Vegetal, e identificou-se os trechos de transportes de cargas e passageiros e pesca. A classe Sem Cobertura (ou Solo exposto) corresponde a reclassificação das áreas de Barras Móveis do mapeamento de Geomorfologia.

A localização das comunidades, residências e segundas residências e os limites das Unidades de Conservação foram obtidos dos mapeamentos realizados pela SEMAS-PA, e as áreas de mineração do banco de dados do DNPM.

2.2.2 Fase Análise e Diagnóstico

A fase de Análise e Diagnóstico é, sem dúvida, a mais importante das fases da pesquisa, e servem de suporte para fase Prognóstico e Execução. Nessa pesquisa, assim como Mauro *et al.* (1995), optou-se por realizar todos os enfoques analíticos propostos por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) ou seja, analisar os aspectos antropogênicos, as estruturas horizontais e verticais, de funcionamento, a evolução, a ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental do Tabuleiro do Embaubal, entretanto para a sub-bacia do baixo Xingu somente foram realizadas análises da estrutura, das mudanças no uso da terra e do funcionamento, necessárias para o entendimento holístico da paisagem.

2.2.2.1 Unidades Geoecológicas, Funcionamento e Evolução

O mapeamento das unidades geoecológicas foi elaborado através da análise sistêmica e holística das inter-relações verticais dos componentes da paisagem, clima, recursos hídricos, geomorfologia, geologia, solos, cobertura vegetal e usos da terra. Essas unidades foram hierarquizadas em acordo com a proposta de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), ou seja, organizou-se as classes nas categorias domínio, província, distrito, regiões geoecológicas e unidades geoecológicas.

Para as unidades geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal calculou-se a área e porcentagem de cada unidade geoecológica na paisagem, o número e área de cada parte (fragmentos) das unidades, utilizando o Landscape Ecology Analysis

(LECOS) (MARTIN, 2016) implementado no QGIS, balizado pelos conceitos desenvolvidos por Mcgarigal e Marks (1994).

Nos mapas de regiões geoecológicas do baixo rio Xingu e unidades geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal buscou-se identificar as funções e os fluxos geoecológicos das paisagens em acordo com Christofolletti (1980; 1999) Cunha (2008), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) e Vidal (2014).

Os estudos da evolução geoecológica foram realizados com base em Souza (2015) e nos mapeamentos das unidades geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal elaborados com imagens Landsat dos anos de 1984, 1999 e 2016. Nesses mapeamentos, além das unidades geoecológicas, também foram identificadas as classes submersas 'Leito Profundo do Rio' e 'Praias e Dunas Submersas'.

Com auxílio do *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) (CONGEDO, 2017) calculou-se a mudança na paisagem para os anos citados dois a dois, gerando informações de localização, área e número de pixels modificados, ou não, para cada unidade de paisagem entre os anos 1984-1999, 1984-2016 e 1999-2016.

2.2.2.2 Vulnerabilidade Ambiental

A análise da estabilidade e vulnerabilidade ambiental baseou-se principalmente nos estudos desenvolvidos por Tricart (1977) e Souza (1981; 1998; 2000), sendo que o mapeamento da vulnerabilidade ambiental foi realizado utilizando-se a Lógica Fuzzy e a Análise de Processo Hierárquico (AHP).

A lógica Fuzzy tem sido largamente utilizada em trabalhos de análise espacial desenvolvidos em SIG, e está contida na categoria de análises algébricas de mapas não-cumulativa (ou análises lógicas), junto com a simultaneidade Booleana e a probabilidade Bayesiana (SILVA, 2001), podendo ser definida como parte da lógica matemática que se dedica aos princípios formais do raciocínio incerto, a qual se aproxima do pensamento humano e da linguagem natural (KATINSKY, 1994).

Os critérios escolhidos, unidades geoecológicas, cobertura vegetal, bordas-núcleo e distância de rotas, possuem classes diversas e contribuem com intensidades distintas com a vulnerabilidade ambiental da paisagem Tabuleiro do Embaubal. Assim, cada classe foi convertida para uma mesma unidade temática, a Vulnerabilidade Ambiental. Caracterizando numericamente diferentes níveis de vulnerabilidade ambiental, sendo que os valores de cada tema critério foram apresentados no item 5.4 dessa pesquisa.

Existem vários operadores de análise espacial para a integração de critérios, dentre os quais se destacam o modelo Bayesiano, Redes Neurais, Média Ponderada e o AHP. Este último destaca-se por permitir organizar e avaliar a importância relativa entre critérios, e ponderar a consistência dos julgamentos (CÂMARA et al., 2001).

Os critérios são comparados dois a dois, valorando sua importância para o tema em análise, conforme escala pré-definida, e expressa no Quadro 3, capturando o conhecimento do especialista, que indica o grau de importância relativa entre os critérios comparados.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	Um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial	Um fator é claramente mais importante que o outro.
7	Importância demonstrada	Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática.
9	Importância extrema	A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos	Possibilidade de compromissos adicionais.

Quadro 3 - Quadro dos Valores de Importância para comparação pareada AHP

Fonte: Manual do Usuário do SPRING 5.4.(CÂMARA et al., 2001)

O Quadro 4 indica os valores utilizados na comparação pareada. A razão de consistência deve ser igual ou menor a 0,1, sendo que para essa análise a razão de consistência foi 0,028 e os pesos para cada critério foram apresentados no item 5.4 dessa pesquisa.

Após o cálculo dos pesos e reclassificação temática dos critérios pode-se somar de forma ponderada os critérios. O resultado dessa soma foi classificado em cinco classes de vulnerabilidade ambiental, a saber: muito alta, alta, moderada, baixa e muito baixa. Com auxílio da extensão SCP do QGIS, calculou-se a área de cada classe por unidade geoecológica, e a quantidade e valor de pixel por classe de vulnerabilidade ambiental.

Critérios	UG	CV	BN	DR
UG - Unidade Geoecológicas	1	3	5	9
CV - Cobertura Vegetal	-	1	3	5
BN - Borda e Núcleo	-	-	1	3
DR - Distância de Rotas	-	-	-	1

Quadro 4 - Matriz de Comparação para os Critérios do Tabuleiro do Embaubal

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017)

2.2.3 Fase Prognóstico

O Prognóstico foi construído com ênfase nas potencialidades e limitações de uso das unidades de paisagem do Tabuleiro do Embaubal, tendo o Baixo Rio Xingu como parte dessas discussões, pois essa unidade de paisagem influencia decisivamente no funcionamento, e consequentemente, estrutura, evolução e vulnerabilidade ambiental do Tabuleiro do Embaubal.

Assim, foram identificados a tendência de evolução e funcionamento geoecológico da paisagem, indicando o possível percurso evolutivo e as modificações no funcionamento provocados pela reestruturação paisagística conduzida pela construção de UHE Belo Monte. Analisou-se as UC, Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souza e Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal, propondo formas de usos das unidades geoecológicas, ou readequações dos usos existentes, em acordo com as potencialidades e limitações da paisagem, subsidiando os planos de manejos que serão construídos para as UC.

3 CONTEXTO GEOECOLÓGICO REGIONAL DO TABULEIRO DO EMBAUBAL: SUB-BACIA DO BAIXO RIO XINGU

Entender a estrutura, funcionamento, processo evolutivo, modificações antropogênicas e a estabilidade da paisagem, perpassa por compreender o contexto geoecológico em que a unidade ambiental em destaque está inserida, pois existem inter-relações, conexões das paisagens que não são percebidas a nível local e necessitam ser visualizadas em escala regional. Para o Tabuleiro do Embaubal, delimitou-se a sub-bacia do baixo curso do rio Xingu como unidade regional, pois é nela que ocorrem as principais intervenções antrópicas, que interferem na dinâmica de funcionamento do Tabuleiro do Embaubal, consequentemente, na sua evolução geoecológica.

3.1 Aspectos Climáticos no Baixo Rio Xingu

A área da sub-bacia do baixo curso do Xingu é parte da bacia hidrográfica de um dos principais afluentes do rio Amazonas, localizada no extremo leste do macrodomínio morfoclimático amazônico. De acordo com Ab'Sáber (2003), o macrodomínio amazônico possui fortes entradas de energia solar devido sua posição geográfica, com alto estoque de nebulosidade, baixa amplitude térmica anual, e recebe precipitações pluviais anuais entre 1600 a 3600 mm. A distribuição sazonal das chuvas na bacia amazônica determina grandes flutuações no nível dos rios e canais fluviais (NOVO, 2008). Assim como acontece no rio Negro, segundo Ab'Sáber (2003), a coincidência dos períodos de chuvas nas áreas drenadas pelos rios Xingu e Amazonas provocam níveis da água acima do nível máximo no trecho final do rio Xingu, ou mesmo perduram esse nível, fato que pode ser observado até as proximidade do município Vitória do Xingu, Pará.

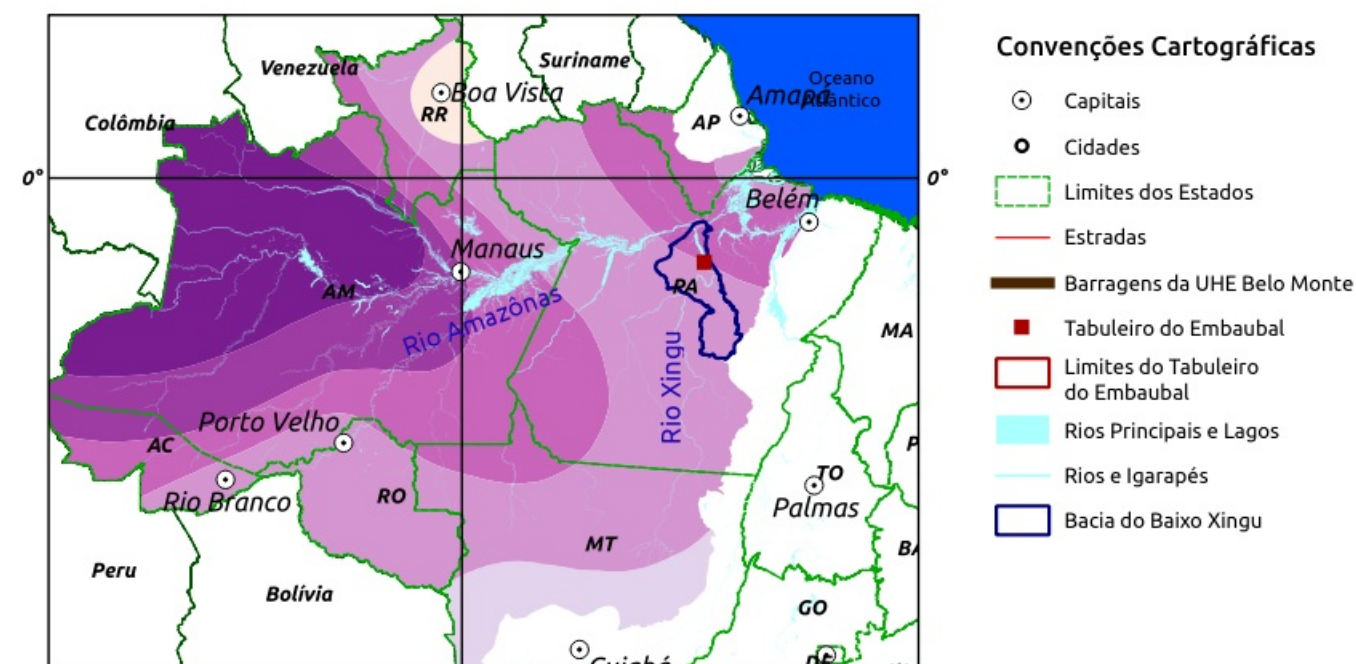
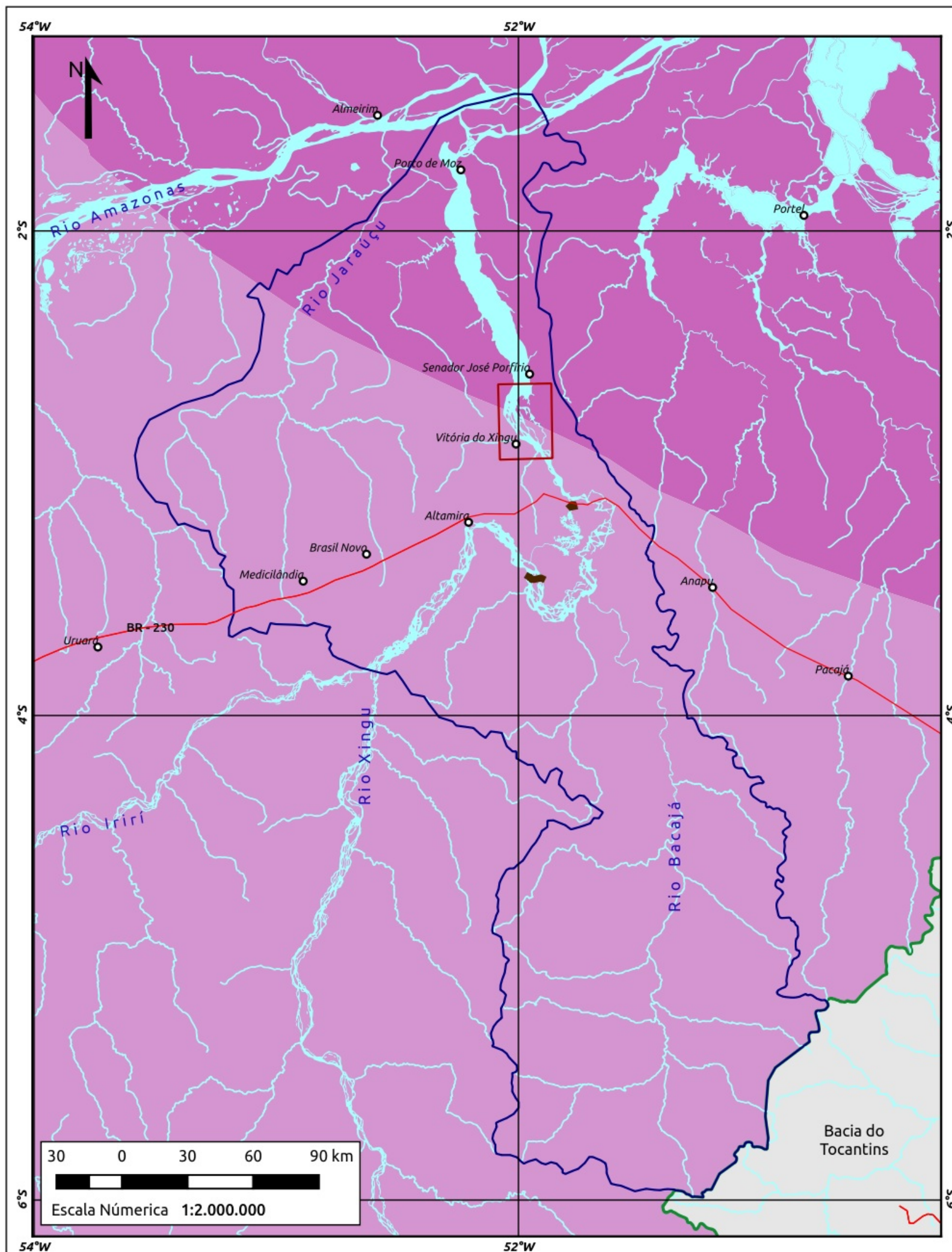
Conforme Nimer (1979), o clima da amazônia brasileira durante quase todo o ano permanece quente, entretanto há eventos de frio no inverno em largas extensões de seu território. Nimer (BRASIL, 2002), baseado em padrões de circulação atmosférica, classifica a Amazônia brasileira na zona climática Equatorial, a qual é caracterizada por possuir elevado índice de chuvas diárias motivadas pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e correntes de perturbação atmosférica

de origem intertropical, sendo que o alto curso do rio Xingu está na zona Tropical Brasil Central, e tem predomínio de atuação do anticiclone do Atlântico sul e duas estações bem definidas: uma chuvosa, e outra seca (NIMER, 1979).

A bacia do rio Xingu (Mapa 1) de acordo com Nimer (1979) encontra-se na região térmica Quente, por possuir médias de temperaturas anuais superiores a 18°C para o mês mais frio. O mesmo autor acrescenta que, quanto à umidade, os períodos com maiores concentrações de precipitações estão entre janeiro e março (verão austral), podendo se estender até maio. Adotando-se mês seco como igual ou inferior ao dobro da temperatura média em °C (GAUSSEN; BAGNOULS, 1953 *apud* NIMER, 1979), a bacia pode ser regionalizada como: semiúmida com 4 a 5 meses secos (ou chuvas insuficientes) no alto curso do rio; úmida com 3 meses secos no médio e baixo curso; e úmida com 1 a 2 meses secos, já próximo a confluência com o rio Amazonas (BRASIL, 2002).

No Gráfico 1 observa-se a variação temporal nos anos de 1984 a 2014 dos totais de pluviométrico das Estações INMET localizadas em Canarana no Mato Grosso (Alto Curso) e as estações de São Félix do Xingu (Médio Curso), Altamira e Porto de Moz (Baixo Curso) no Pará. Os dados mensurados nessas estações indicam totais anuais de chuvas entre 1236,3 e 2965,9 mm, valores mínimo e máximo, ambos registrados no médio curso do Xingu, que diferente das outras estações do INMET analisadas, sofre influência tanto da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), como da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Entretanto, quando verifica-se o valor médio de precipitação entre as estações, a Porto de Moz é a que possui maior média de chuva anual, 2337mm, sendo que somente a estação Canarana, com 1887mm, possui média inferior a 2000mm anuais.

Souza *et al.* (2000) afirma que os períodos chuvoso e seco, ou menos chuvoso, são influenciados pelo fenômeno acoplado oceano-atmosfera o ENOS (El Niño-Oscilação Sul), que exerce papel relevante na variabilidade climática da amazônia (MARENGO 1992; LIEBMANN; MARENGO, 2001), o qual aumenta o volume de precipitação, ou a diminui (FISCH et al. , 1998; FRANCO et al., 2015).



Fonte:
Instituto de Estatística e Geografia - IBGE (BRASIL, 2002)
Agência Nacional das Águas - ANA (BRASIL, 2010)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

Gráfico 1 - Pluviometria Total entre 1984 e 2014, mensurados nas Estações do INMET: Porto de Moz, Altamira, São Félix do Xingu e Canarana – Bacia do Rio Xingu.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017)

A avaliação da média mensal pluviométrica entre 1984 e 2014 (Gráfico 2) indica que o alto curso do rio Xingu possui 5 meses com valores de precipitação inferiores a 50mm (maio a setembro) e o mês de fevereiro com maior média. O médio e o baixo curso possuem de 3 a 5 meses com médias inferiores a 100mm, sendo que as maiores médias são registradas no mês de março para as estações de Altamira e São Felix do Xingu, e em abril para Porto de Moz.

Franco et al. (2015) analisaram os episódios ENOS registrados entre 1979 a 2012, e encontraram evidências que durante os anos de La Niña há ocorrência de regime hidrológico abundante no rio Xingu, que promovem cota fluviométrica em torno de 2 a 4% acima da média, estendendo-se de janeiro a agosto, sendo que em anos de El Niño há preponderância de regime hidrológico deficitário, e as cotas fluviais oscilam entre 3 e 7% abaixo da média nos meses de dezembro a agosto, sendo que o máximo negativo de 11% se processa em maio. Franco *op. cit.* conclui que nas proximidades da sede de Altamira o regime de cheia encontra-se nos meses de março a maio com nível máximo de 682 cm em abril, e regime de vazante nos meses de agosto a outubro com nível mínimo de 260 cm em setembro, indicando uma amplitude anual de até 422 cm.

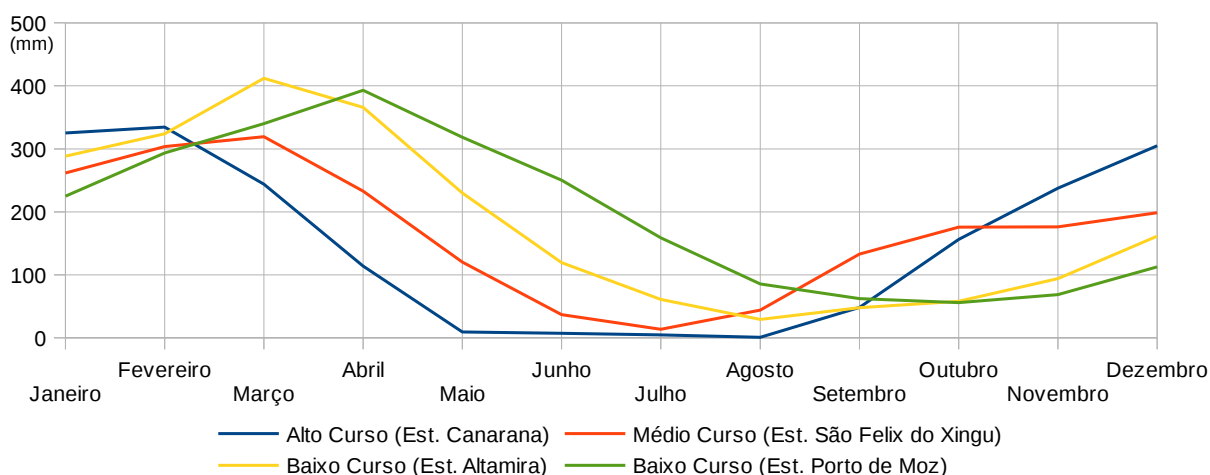


Gráfico 2 - Pluviometria Média Mensal entre 1984 e 2014, mensurados nas Estações do INMET: Porto de Moz, Altamira, São Félix do Xingu e Canarana – Bacia do Rio Xingu

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017)

De acordo com Sioli (1984), as águas dos rios da bacia amazônica podem ser classificadas em águas brancas, águas claras e águas pretas, com base no local de origem e nos processos biológicos dominantes. Assim, para Sioli (1984) as águas do rio Xingu são classificadas como águas claras, justificado pelo local das suas nascentes, localizadas nos escudos brasileiros ainda cobertos por vegetação típica do Cerrado, e, segundo Walker (1990), por estarem associadas a latossolos argilosos que retêm material orgânico e o mineralizam completamente, diferentemente da origem e dos solos dos rios classificados como negros.

3.2 Geologia: Unidades Litoestratigráficas no Baixo Rio Xingu

A bacia do rio Xingu pode ser dividida, sem grande rigor quanto à localização, em seis províncias estruturais: Amazonas e Transamazonas (na sub-bacia do baixo curso), Carajás e Amazônia Central (na sub-bacia do médio curso) e Parecis e Tocantins (na sub-bacia do alto curso). A sub-bacia do baixo Xingu possui 21 unidades litoestratigráficas (Mapa 2) com datações que variam entre o Cenozóico e o Mesoarqueano, ou seja, formações recentes como os depósitos aluvionares com cerca de 1000 anos, a formações como o Complexo Xingu com mais de 2 bilhões de anos (BRASIL, 2004a; 2004b).

As características das unidades litoestratigráficas foram construídas principalmente com base em Vasquez e Rosa-Costa (2008), Brasil (2004a; 2004b) e análise do Mapa 2.

Os depósitos aluvionares cenozóicos estão presentes principalmente na planície fluvial do rio Xingu, para a escala de mapeamento de 1:1.000.000 (BRASIL, 2004a; 2004b), e representa os sedimentos clásticos inconsolidados relacionados às planícies aluvionares atuais com maior concentração no trecho final do rio, próximo à sede municipal de Porto de Moz, constituídos por sedimentos arenosos a argilosos, inconsolidados à semi-consolidados, com níveis de cascalho e de matéria orgânica. Já a cobertura detrítico-laterítica cenozóicas composta por laterita e bauxita, localiza-se no centro-oeste da microbacia do rio Jaraúçu (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008).

Correspondente ao mesozóico, a sub-bacia do baixo Xingu contem as unidades Diabásio Penatecaua e a Formação Alter do Chão. A última está presente, grosso modo, entre a rodovia BR-230 (Transamazônica) até os depósitos aluvionares no início da foz do Xingu, e é constituída por um espesso pacote de arenitos grossos, friáveis, de cores variadas, intercalados com camadas de pelitos e, em menor escala, de conglomerados (TANCREDI, 1996). Daemon (1975 *apud* VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008) descreveu o ambiente de deposição desta unidade como fluvial de alta energia lacustrino-deltáico. Já a Diabásio Penatecaua ocorre como soleiras, diques e raros *stocks*, que estão intrudidas em rochas sedimentares da borda sul da Bacia do Amazonas (COSTA et al. , 2012) e sobre esta, encontram-se as sedes municipais de Medicilândia e Altamira.

No Período Devoniano tem-se a Formação Ererê, composta por siltito com intercalações de arenito e folhelho, e a Formação Maecuru, com arenito e pelito bioturbados (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). Localizadas na borda da bacia sedimentar do Amazonas, ambas compõem a Província Espeleológica Altamira-Itaituba, na qual já foram registrados 50 abrigos, grutas e cavernas (LEME Engenharia, 2009) na porção contida na sub-bacia do baixo Xingu.

As unidades estratigráficas São José, Granitóide Bacajaí, Suíte Intrusiva Maloquinha e Granodiorito Oca compõem as Suítes Graníticas Anorogênicas. São José e a Granitóide Bacajaí são compostas por sienogranito e monzogranito. A Suíte Intrusiva Maloquinha é composta por granito, sienogranito, monzogranito e granodiorito, e ocorrem como *stocks* e batólitos com formas circulares, elipsoidais a irregulares, geralmente orientados segundo direções que variam de N-S a NW-SE (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). Em relação à Granodiorito Oca, João et al. (1987) indicam que são plutons de granitóides intrusivos na sequência Três Palmeiras, composto por granodiorito e monzogranito, que ocorrem em destaque na região da Volta Grande do Xingu, trecho do rio Xingu entre as sedes municipais de Altamira e Vitória do Xingu.

No paleoproterozóico encontra-se o vulcanismo Uatumã, correspondente ao Grupo Iriri Indiviso, compostos por riolito, tufo, riodacito e dacito. As Suítes Graníticas Orogênicas Monzogranitos João Jorge são batólitos e plutons graníticos, geralmente de formas alongadas segundo o *trend* regional NW-SE composta por monzogranito, sienogranito e milonito. E a unidade Metavulcanosedimentar Serra do Tapa composta pela unidade Granitóide Felício Turvo ocorre como um corpo lenticular orientado segundo NW-SE constituído por granitóide milonitizado (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008).

Já no Neoarqueano, as Unidades Metavulcanosedimentares correspondem a Formação Azulona do Grupo Aquiri, e a Anfibolito Itatá. A Formação Azulona é constituída por metabasaltos com intercalações de metaultramáficas subordinadas, metarriolitos, metatufos de cristal, metalapilli tufos e formações ferríferas de fácies óxido. Enquanto o Anfibolito Itatá é composto por actinolita xisto e anfibolito. O charnokitóides Piriclasito rio Preto ocorre, geralmente, como corpos alongados e estreitos, com *trend* WNW-ESE, formadores de fortes anomalias aeromagnetométricas e o Enderbito cajazeiras composto por charnockito, enderbito e kinzigito. A Suíte Granulite Direita tem composição de granulito e minolito e a Kinzigito Ipiaçava, de kinzigito. O Complexo Xingu é composto por gnaiss tonalítico e granodiorítico, e granitóide indiferenciado (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008).

O Quadro 5 indica as características relacionadas aos níveis de deformação tectônica, cisalhamento, fratura e aspecto, grau de resistência ao

intemperismo físico e químico, a porosidade primária e a característica da unidade lito-hidrogeológica das unidades litoestratigráficas da sub-bacia do baixo Xingu.

Unidade litoestratigráfica	Área (km²)	Área (%)	Deformação			Resistência ao intemperismo		Porosidade Primária
			Tectônica	Cisalhamento / Fratura	Aspecto	Físico	Químico	
Depósitos Aluvionares	2730,32	4,17	Não dobrada	Não fraturada	Estratificada	Não se aplica	Não se aplica	Alta - (>30%)
Cobertura Detrito-laterítica	3961,94	6,06	Não dobrada	Pouco a moderadamente fraturada	Concrecional/ Nodular	Moderada a alta	Moderada a alta	Variável - (0 a >30%)
Formação Alter do Chão	18760,98	28,68	Não dobrada	Pouco a moderad. fraturada	Estratificada	Baixa a alta na vertical	Baixa a alta na vertical	Alta - (>30%)
Diabásio Penatecaua	791,13	1,21	Não dobrada	Pouco a moderad. fraturada	Maciça	Baixa	Baixa	Baixa - (0 a 15%)
Grupo Curua - Formação Ererê	590,03	0,90	Não dobrada	Pouco a moderad. fraturada	Estratificada	Baixa a alta na vertical	Baixa a alta na vertical	Alta - (>30%)
Formação Maecuru	611,78	0,94	Não dobrada	Pouco a moderad. fraturada	Estratificada	Baixa	Baixa a alta na vertical	Variável - (0 a >30%)
Formação Triunfo	123,37	0,19	Não dobrada	Intensamente fraturada	Acamadada	Moderada a alta	Moderada a alta	Alta - (>30%)
Suíte Intrusiva Maloquinha	125,27	0,19	Não dobrada	Pouco a moderad. fraturada	Maciça	Moderada a alta	Moderada a alta	Baixa - (0 a 15%)
Granitóide Bacajaí	56,03	0,09	Não dobrada	Pouco a moderad. fraturada	Variável	Moderada a alta	Moderada a alta	Baixa - (0 a 15%)
São José	211,46	0,32	Não dobrada	Intensamente fraturada	Maciça	Moderada a alta	Moderada a alta	Baixa - (0 a 15%)
Granodiorito Oca	342,38	0,52	Não dobrada	Pouco a moderad. fraturada	Maciça	Moderada a alta	Moderada a alta	Baixa - (0 a 15%)
Vulcanismo Uatumã	20,80	0,03	Não dobrada	Intensamente fraturada	Maciça	Moderada a alta	Moderada a alta	Baixa - (0 a 15%)
Monzogranito João Jorge	2307,90	3,53	Não dobrada	Intensamente fraturada	Maciça	Moderada a alta	Moderada a alta	Baixa - (0 a 15%)
Granitóide Felício Turvo	1208,88	1,85	Não dobrada	Intensamente fraturada	Gnáissica	Moderada a alta	Moderada a alta	Baixa - (0 a 15%)

Unidade litoestratigráfica	Área (km²)	Área (%)	Deformação			Resistência ao intemperismo		Porosidade Primária
			Tectônica	Cisalhamento / Fratura	Aspecto	Físico	Químico	
Grupo Aquiri - Formação Azulona	184,56	0,28	Pouco a moderadamente dobrada	Zonas de cisalhamento	Maciça	Baixa	Baixa	Baixa - (0 a 15%)
Anfibolito Itatá	1971,32	3,01	Pouco a moderadamente dobrada	Intensamente fraturada	Variável	Baixa a alta na horizontal e na vertical	Baixa a alta na horizontal e na vertical	Variável - (0 a >30%)
Piriclasito Rio Preto	339,05	0,52	Não dobrada	Zonas de cisalhamento	Maciça	Baixa	Baixa	Baixa - (0 a 15%)
Enderbito Cajazeiras	9559,68	14,61	Não dobrada	Zonas de cisalhamento	Bandada	Moderada a alta	Moderada a alta	Baixa - (0 a 15%)
Suíte Granulite Direita	92,23	0,14	Não dobrada	Zonas de cisalhamento	Maciça	Baixa a alta na horizontal e na vertical	Baixa a alta na horizontal e na vertical	Baixa - (0 a 15%)
Kinzigito Ipiaçava	181,77	0,28	Intensamente dobrada	Pouco a moderadamente fraturada	Maciça	Baixa a alta na horizontal e na vertical	Baixa a alta na horizontal e na vertical	Baixa - (0 a 15%)
Complexo Xingu	18667,08	28,54	Intensamente dobrada	Pouco a moderadamente fraturada	Bandada	Baixa a alta na horizontal e na vertical	Baixa a alta na horizontal e na vertical	Baixa - (0 a 15%)

Quadro 5 - Unidades Litoestratigráficas segundo a Área, Deformação, Resistência ao Intemperismo, Porosidade e Característica da Unidade Lito-hidrogeológica da Sub-bacia do baixo Xingu.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado de Brasil (2013; 2004a; 2004b)

3.3 Geomorfologia, Solos e Cobertura Vegetal no Baixo Rio Xingu

O CPRM executou mapeamento dos domínios de relevo para o estado do Pará (BRASIL, 2013), e com base nesse mapeamento selecionou-se para sub-bacia do rio Xingu quatro domínios geomorfológicos e nove unidades geomorfológicas, representados no Mapa 3. Ramos et al. (2013) destaca que o CPRM teve como objetivo identificar os padrões de relevo na escala de 1:1.000.000, através de análise morfológica do relevo com base em fotointerpretação da textura e rugosidade dos terrenos de imagens de sensores remotos como Landsat e SRTM. As unidades geomorfológicas foram quantificadas quanto à área e qualificadas quanto à declividade em grau e amplitude topográfica no Quadro 6.

Unidade de Relevo	Área (km²)	Área (%)	Declividade	Amplitude Topográfica (m)
Colinas Amplas e Suaves	21133,77	31,83	3 a 10°	20 a 50
Colinas Dissecadas e Morros Baixos	16299,90	24,55	5 a 20°	30 a 80
Morros e de Serras Baixas	7789,81	11,73	15 a 35°	80 a 200
Inselbergs	465,23	0,70	25 a 45°	50 a 500
Planaltos e Baixos Platôs	3961,88	5,97	0 a 5°	20 a 50
Planícies Fluviais	2739,08	4,13	0 a 3°	0
Tabuleiros	5121,96	7,72	0 a 3°	20 a 50
Tabuleiros Dissecados	4202,72	6,33	0 a 3°	20 a 50
Vales Encaixados	1109,47	1,67	10 a 25°; e maiores de 45°	100 a 300

Quadro 6 - Unidade de Relevo da Sub-bacia do baixo Xingu quanto a Área, Declividade e Amplitude Topográfica.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado de Brasil (2013; 2004a; 2004b)

Os domínios geomorfológicos mapeados foram caracterizados de acordo com Dantas e Teixeira (2013) e análise do Mapa 3, e subsídios teóricos de Santos et al. (2011) e Brasil (2009).

O domínio geomorfológico *planícies fluviais* ocorre ao longo do extremo norte da sub-bacia, na calha do rio Xingu e alguns de seus afluentes, para a escala de 1:1.000.000. São compostas por sedimentos fluviais de idade quaternária, e possuem presença de diversificadas formas de relevo, destacando-se planícies de inundação sazonalmente inundáveis, vale fluvial afogado em forma de rias, praias fluviais, planícies de decantação fluvio-lacustres, dentre outras. As planícies que margeiam os rios de águas clara, como o Xingu, “apresentam pouca sedimentação aluvial, decorrente de baixa carga de sedimentos em suspensão e também de baixa concentração de sesquióxidos de ferro” (DANTAS; TEIXEIRA, 2013, p. 32). Existe um amplo domínio de solos hidromórficos, muito mal drenados e de alta fertilidade natural com predomínio de Gleissolos Háplicos Eutróficos ou Distróficos com argilas de atividade associados a Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos, recobertos por Formações Pioneiras Arbórea Arbustiva e/ou Herbácea, e Floresta Ombrófila Densa Aluvial.

O domínio Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental, denominados pelo IBGE (1995) de Tabuleiros do Baixo Rio Amazonas, tem em seus limites presença de feições geomorfológicas tais como tabuleiros, vales encaixados, planaltos, baixos platôs, colinas dissecadas e morros baixos. Ocupando a porção entre a planície fluvial amazônica e os planaltos dissecados da borda sul da bacia amazônica, corresponde à área abrangida pela Bacia Sedimentar do Amazonas, em grande parte constituída pela Formação Alter do Chão. O rio Xingu, ao atravessar esse domínio, produz ria fluvial semelhante à produzida pelo rio Tapajós (bacia hidrográfica vizinha imediata, à Oeste), de grandes proporções que, segundo Dantas e Teixeira (2013), sugerem uma componente neotectônica pela configuração morfológica em ria. Sobre esse domínio na porção contida na sub-bacia em estudo, desenvolve-se Floresta Ombrófila Densa de terras baixas sobre solos bem drenados e de baixa fertilidade natural, espessos e lixiviados, com predominância de Latossolos Amarelos distróficos, por vezes associados à Plintossolos Pétricos Concrecionários (BRASIL, 2011).

Já no domínio Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia Amazônica, além dos Latossolos Amarelos Distróficos associados aos Plintossolos Pétricos Concrecionários, ocorrem Nitossolos Vermelhos Distróficos, também associados à Chernossolos Argilúvicos Órticos e Latossolos Vermelhos Eutroféricos. Em geral,

são solos espessos, bem drenados e de baixa fertilidade natural, com exceção dos Nitossolos Vermelhos eutróficos que possuem boa fertilidade natural (DANTAS; TEIXEIRA, 2013; BRASIL, 2011). Nesse domínio há morros e serras altas constituídas pelas Formações Ererê, Maecuru e Diabásio Penatecaua, correspondendo ao limite meridional da Bacia Sedimentar do Amazonas, com cobertura de Floresta Ombrófila Densa Submontana.

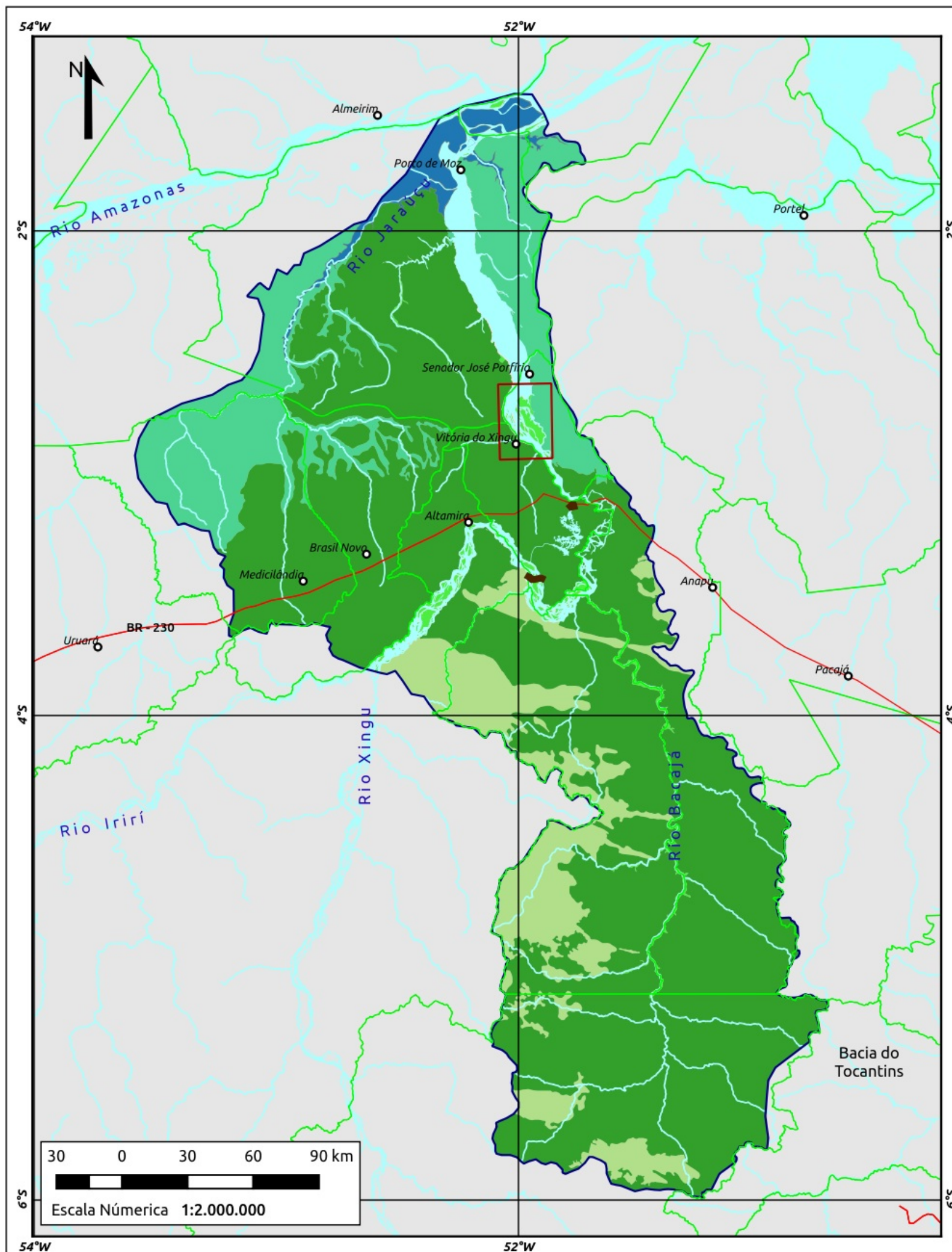
O domínio geomorfológico Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia é constituída por morros, serras baixas, colinas amplas e suaves e inselbergs. São superfícies aplainadas “arrasadas por prolongados eventos de erosão generalizada, conjugados com estabilidade tectônica em escala regional durante o Cenozoico (DANTAS; TEIXEIRA, 2013). Sofreu incipiente dissecação holocênica sob clima úmido, o que lhe conferiu aspecto levemente ondulado, ocasionalmente, desfeito em colinas suaves de topo plano. Sobre esse domínio evoluíram solos pobres e bem drenados do tipo Argissolos Vermelho Amarelos distróficos, por vezes associados à Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos ou Neossolos Litólicos Distróficos, os quais foram cobertos por Floresta Ombrófila Submontana Densa e Aberta.

O Quadro 7 constitui síntese dos tipos de solos e cobertura vegetal para os domínios geomorfológicos presentes na sub-bacia do Baixo Xingu. O Mapa 4 representa a cobertura vegetal dessa sub-bacia, mapeada de acordo com Brasil (2008; 2015).

Domínio Geomorfológico	Tipos de Solos	Cobertura Vegetal
Planícies Fluviais Amazônicas	* Gleissolos Hápicos Ta Eutróficos + Gleissolos Hápicos Ta Distróficos + Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos	* Formações Pioneiras Arbustiva e/ou Herbácea, ambas com Influência fluvial. * Floresta Ombrófila Densa Aluvial
Baixos Platôs da Amazônia Centro- Oriental	* Latossolos Amarelos Distróficos + Plintossolos Pétricos Concrecionários * Latossolos Amarelos Distróficos	* Floresta Ombrófila Densa Submontana * Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas
Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia Amazônica	* Latossolos Amarelos Distróficos + Plintossolos Pétricos Concrecionários * Nitossolos Vermelhos Distróficos * Nitossolos Vermelhos Eutróficos + Chernossolos Argilúvicos Órticos + Latossolos Vermelhos Eutroféricos	* Floresta Ombrófila Densa
Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia	* Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos * Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Neossolos Litólicos Distróficos + Afloramentos de Rochas * Neossolos Litólicos Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Afloramentos de Rochas	* Floresta Ombrófila Densa Submontana * Floresta Ombrófila Aberta Submontana

Quadro 7 - Tipos de Solos e Cobertura Vegetal identificados na Sub-bacia do Baixo Xingu segundo os Domínios Geomorfológicos.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado Santos et al. (2011) e Brasil (2008).



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 4 - COBERTURA VEGETAL DO BAIXO RIO XINGU AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

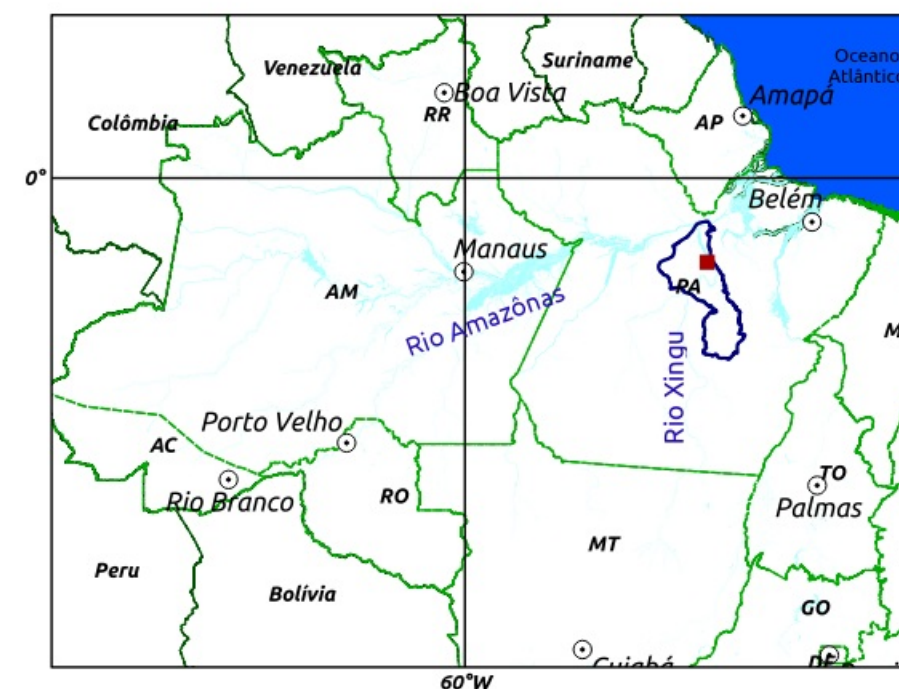
PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO TABULEIRO DO
EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

- Floresta Ombrófila Densa Submontana
- Floresta Ombrófila Aberta Submontana
- Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas
- Floresta Ombrófila Densa Aluvial
- Formações Pioneiras com influencia fluvial - Herbá



Convenções Cartográficas

- Capitais
- Cidades
- Limites dos Estados
- Limites Municipais
- Estradas
- Barragens UHE Belo Monte
- Tabuleiro do Embaubal
- Limites do Tabuleiro do Embaubal
- Rios Principais e Lagos
- Rios e Igarapés
- Bacia do Baixo Xingu

Fonte:
Instituto de Estatística e Geografia - IBGE (BRASIL, 2008)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

3.4 Usos da Terra no Baixo Rio Xingu

A Amazônia Brasileira passou por momentos distintos de intervenções nas paisagens. Prates e Bacha (2011) consideram que até a década de 1960, o aproveitamento dos recursos naturais não promoveu grandes danos ambientais. Entretanto, os autores destacam que a fase de intervenção militar no Brasil entre as décadas de 1960 e 1980 foi desastrosa ambientalmente e socialmente, fato comprovado pelo largo avanço do desmatamento e conflitos por terras. Hoje, o desenvolvimento da Amazônia é marcado pelo estímulo de mercado, com importância significativa dos madeireiros, pecuaristas e grandes agricultores (PRATES; BACHA, 2011).

Dentre os principais fatores que favorecem a degradação das florestas amazônicas, Barreto et al. (2011) elencaram: o tamanho da população, a renda do município, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita municipal, o preço das mercadorias agrícolas, a distribuição de crédito rural, a proximidade às estradas, o estado atual de desmatamento e a proximidade a desmatamentos anteriores.

Na Tabela 1 estão representados os valores de desflorestamento para cada ano entre 2005 e 2014 e o acumulado para a sub-bacia do baixo rio Xingu, a qual já possui 20,47% dos seus 65.414 km² com vegetação suprimida, sendo anualmente desflorestados em média 328,8 km², de acordo com dados do Programa PRODES (BRASIL, 2015).

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Área (km ²)	700,4	333,9	543,0	255,5	278,5	281,9	457,3	118,6	180,3	138,4
Acumulado (km ²)	10803,8	11137,7	11680,7	11936,2	12214,7	12496,6	12953,9	13072,5	13252,7	13391,2

Tabela 2 - Área de Desflorestamento e total Acumulado (km²) para a Sub-bacia do Baixo Rio Xingu entre 2005 e 2014.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado de Programa PRODES (BRASIL, 2015)

A sub-bacia em 2014 acumula 13.391,2 km² de área com cobertura vegetal totalmente retirada, sendo que 2.587,3km² de novas áreas foram desflorestadas em dez anos de desflorestamento. Do total já desflorestado, as áreas recobertas por Floresta Ombrófila Densa Submontana foram as mais

afetadas em números absolutos e percentuais, como pode ser observado na Tabela 3.

Entre os anos de 2005 e 2014 o incremento do desflorestamento reduz seus valores percentuais (Gráfico 3), entretanto nos anos 2005, 2007 e 2011 os valores foram acima da média (3,63 %) para o referido período. O ano de 2011 foi marcado pelo início efetivo das obras para construção da UHE de Belo Monte, na Volta Grande do Xingu, entretanto Costa (2013) afirma que a expectativa de instalação da UHE já havia provocado mudanças no cenário econômico de Altamira, principal cidade no entorno da obra.

Cobertura Florestal	Área Original (km ²)	Área Desflorestada	
		(km ²)	(%)
Floresta Ombrófila Densa Submontana	44.164,01	11.168,22	25,29
Floresta Ombrófila Aberta Submontana	7.040,88	780,08	11,08
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas	9.390,45	1.285,20	13,69
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	974,44	34,44	3,53
Formações Pioneiras com influência fluvial	1.451,16	13,83	0,95

Tabela 3 - Área em km² e Percentual desflorestadas até 2014 da Cobertura Florestal Original da Sub-bacia do Baixo rio Xingu.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017)

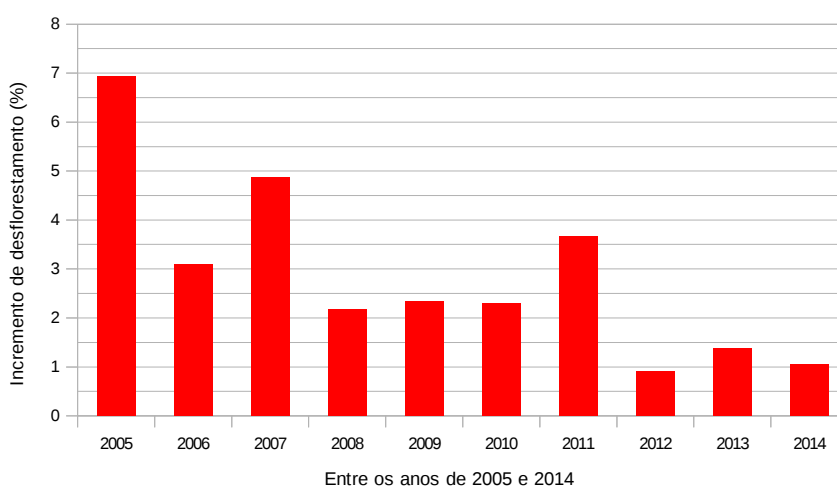


Gráfico 3 - Incremento Percentual do Desflorestamento entre os Anos de 2005 e 2014 para Sub-bacia do Baixo Rio Xingu

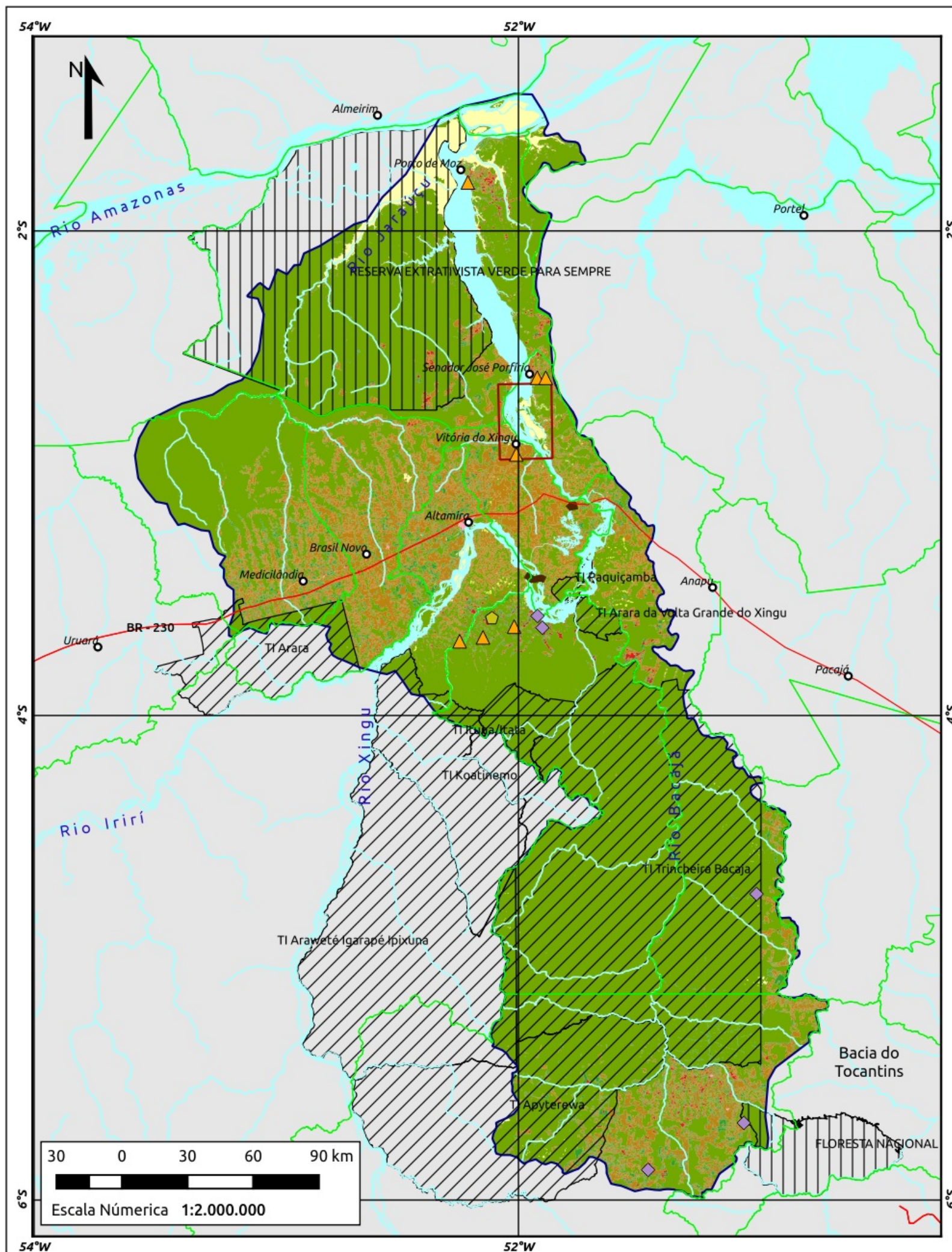
Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado Brasil (2015)

Barreto et al. (2011) aponta que a instalação da UHE Belo Monte aumenta o risco de desflorestamento, e projeta para sub-bacia do baixo rio Xingu cerca de 800 a 5.316 km² de novas áreas desflorestadas em 20 anos. Esses valores podem ser ainda maiores, tendo em vista as limitações técnicas de mapeamento do PRODES, que, de acordo com Doblas (2015), não consegue identificar a supressão parcial do dossel florestal, o chamado desmatamento seletivo.

Nesse contexto de desflorestamento, as Unidades de Conservação (UC) e as Terras Indígenas (TI) tornam-se áreas de resistência ao avanço da degradação florestal. Barreto et al. (2011) acrescentam que a vulnerabilidade da floresta ao desflorestamento está relacionada às condições naturais, como o tipo de solo, e a efetivação da proteção legal das UC e TI. O relatório da *World Reserch Institute* (STEVENS et al., 2014) confirma a relação de resistência ao desflorestamento no Brasil e em outras partes do mundo, e indica a ampliação de áreas destinadas a populações indígenas, sendo que IPAM (2015) obtém a mesma conclusão em estudo realizado na Amazônia brasileira. Paiva et. al. (2012) afirma para a UC Parque Nacional da Serra do Pardo, localizado na bacia do rio Xingu, que após sua criação houve redução do desflorestamento nos limites do parque, com aumento somente nas áreas de entorno da UC, demonstrando também a importância das UC para a proteção das florestas.

No Mapa 5 é possível observar que os usos da terra na sub-bacia do Baixo Rio Xingu é pouco presente na UC Reserva Extrativista Verde Para Sempre, e nas TI Paquiçamba, TI Arará da Volta Grande, TI Arará, TI Koatineno, TI Ituna/Itata, TI Trincadeira Bacajá, TI Araweté Igarapé Ipixuna e TI Apyterewa. Os usos concentram-se cerca de 50km para cada lado da rodovia BR-230 (Transamazônica), próximo as sedes municipais de Porto de Moz, Sen. José Porfírio, Vitória do Xingu, Altamira, Brasil Novo e Medicilândia.

De acordo com a classificação proposta pelo IBGE (BRASIL, 2013b), os usos na sub-bacia estão agrupados nas seguintes categorias: Áreas Antrópicas Não Agrícolas, Áreas Antrópicas Agrícolas, Áreas de Vegetação Natural e Águas. Na Tabela 3 foram apresentadas as áreas em percentual das 11 classes de uso da terra, segundo suas categorias.



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 5 - USO DA TERRA DO BAIXO RIO XINGU AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

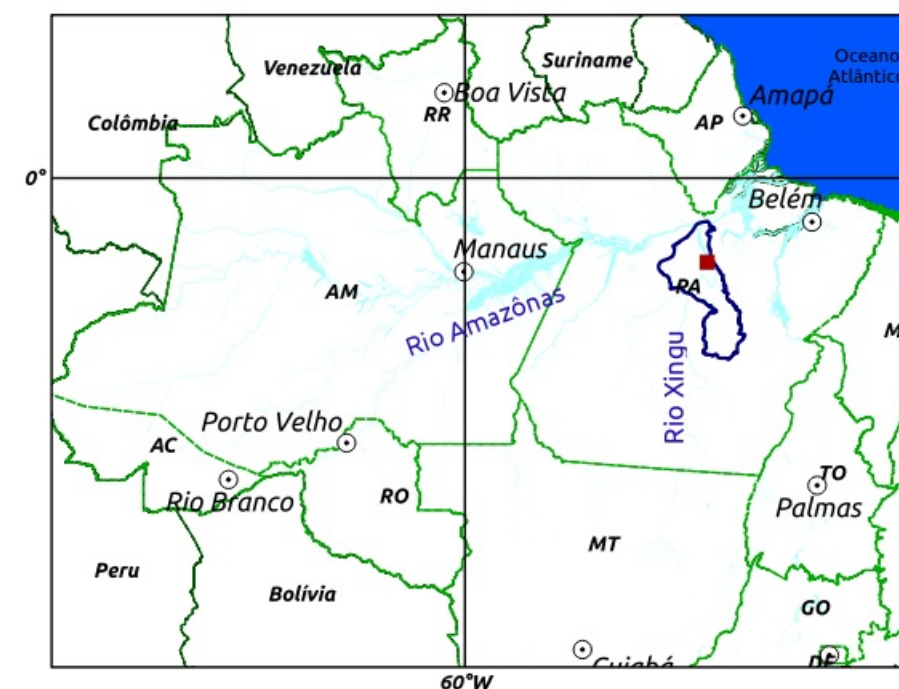
PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO TABULEIRO DO
EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

Áreas Antrópicas Não Agrícolas	● Áreas Urbanas - Sedes dos Municípios
	◆ Áreas de Mineração
Áreas Antrópicas Agrícolas	▲ Culturas Permanentes: cultivos permanentes diversificados
	◆ Silvicultura: áreas reforestadas
	■ Culturas Temporárias: culturas temporárias diversificadas associadas a criação de animais de grande porte
	■ Pastagens: áreas de pastagem com criação de animais de grande porte
	■ Extrativismo Vegetal: áreas desflorestadas, corte raso da floresta
	■ Áreas Florestais em Regeneração: áreas com processo avançado de regeneração da vegetação natural
Áreas de Vegetação Natural	■ Floresta Ombrófila*: extrativismo vegetal em área florestal
	■ Áreas Naturais Não Florestais: Formações Vegetais Pioneiras, afloramentos rochosos, bancos de areia entre outros
	▨ Unidades de Conservação
	▨ Terras Indígenas



Convenções Cartográfica

○	Capitais
●	Cidades
▭	Limites dos Estados
▭	Limites Municipais
—	Estradas
—	Barragens UHE Belo Monte
■	Tabuleiro do Embaubal
▭	Limites do Tabuleiro do Embaubal
—	Rios Principais e Lagos
—	Rios e Igarapés
▭	Bacia do Baixo Xingu

Fonte:
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE e Empresa Brasileira de Agrpecuária - EMBRAPA (BRASIL, 2015)
Instituto de Estatística e Geografia - IBGE (BRASIL, 2002)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

Categorias	Classes	Área (%)
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Áreas Urbanas	0,06
	Áreas de Mineração	0,02
Áreas Antrópicas Agrícolas	Culturas Temporárias	0,12
	Culturas Permanentes	0,02
	Pastagens	14,4
	Silvicultura	0,0001
	Extrativismo Vegetal – Desflorestamento	1,29
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Naturais Não Florestais	2,32
	Florestas	73,6
	Áreas Florestais em Regeneração	3,16
Águas	Corpo d'Água Continental	5,03

Tabela 3 - Categorias de Uso, por Classes de Usos e respectivas Áreas (%) na Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado de BRASIL (2013).

Na categoria Águas foi mapeada somente a classe Corpo d'Água, com 3340,7km², referente principalmente a massa d'água do rio Xingu. Seus usos são diversificados, tais como práticas de lazer e esportivas, caça e pesca de tartarugas, peixes, jacarés, botos dentre outras espécies dependentes das águas dos rios e igarapés da sub-bacia. As águas do rio Xingu também são utilizadas para o transporte de cargas e passageiros em embarcações de pequeno e médio porte, do tipo voadeira, popopô, lanchas e balsas.

O baixo curso do rio Xingu pode ser dividido em dois trechos navegáveis, o primeiro como início nas proximidades de Porto de Moz até a comunidade de Belo Monte, que tem o porto fluvial de Vitória do Xingu o destino principal, e o segundo trecho localizado a montante das cachoeiras da Volta Grande do Xingu.

Na categoria Áreas de Vegetação Natural tem-se as classes de uso: Áreas Naturais Não Florestais, Florestas e Áreas Florestais em Regeneração. As Áreas Naturais Não Florestais possuem 1.539,93km², e representam os locais com afloramentos rochosos, praias e ilhas fluviais, incluindo vegetação do tipo Formações Pioneiras Arbustiva e/ou Herbácea, ambas com influência fluvial. Já nas Florestas inclui-se os tipos Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Submontana e de Terras Baixas e a Floresta Ombrófila Aberta Submontana perfazendo 48.861,94km²,

em grande parte preservados, com destaque para áreas reservadas a manutenção cultural dos povos indígenas.

A classe Áreas Florestais em Regeneração está incluída na categoria Áreas de Vegetação Natural por não se adequar as demais categorias e classes de uso propostas por Brasil (2013b). Essas áreas em regeneração correspondem a antigas áreas de Florestas que foram desflorestadas, e encontram-se em processo avançado de recuperação das condições bióticas naturais. Correspondiam em 2010 a 16,61% das áreas já desflorestadas na sub-bacia do baixo Xingu. No Gráfico 4, pode ser observado o quantitativo das áreas já modificadas na sub-bacia segundo o tipo de uso da terra em 2010.

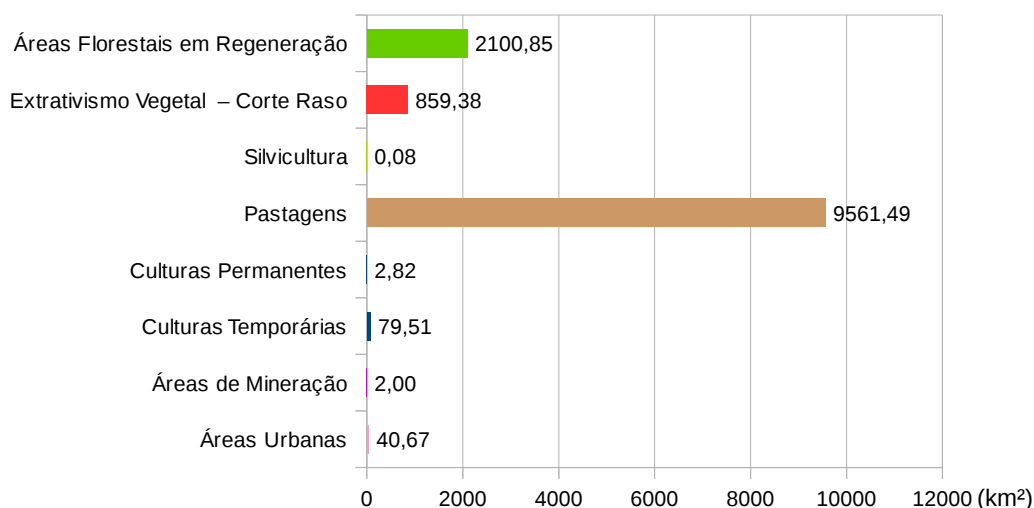


Gráfico 4 - Classes de Usos da Terra das Áreas Desflorestadas até 2010 para Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017) adaptado de BRASIL (2013)

Áreas Urbanas e Áreas de Mineração, incluídas na categoria de uso Áreas Antrópicas Não Agrícolas, somam 42,67km² de área na sub-bacia. As áreas urbanas estão presentes em maior quantidade do que as Áreas de Mineração, 0,32 e 0,02% respectivamente, das áreas já modificadas. A primeira representa a infraestrutura de arruamentos e edificações das sedes dos municípios de Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vitória do Xingu, Altamira, Brasil Novo, Medicilândia, e foram representados de forma pontual no Mapa 5 em virtude da escala de apresentação do mapa. As áreas urbanas desses municípios, principalmente Altamira e Vitória do Xingu, com as obras da UHE Belo Monte, estão passando por

0,02% da área da sub-bacia do Baixo Rio Xingu, nesta classe, a agricultura familiar é praticada de forma conjugada ao subsistema de criação tradicional de gado. As Culturas Permanentes possuem 0,63% das áreas já modificadas na sub-bacia com culturas agrícolas diversificadas. Assim como as culturas permanentes, a Silvicultura representada por Áreas Reflorestadas possui pouca expressão no Baixo Xingu, menos de 0,01% para a escala de mapeamento.

Das Áreas Antrópicas Agrícolas, Extrativismo Vegetal e Pastagem são as mais significativas, contabilizando 82,4% das áreas já modificadas. As áreas de extrativismo em destaque são as áreas que passaram por processo recente de desflorestamento até 2010, e que foram atualizadas quanto à área, discutido anteriormente. As áreas desflorestadas na Amazônia são geralmente, ou em primeiro momento, transformadas em áreas de pastagens de acordo com o Programa TerraClass - INPE/EMBRAPA (BRASIL, 2013). A classe de uso Pastagens refere-se às áreas destinadas a criação de animais de grande porte, agrupando áreas em franco processo produtivo com predomínio de vegetação herbácea, ou vegetação herbácea associada à presença de vegetação arbustiva esparsa, e áreas com exposição de solos (BRASIL, 2013).

Na Tabela 5 estão os números efetivos dos rebanhos de asinino, bovino, bubalino, caprino, equino e muar para sub-bacia. É possível observar, com ponderações quanto a área efetiva do município na sub-bacia, que o rebanho bovino é destaque em todos os municípios, exceto em Gurupá, onde há mais Bubalinos.

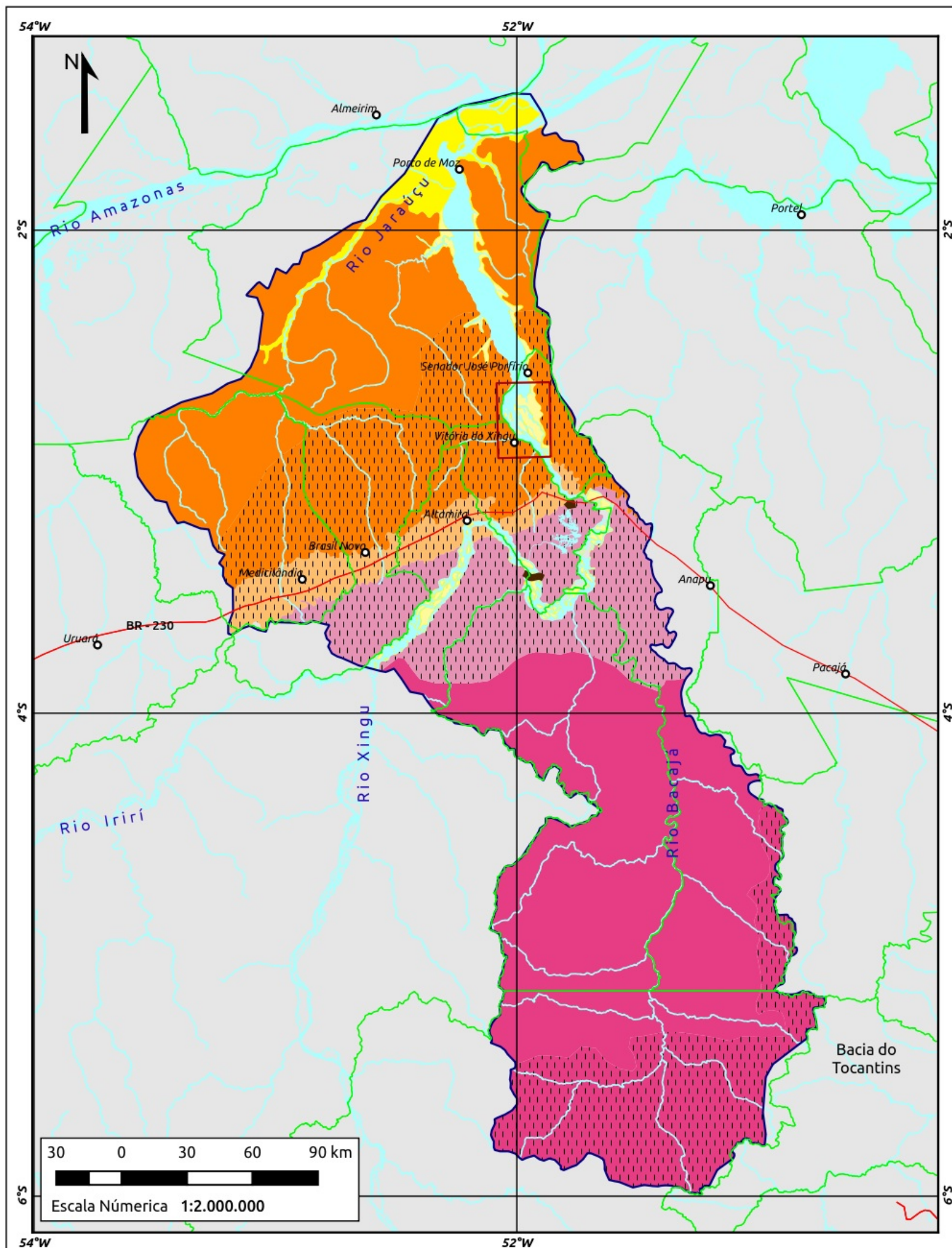
Municípios	Asinino	Bovino	Bubalino	Caprino	Equino	Muar
Porto de Moz	51	57.759	42.907	95	1.775	302
Altamira	260	668.541	552	1.041	6.075	2.302
Anapu	639	225.093	352	473	1.666	1.830
Brasil Novo	89	217.881	66	347	4.481	1.005
Medicilândia	166	133.885	5	382	2.100	960
Senador José Porfírio	45	64.208	831	105	478	401
Vitória do Xingu	55	175.376	21	745	1.889	891
Gurupá	0	5.557	6.764	17	63	0
Portel	10	10.945	1.005	143	184	70
Praia	158	131.306	32.834	2.683	5.650	362
São Félix do Xingu	1.783	2.143.760	1.282	3.094	20.784	11.406

Tabela 5 - Quantidade do Rebanho Asinino, Bovino, Bubalino, Caprino, Equino e Muar para os municípios presentes na Sub-bacia do Baixo Rio Xingu.

Fonte: IBGE – Pesquisa Agropecuária Municipal (PARÁ, 2013)

3.5 Unidades Geoecológicas no Baixo Rio Xingu

Após análise integrada das características dos componentes geoecológicos da sub-bacia do Baixo Rio Xingu, e de acordo com a nomenclatura indicada em Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), classificou-se a sub-bacia em 7 regiões geoecológicas, que estão agrupadas em 3 distritos, 2 províncias e 2 domínios. No Mapa 6 delimita-se espacialmente as unidades geoecológicas, e no Quadro 8 construiu-se uma síntese com as características geológica, geomorfológica, tipos de solos, cobertura vegetal e usos da terra.



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 6 - UNIDADES GEOECOLÓGICAS DO BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

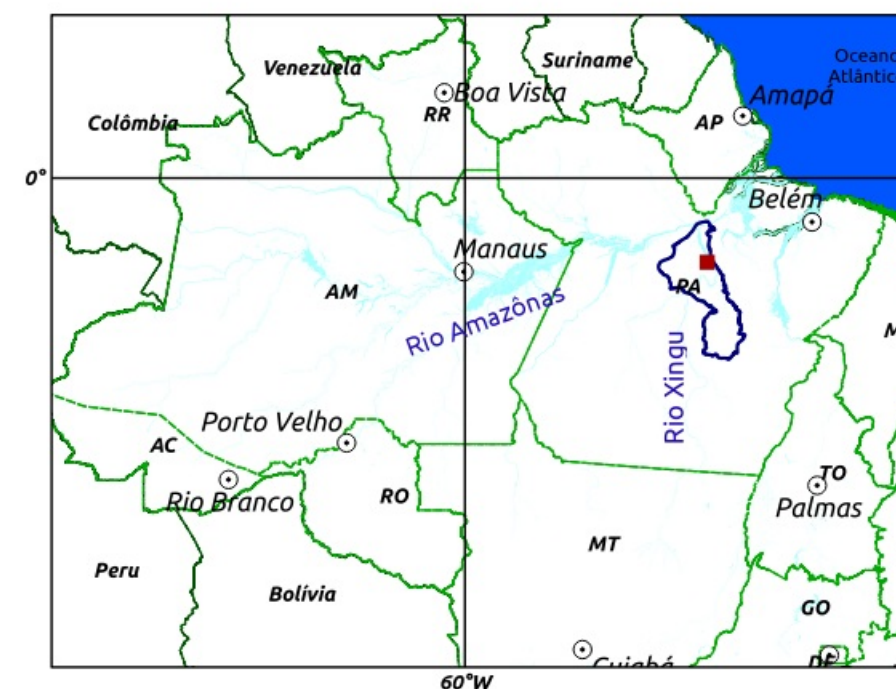
PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO TABULEIRO DO
EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

Domínio	Provincia	Distrito	Regiões Geoecológicas
Bacia Sedimentar Amazônica	Planície e Planaltos da Amazônia Oriental	Planícies Fluviais da Amazônia Centro Oriental	Planície Fluvial do Rio Amazonas
			Planície Fluvial do Rio Xingu
		Baixos Platôs Alter do Chão	Baixos Platôs do Rio Xingu
			Baixos Platôs Transamazônica e Xingu
Escudos do Brasil-Central	Depressão da Amazônia Oriental	Superfícies Aplainadas Rio Xingu	Planaltos Dissecados Transamazônica e Xingu
			Superfícies Aplainadas Transamazônica e Xingu
			Superfícies Aplainadas Trincheira Bacajá
			Superfícies Aplainadas São Félix do Xingu



Convenções Cartográfica

- Capitais
- Cidades
- Limites dos Estados
- Limites Municipais
- Estradas
- Barragens UHE Belo Monte
- Tabuleiro do Embaubal
- Limites do Tabuleiro do Embaubal
- Rios Principais e Lagos
- Rios e Igarapés
- Bacia do Baixo Xingu

Fonte:
Instituto de Estatística e Geografia - IBGE (BRASIL, 2008)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

Domínio	Província	Distrito	Regiões	Características Geoecológicas				
				Geologia	Geomorfologia	Cobertura Vegetal	Solos	Usos da Terra
Bacia Sedimentar Amazônica	Planície e Planaltos da Amazônia Oriental	Planícies Fluviais da Amazônia Centro Oriental	Planície Fluvial do Baixo Rio Amazonas	Depósitos Aluvionares com presença de cascalho, areias e argilas semiconsolidadas à inconsolidadas.	Planícies fluviais, com presença de ilhas e praias fluviais. Inclinação de 0 a 3°, e elevação inferior a 5 m no período de nível mínimo normal.	Predominância de Formações Pioneiras Arbustiva e/ ou Herbácea com influência fluvial, e presença de Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Associação de Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos (Predominante) + Gleissolos Háplicos Ta Distróficos + Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos.	Áreas de Vegetação Natural contida em grande parte na Reserva Extrativista (RESEX) Verde Para Sempre.
			Planície Fluvial do Baixo Rio Xingu	Depósitos Aluvionares com presença de cascalho, areias e argilas semiconsolidadas à inconsolidadas.	Planícies fluviais, com presença de ilhas, praias fluviais e afloramentos rochosos. Inclinação de 0 a 3°, e elevação inferior a 5 m.	Formações Pioneiras Arbustiva e/ ou Herbácea com Influência fluvial, e Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos + Gleissolos Háplicos Ta Distróficos + Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos	Áreas de Vegetação Natural com insipiente culturas temporárias diversificadas associadas a criação de animais de pequeno e grande porte.
		Baixos Platôs Alter do Chão	Baixos Platôs do Baixo Rio Xingu	Cobertura Detrito-laterítica com laterita e bauxita e o predomínio da Formação Alter do Chão composta por arenito grosso, friável de cores variadas.	Vales encaixados, tabuleiros dissecados, e predominância de baixos platôs. Inclinações entre 0 e 20°, e altitudes entre 20 e 50m.	Predominância de Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e Floresta Ombrófila Densa Submontana	Predominância de associações de Latossolos Amarelos Distróficos + Plintossolos Pétricos Concrecionários e presença de Latossolos Amarelos Distróficos	Predominância de áreas naturais, em parte contida na RESEX Verde Para Sempre. Presença de culturas permanentes e temporárias diversificados, Pastagens e Extrativismo Vegetal nas proximidades da área urbana de Porto de Moz.

Quadro 8 - Características Geoecológicas das Regiões da Sub-bacia do Baixo Rio Xingu

Domínio	Província	Distrito	Regiões	Características Geoecológicas				
				Geologia	Geomorfologia	Cobertura Vegetal	Solos	Usos da Terra
Bacia Sedimentar Amazônica	Planície e Planaltos da Amazônia Oriental	Baixos Platôs Alter do Chão	Baixos Platôs da Transamazônica e Xingu	Formação Alter do Chão composta por arenito grosso, friável de cores variadas.	Tabuleiros, colinas e morros baixos dissecados, e predominância de baixos platôs. Inclinações entre 0 e 20°, e altitudes entre 20 e 50m.	Predominância de Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas, ambas intensamente degradadas.	Predominância de associações de Latossolos Amarelos Distróficos + Plintossolos Pétricos Concrecionários e presença de Latossolos Amarelos Distróficos	Inclui as sedes de Senador José Porfírio e Vitória do Xingu. Com predomínio de atividades associadas a Pecuária Extensiva e Extrativismo Vegetal, e presença de áreas florestais em processo de regeneração.
	Borda Sul da Bacia Amazônica	Planaltos Dissecados da Borda Sul	Planaltos Dissecados da Transamazônica e Xingu	Diabásio Penatecaua composto de diques e soleiras de diabásio e derrames de basalto. Formação Ererê com siltito intercalado de arenito e folhelho e Formação Maecuru com arenito e pelito bioturbados.	Colinas e morros baixos dissecados. Inclinações entre 15 a 35°, e altitudes entre 80 a 200.	Floresta Ombrófila Densa Submontana intensamente degradada.	Associações de Latossolos Amarelos Distróficos + Plintossolos Pétricos Concrecionários, associações de Nitossolos Vermelhos Distróficos e associações de Nitossolos Vermelhos Eutróficos + Chernossolos Argilúvicos Órticos + Latossolos Vermelhos Eutroféricos	Inclui as sedes de Medicilândia, Brasil Novo e Altamira. Com predomínio de atividades associadas a Pecuária Extensiva e Extrativismo Vegetal, e presença de áreas florestais em processo de regeneração.

Quadro 8 - Características Geoecológicas das Regiões da Sub-bacia do Baixo Rio Xingu (Continuação)

Domínio	Província	Distrito	Regiões	Características Geoecológicas				
				Geologia	Geomorfologia	Cobertura Vegetal	Solos	Usos da Terra
Escudos do Brasil-Central	Depressão da Amazônia Oriental	Superfícies Aplainadas Rio Xingu	Superfícies Aplainadas Transamazônica e Xingu	Predominância de Charnokitóides do Complexo Xingu; presença de rochas das Suítes Graníticas Anorogênicas Granitóide Bacajá, Maloquinha e Granodiorito Oca; da Suíte Granítica Orogênica Monzogranito João Jorge; da Unidade Metavulcanosedimentar Anfibolito Itatá; e dos Charnokitóides Enderbito Cajazeiras	Morros, Serras Baixas, e predominância de Colinas dissecadas. Inclinações entre 3 a 35°, e altitudes entre 20 a 200.	Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Aberta Submontana, ambas intensamente degradadas.	Associações de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos e associações de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Neossolos Litólicos Distróficos + Afloramentos de Rochas.	Predomínio de atividades associadas a Pecuária Extensiva e Extrativismo Vegetal, e presença de áreas florestais em processo de regeneração e de exploração mineral.
			Superfícies Aplainadas Trincheira Bacajá	Predominância de Charnokitóides do Complexo Xingu e Enderbito Cajazeiras; presença de rochas da Suíte Granítica Orogênica Monzogranito João Jorge; da Unidade Metavulcanosedimentar Anfibolito Itatá e Granitóide Felício Turvo; e dos Charnokitóides Piriclasito Rio Preto e Kinzigito Ipiçava	Morros, Serras Baixas, Inselbergs e predominância de Colinas Amplas e Suaves. Inclinações entre 3 a 35°, e altitudes entre 20 a 200.	Predominância de Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Aberta Submontana.	Predominância de associações de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos e presença de associações de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Neossolos Litólicos Distróficos + Afloramentos de Rochas.	Áreas de Vegetação Natural contida em grande parte na TI Trincheira Bacajá.

Quadro 8 - Características Geoecológicas das Regiões da Sub-bacia do Baixo Rio Xingu (Continuação)

Domínio	Província	Distrito	Regiões	Características Geoecológica				
				<i>Geologia</i>	<i>Geomorfologia</i>	<i>Cobertura Vegetal</i>	<i>Solos</i>	<i>Usos da Terra</i>
Escudos do Brasil-Central	Depressão da Amazônia Oriental	Superfícies Aplainadas Rio Xingu	Superfícies Aplainadas São Félix do Xingu	Rochas da Formação Triunfo; da Suíte Granítica Orogênica São José; da Unidade Metavulcanosedimentares Granitóide Felício Turvo; do Grupo Aquiri - Formação Azulona; do Anfibolito Itatá; e Charnokitóides do Piriclasito Rio Preto, Enderbito Cajazeiras, Suíte Granulite Direita e Complexo Xingu.	Morros, Serras Baixas, Inselbergs e predominância de Colinas Amplas e Suaves. Inclinações entre 3 a 35°, e altitudes entre 20 a 200.	Floresta Ombrófila Densa Submontana intensamente degradada.	Predominância de associações de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, presença de associações de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Neossolos Litólicos Distróficos + Afloramentos de Rochas e de associações de Neossolos Litólicos Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Afloramentos de Rochas.	Predomínio de atividades associadas a Pecuária Extensiva e Extrativismo Vegetal, e presença de áreas florestais em processo de regeneração.

Quadro 8 - Características Geoecológicas das Regiões da Sub-bacia do Baixo Rio Xingu

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

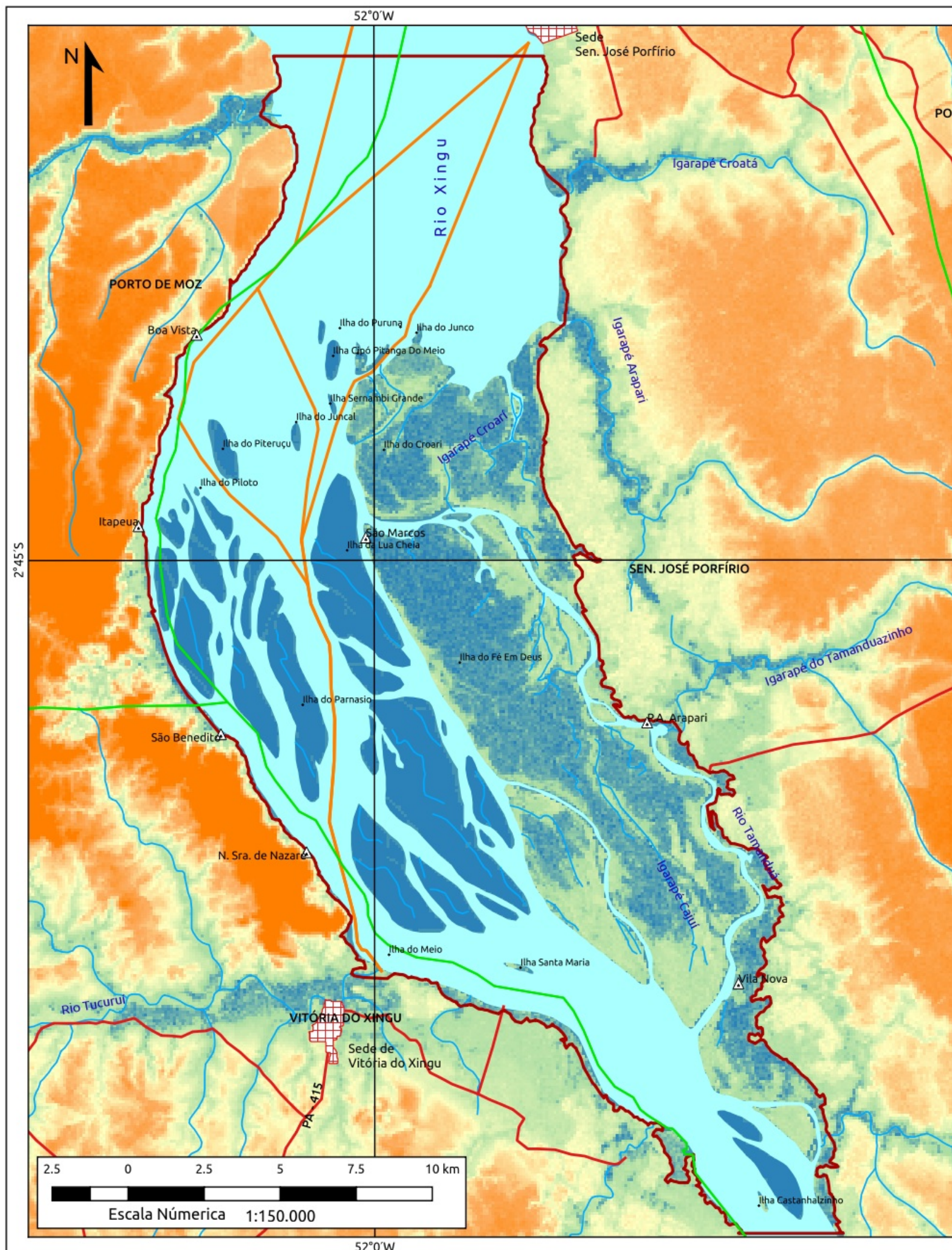
4 COMPONENTES GEOECOLÓGICOS DO TABULEIRO DO EMBAUBAL

O Tabuleiro do Embaubal é uma paisagem fluvial compreendida no trecho inicial da foz afogada do rio Xingu, um dos principais afluentes do rio Amazonas, delimitado entre as latitudes 2°36' e 2°57' Sul, na projeção cartográfica Policônica e *datum* SIRGAS2000, e como limites laterais a planície de inundação excepcional do rio Xingu, assim, inclui praias, ilhas, igarapés, lagoas intermitentes, furos, paranás e a calha principal do rio (Mapa 7). Entre as latitudes limites do trecho fluvial que contém o Tabuleiro do Embaubal são em linha reta cerca de 39km, e nesse trecho do rio Xingu, o leito, em níveis máximo normal da água, possui larguras que variam entre 3 e 14km.

4.1 Fatores Climáticos e Hidrológicos do Tabuleiro do Embaubal

As chuvas que ocorrem na região onde está inserido o Tabuleiro do Embaubal são impulsionadas principalmente pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no hemisfério Sul, com acréscimo e redução do volume médio em momentos influenciados pelos fenômenos, respectivamente, La Niña e El Niño (MARENGO, 1992; LIEBMANN; MARENGO, 2001; FISCH et al. , 1998; FRANCO et al., 2015).

Analisando dados recentes (1984 - 2014) de precipitação e temperatura da Estação Altamira - INMET, a mais próxima do Tabuleiro do Embaubal, e seguindo a metodologia de Nimer (1979), a área de estudo encontra-se na zona climática Equatorial; região térmica Quente, por ter médias de temperaturas anuais superiores a 18°C para fevereiro, o mês mais frio; Úmido por ter 2 meses secos, agosto e setembro, sendo que o período com maior concentração de precipitações de chuva estão entre dezembro e maio, e, por vezes, se estendendo até junho.



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 7 - PLANIALTIMETRIA DO TABULEIRO DO EMBAUBAL BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA
DO TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

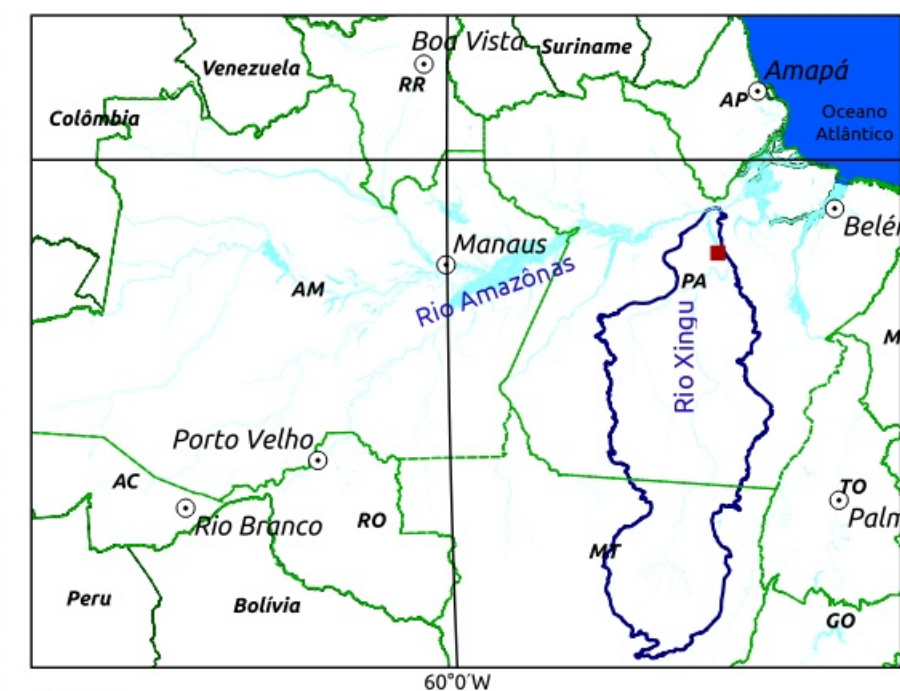
Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

- Capitais
- △ Comunidades
- Limites Estaduais
- Limites Municipal
- Limite da Área de Estudo
- Rodovias e Estradas
- Hidrovias
- Áreas Urbanas
- Bacia do Rio Xingu
- Rios, Igarapés e Furos
- Rios (Massas de Água)

Altimetria

- Até 0 m
- Até 10 m
- Até 40 m
- Até 70 m
- Até 110 m



Fontes:
Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE (2012)
Exército Brasileiro - Diretoria de Serviços Geográficos (2012)
Shuttle Radar Topography Mission - SRTM (2014)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

Na análise do Gráfico 5, percebe-se que existe correlação inversa entre quantidade de chuva e temperatura média, pois quando do aumento de uma, ocorre diminuição da outra. Entretanto, quando se analisa somente os dados de temperatura, observa-se que as temperaturas mínimas não seguem a sinuosidade das linhas de temperatura máximas e médias para todos os meses do ano. No inverno austral, iniciado em junho, as temperaturas máximas e médias aumentam enquanto as mínimas diminuem $0,4^{\circ}\text{C}$, sendo que somente em setembro, fim do inverno austral, retomam o mesmo ritmo das máximas e médias.

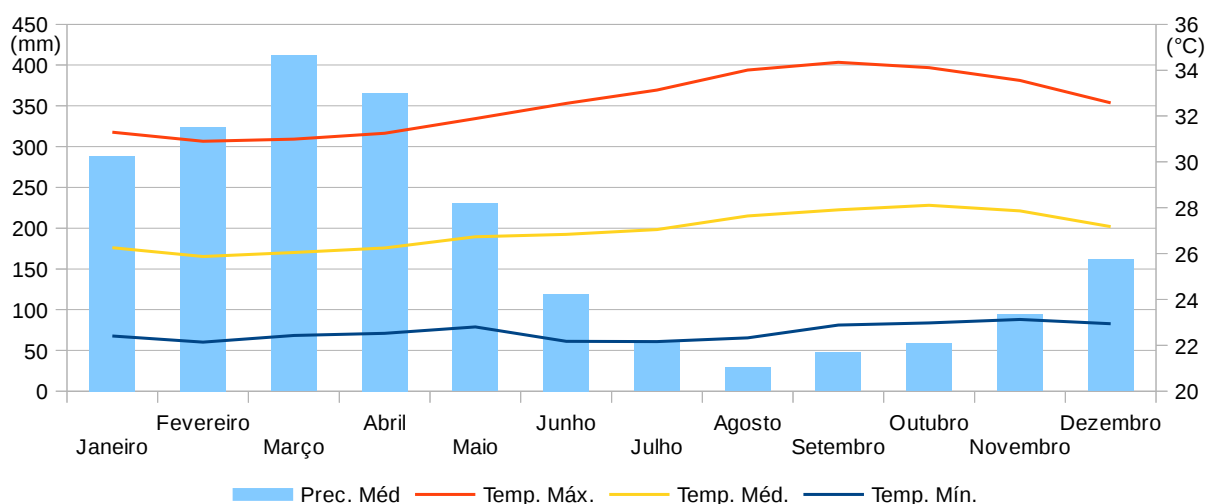


Gráfico 5 - Pluviometria Média e Temperatura Média das Máximas, Médias e Mínimas para os meses entre 1984 a 2014, mensurados na Estação Altamira (INMET) – Baixo Rio Xingu

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

A análise dos dados de temperatura superficial do Tabuleiro do Embaubal do dia 02 de agosto de 2016 (Mapa 8), indica temperaturas que variam de 26 a 32°C . Sendo que as áreas com temperaturas de 26 a 27°C estão relacionadas à superfície das massas d'água e às áreas com Floresta Ombrófila Densa Aluvial; de 27 a 28°C relaciona-se a áreas cobertas por Vegetação Pioneira Arbustivas e Herbáceas; e as temperaturas de 28 a 32°C são relacionadas à pequena área da comunidade Vila Nova e as área sem cobertura vegetal.

processo de expansão urbana, como pode ser observado em Altamira com organização de vários loteamentos urbanos (COSTA, 2013).

Na tabela 4 foram listados todos os município que estão presentes na sub-bacia indicando a área territorial contida na sub-bacia e relacionando com a área territorial total do município, e fez-se referências dos municípios que não possuem áreas urbanas na sub-bacia, ou seja, somente possuem áreas rurais.

Município	Área Territorial (km²)	Área na Sub-bacia (km²)
Porto de Moz	17.423,01	12.956,27
Sen. José Porfírio	14.419,91	13.032,62
Vitória do Xingu	3.089,53	3.006,23
Altamira	159.533,25	3.762,02
Brasil Novo	6.362,57	5.146,57
Medicilândia	8.272,62	6.478,42
Anapu ¹	11.895,50	8.337,81
Gurupá ¹	8.540,11	992,56
Portel ¹	25.384,96	96,09
Prainha ¹	14.786,98	344,31
São Félix do Xingu ¹	84.213,02	10.566,75

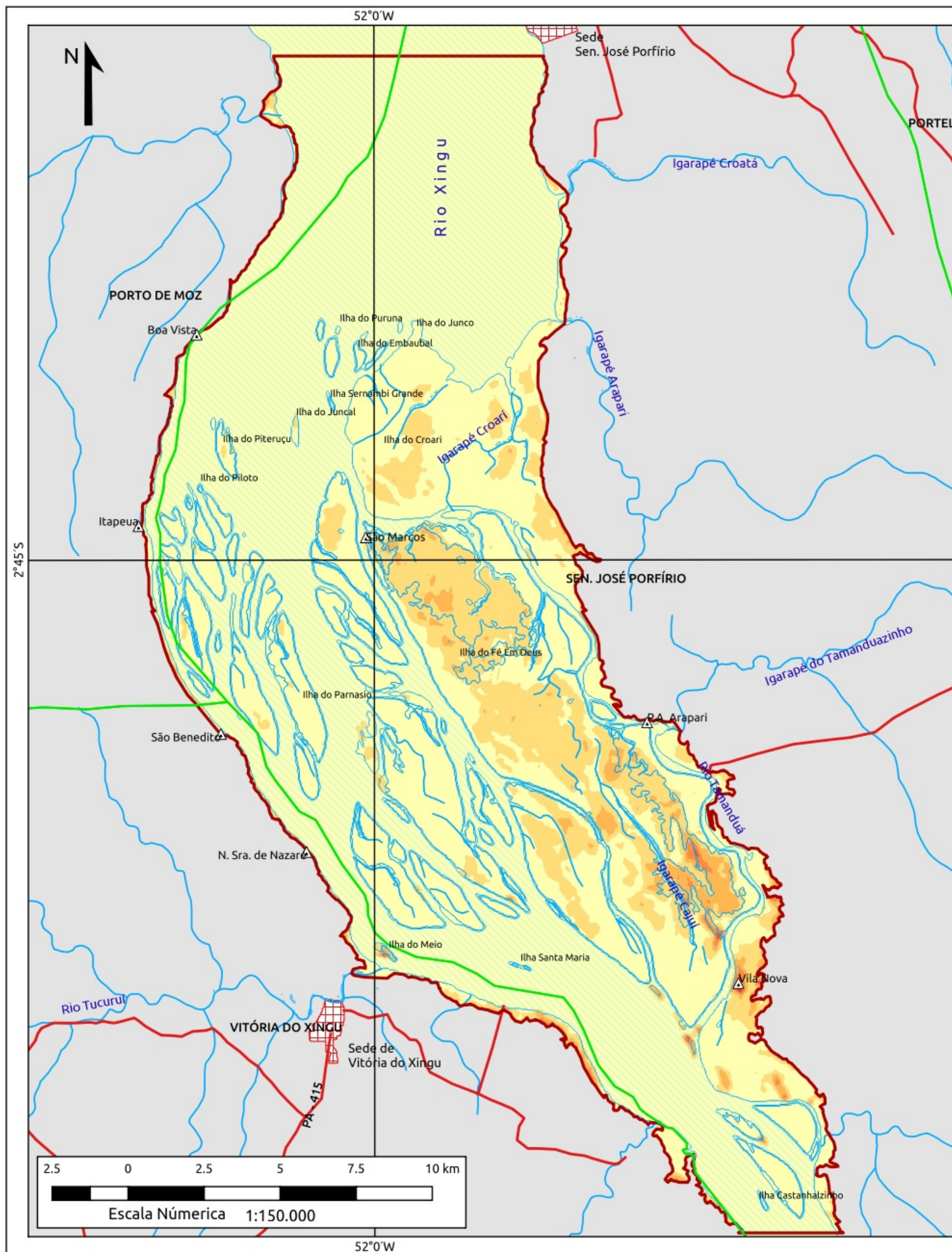
Tabela 4 - Municípios contidos na Sub-bacia do Baixo Rio Xingu, quanto a Área territorial e Área na Sub-Bacia.

¹ Municípios sem sede nos limites da sub-bacia

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

As áreas utilizadas para mineração também foram representadas de forma pontual, e somente foram mapeadas nas proximidades da TI Arara da Volta Grande do Xingu, apesar de existirem outras lavras minerais na área. Segundo DNPM (BRASIL, 2015b), tinha-se registrado até julho de 2015, 7 lavras garimpeiras, sendo que esses números podem aumentar tendo em vista os 350 requerimentos de pesquisa, 159 autorizações para pesquisa, 5 requerimentos de lavra, 90 requerimentos de lavras garimpeiras, 22 requerimentos para licenciamento e 41 licenciamentos registrados para área.

Culturas Temporárias são áreas com práticas agrícolas diversificadas associadas à criação de animais de grande porte (BRASIL, 2013), e correspondem a



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 8 - TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DO TABULEIRO DO EMBAUBAL, BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO
TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

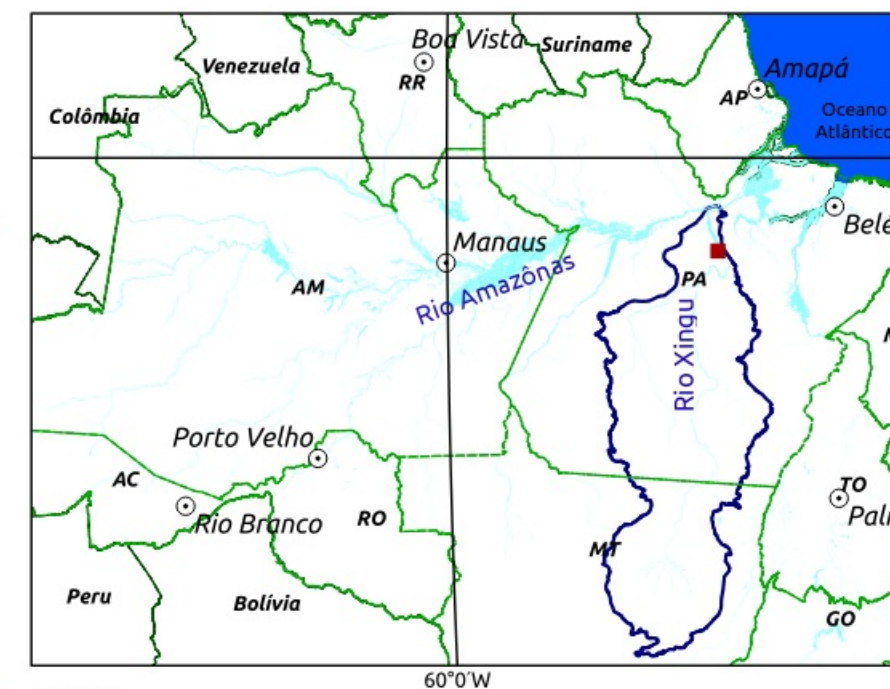
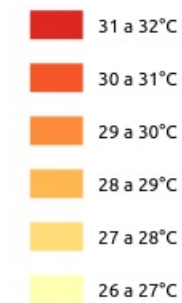
Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

Rios, Paranás, Furos e Igarapés

Temperatura



Convenções Cartográficas

- Capitais
- Comunidades
- Tabuleiro do Embaubal
- Área de Estudo
- Limites Estadual
- Limites Municipal
- Rodovias e Estradas
- Rios, Igarapés e Furos
- Rios Principais
- Bacia do Rio Xingu
- Áreas Urbanas

Fontes:
Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE (2012)
Exército Brasileiro - Diretoria de Serviços Geográficos (2012)
NASA - Programa LANDSAT (2016)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

Analisando-se o Gráfico 1 (Capítulo 3) , sobre pluviometria, e o Gráfico 6, sobre cotas fluviométricas, percebe-se relação direta entre os temas, ou seja, o aumento da precipitação de chuva eleva as cotas altimétricas. Franco et al. (2015) indicam que durante os anos de *La Niña*, há ocorrência de cota fluviométrica acima da média, e em anos de *El Niño* as cotas fluviais tem números abaixo da média, entretanto essa conclusão deve ser considerada somente para à montante da Volta Grande do rio Xingu, pois como pode ser observado no Gráfico 6, não há sincronismo pleno na elevação e rebaixamento das cotas fluviométricas na Estação Altamira e Porto de Moz, pelo fato do nível da água do trecho final do rio Xingu estar também sob influência dos regimes de cheias e vazantes do rio Amazonas.

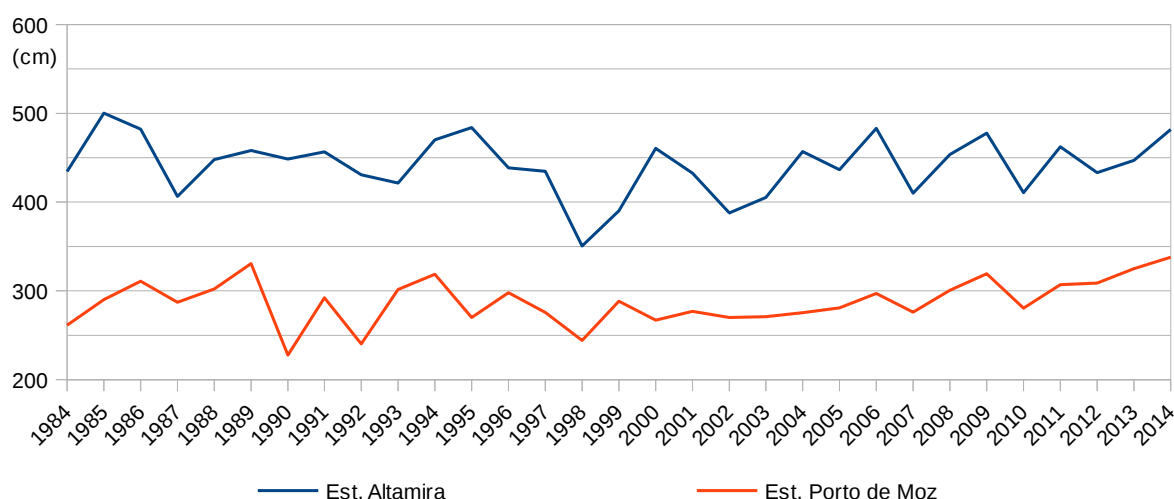


Gráfico 6 - Cota Fluviométrica Média entre 1984 e 2014, mensurados nas Estações da ANA: Porto de Moz e Altamira – Baixo Rio Xingu

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

Apesar de Franco et. al. (2015) concluir que o regime de cheia encontra-se nos meses de março a maio, e regime de vazante nos meses de agosto a outubro para o rio Xingu, também há diferenças quando se analisa as médias para os meses do ano. No Gráfico 7 observa-se que o término dos regimes de cheias e vazantes na foz do rio Xingu ocorrem um mês depois da ocorrência à montante da Volta da Grande, com máximo fluviométrico no mês abril e mínimo em novembro.

Pode-se concluir que os dados fluviométricos da Estação de Porto de Moz da ANA são os que caracterizam melhor o ritmo de elevação e rebaixamento do nível das águas do rio Xingu, no trecho que inclui o Tabuleiro do Embaubal.

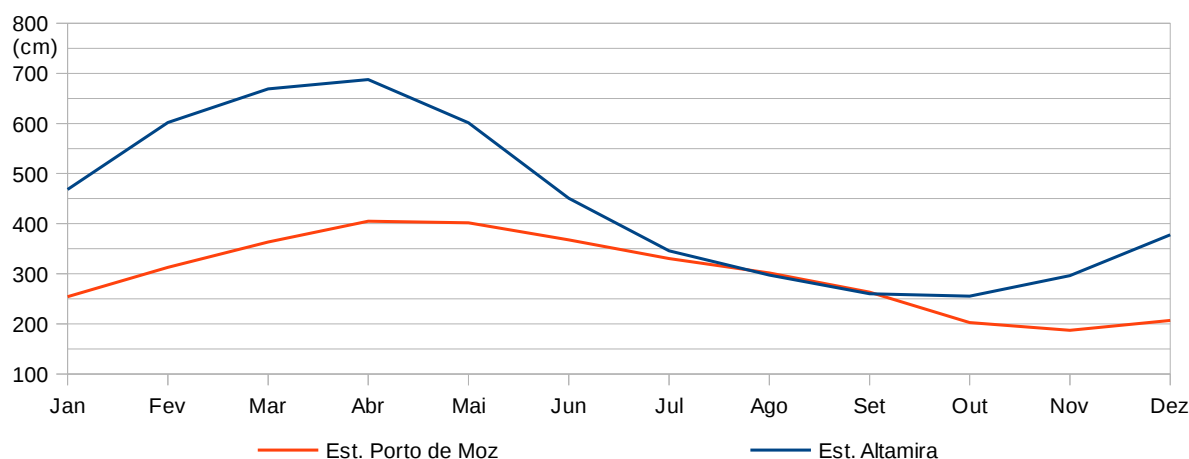


Gráfico 7 - Cota Fluviométrica Média dos meses entre 1984 e 2014, mensurados nas Estações da ANA: Porto de Moz e Altamira – Baixo Rio Xingu

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

Foram confrontados dados coletados durante 24 horas pela Estação UHE Belo Monte Jusante, que entrou em operação no ano de 2014, e pela Estação Porto de Moz do dia 6 dos meses de novembro (mês com menores cotas) e abril (mês com maiores cotas) nos anos de 2015 e 2016, respectivamente (Gráfico 8). Observam-se mudanças diárias dos níveis da água no Tabuleiro do Embaubal, por ser influenciado pela mudança diária das cotas do Amazonas, que sofre ação dos avanços e retrocessos diários do oceano Atlântico, sendo que a flutuação do nível do rio Xingu é mais suave no Tabuleiro do Embaubal, do que nas imediações de Porto de Moz.

Os dados relativos à vazão, mensurados na Estação Altamira, foram expressos no Gráfico 9, e comparando-o com os Gráficos 5 e 7, observa-se relação direta entre vazão, chuvas e nível da água no trecho do rio Xingu nas imediações da cidade de Altamira. Entretanto deve-se fazer ressalvas quando inferir a vazão para o trecho do Tabuleiro do Embaubal, devido o desaceleramento do rio provocado pelo processo de *ria* que deve contabilizar vazão média menor.

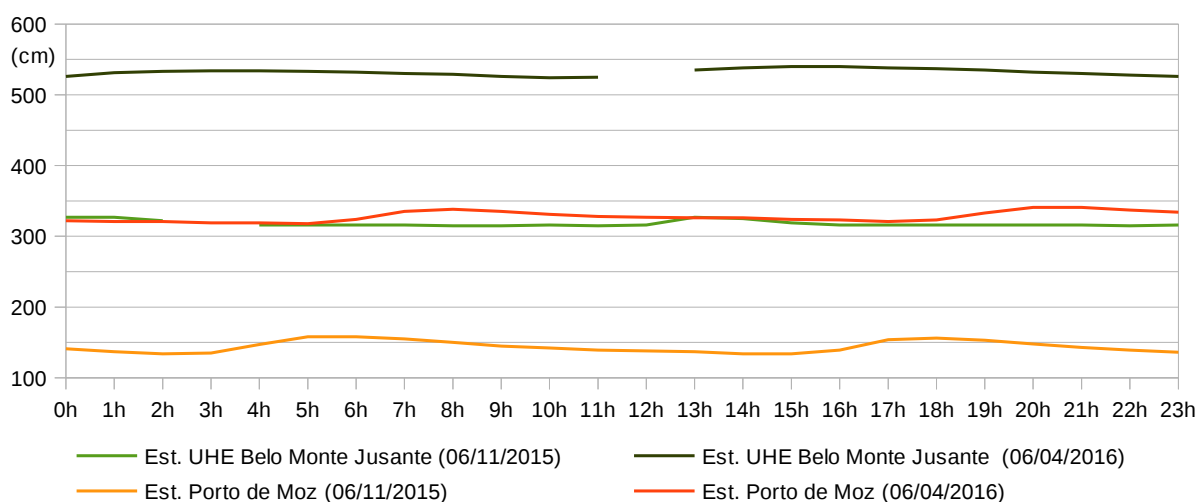


Gráfico 8 - Cota Fluviométrica dos dias 06 novembro de 2015 e 06 de abril de 2016, mensurados nas Estações Porto de Moz (ANA) e UHE Belo Monte Jusante (AHE Belo Monte) – Baixo Rio Xingu

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

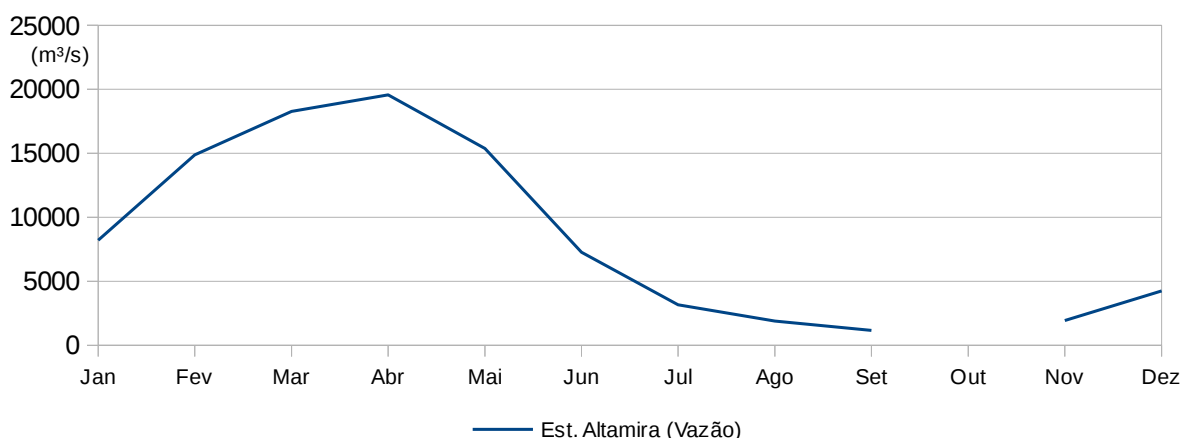


Gráfico 9 - Vazão Média dos meses entre 2007 e 2014, mensurados na Estação Altamira da ANA – Baixo Rio Xingu.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

4.2 Aspectos Geológico-Geomorfológico e Tipos de Solos do Tabuleiro do Embaubal

No mapa de unidades litoestratigráficas do baixo rio Xingu (Mapa 2), é perceptível que o trecho do rio correspondente ao Tabuleiro do Embaubal, está sobre Formação Alter do Chão. Nesse trecho, o rio possui padrão anastomosado,

independente do período do ano observado, fato relacionado à deposição de cargas detríticas mais arenosas (SCHUMM, 1967; CUNHA, 1993). Trechos anastomosados caracterizam-se por apresentar grande volume de carga de fundo, que conjugado com as flutuações das descargas, ocasionam a ramificação do rio em múltiplos canais, separados por ilhas assimétricas (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, 1994).

Nesse trecho do rio Xingu, dá-se o início da *ria formada* pela transgressão marinha exercida pelas águas do oceano Atlântico sobre o rio Amazonas, que também provoca aumento diário do nível das águas do rio Xingu (Gráfico 8), e tornou o vale largo com foz em forma de trombeta. A *ria* diminui a competência de transporte do rio Xingu, o que viabiliza a deposição de sedimentos finos, que formam a paisagem do Tabuleiro do Embaubal.

Datações pela metodologia *Optically Stimulated Luminescence* (Datação de sedimentos por luminescência opticamente estimulada) realizadas por Souza (2015) em depósitos de sedimentos dessa paisagem fluvial (Anexo A), registram idades relacionadas ao Pleistoceno Inferior, e, principalmente, ao Holoceno Médio, sendo que o trecho Leste do Tabuleiro do Embaubal é mais antigo que o trecho Oeste. Áreas recobertas por Floresta Ombrófila Densa Aluvial são mais antigas, com idades superiores a cem anos (SOUZA, 2015), e as mais recentes, inferiores a 100 anos, são áreas recobertas por Vegetação Pioneira com influência fluvial.

Na figura 4 apresenta-se um perfil geológico-geomorfológico esquemático para o Tabuleiro do Embaubal. Além das unidades geológicas e geomorfológicas, marcaram-se os níveis de água mínimos e máximos normais e o nível excepcional.

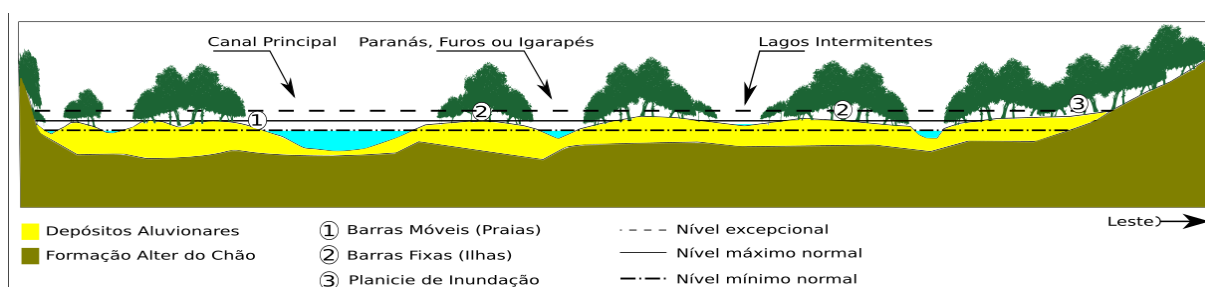


Figura 4 - Perfil Geológico-Geomorfológico Esquemático do Tabuleiro do Embaubal.

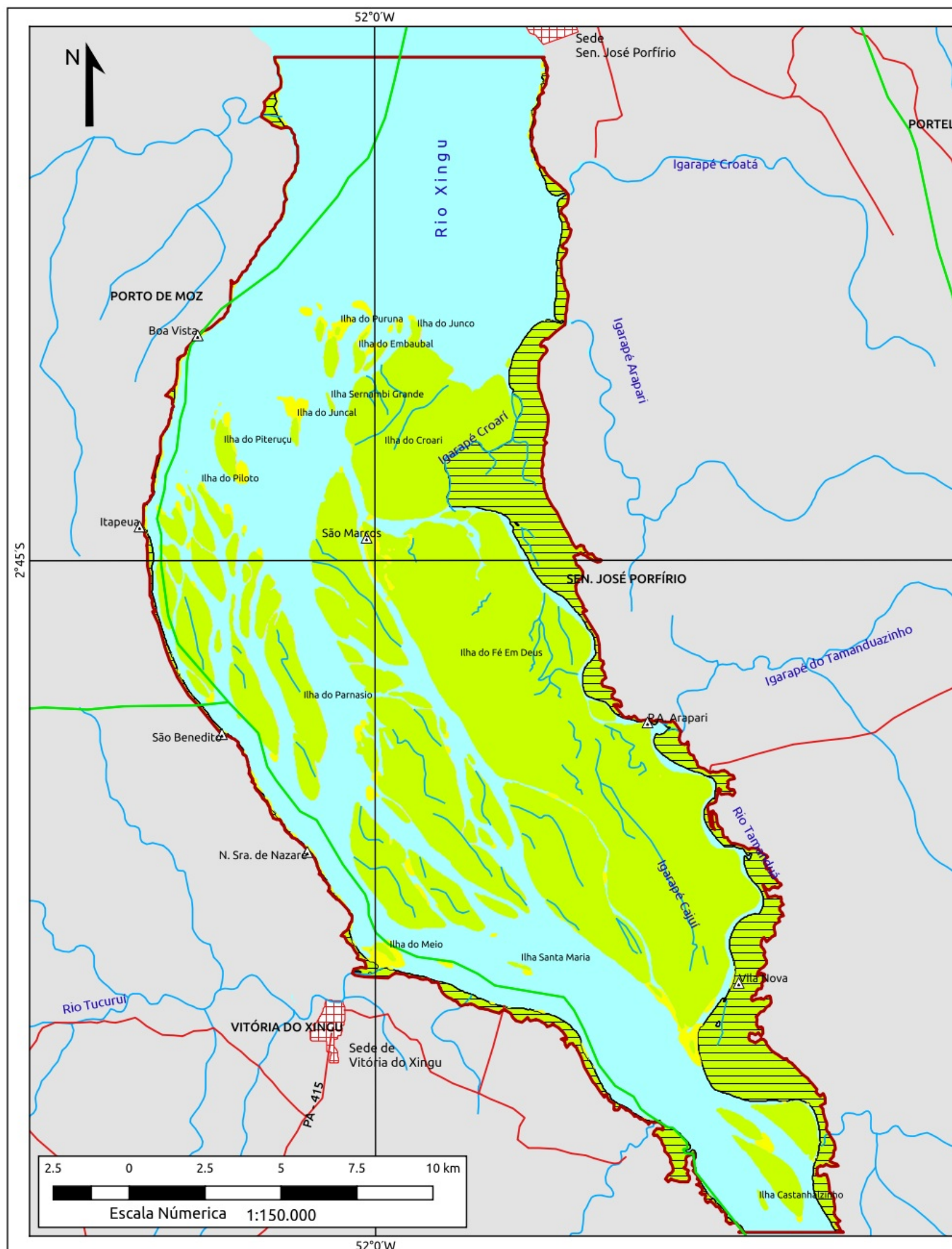
Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

O nível mínimo normal indica às partes do leito do rio ocupadas durante o escoamento das águas de vazantes, e onde não há crescimento florestal. O nível maior normal indica as áreas do canal ocupadas pelas águas do rio de forma periódica (ou sazonal) durante as cheias anuais, sendo que o tempo de subida e descida das águas do rio Xingu permitem a fixação e o crescimento de vegetação nas áreas temporariamente emersas. O nível maior excepcional é ocupado durante as grandes cheias, as quais ocorrem em intervalos de tempo irregulares não anuais, e estão em grande parte florestadas.

No Mapa 9, que possui detalhes geológicos, geomorfológicos e de tipos de solos para o Tabuleiro do Embaubal, foram identificadas as seguintes unidades geológicas quaternárias: depósitos aluvionares inconsolidados e depósitos aluvionares semi-consolidados. Os depósitos aluvionares são formados pela deposição de sedimentos finos transportados pelas águas do rio Xingu, e o estado de consolidação está relacionado à presença ou não de cobertura vegetal, sendo que os inconsolidados possuem cobertura vegetal incipiente, e os consolidados possuem cobertura vegetal arbustiva e/ou arbórea.

De acordo com Souza (2015), a estratigrafia sedimentar dos depósitos aluvionares inconsolidados tem no topo areias finas a médias silto-argilosas e na base areias muito finas à siltosas. Já nos depósitos aluvionares semi-consolidados possuem como topo uma camada de silte grosso arenoso, outra de areias finas à médias silto-argilosas e na base camada de areias muito finas à siltosas.

Os depósitos aluvionares inconsolidados constituem geomorfologicamente as barras móveis ou praias fluviais (Figura 5), que surgem no período de vazante do rio Xingu, e localizam-se, principalmente, no trecho Oeste do Tabuleiro do Embaubal, porém, podem ser encontradas no entorno das ilhas e nas margens do rio (barras laterais). As barras móveis, ou parte delas, podem ser transitórias, somente existindo entre dois períodos de cheias, quando seriam removidas com a retomada da capacidade de transporte do rio. Geralmente, são ambientes planos, com diferenças altimétricas inferiores a 1,5m, sendo que algumas dessas praias, a exemplo da praia formada na ilha do Juncal, possuem cristas com altimetria superior a 2m em relação ao seu entorno, o que as tornam aptas a serem utilizadas como local de desova para as Tartarugas-da-amazônia (*Podocnemis expansa*).



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

**MAPA 9 - GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E SOLOS DO
TABULEIRO DO EMBAUBAL, BAIXO RIO XINGU -
AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL**

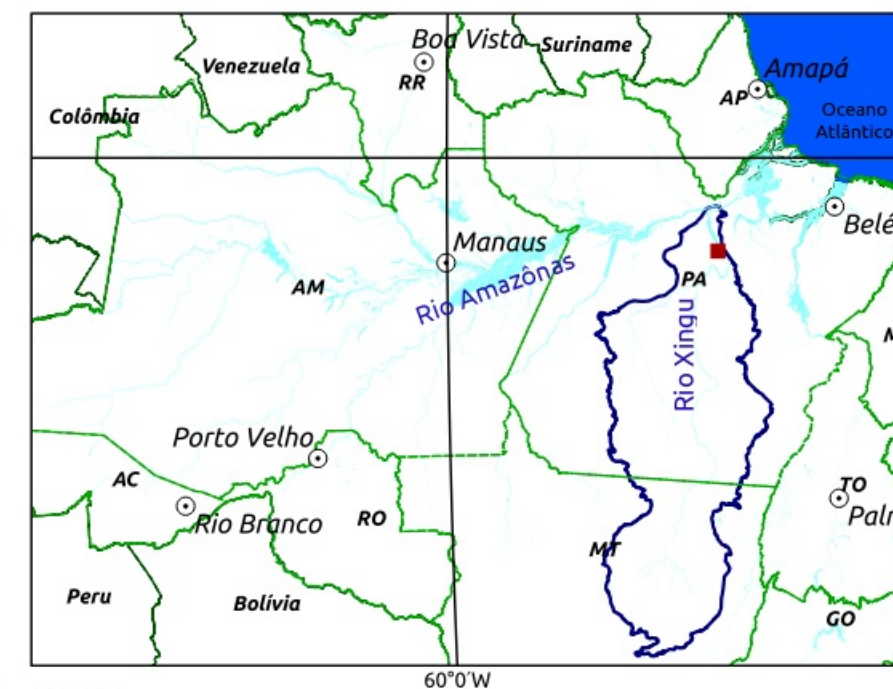
PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO
TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

Unidades Geológicas		Unidades Geomorfológicas	Classes de Solos
Era - Cenozóico	Depósitos Aluvionares Inconsolidados - areias fina a média silto-argilosa e areias muito fina à siltosa	 Barras Móveis	Neossolos Flúvicos
Período - Quaternário	Depósitos Aluvionares Consolidados - silte grosso arenoso, areias fina a média silto-argilosa e areias muito fina à siltosa.	 Barras Fixas  Planície de Inundação	Gleissolos Háptico associado a Neossolos Flúvicos



Fontes:
Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE (2012)
Exército Brasileiro - Diretoria de Serviços Geográficos (2012)
NASA - Programa LANDSAT (2016)

Legenda

- ⊙ Capitais
- △ Comunidades
- Tabuleiro do Embaúbal
- ▭ Área de Estudo
- ▭ Limites Estadual
- ▭ Limites Municipal
- Rodovias e Estradas
- Rios, Igarapés e Furos
- Rios Principais
- ▭ Bacia do Rio Xingu
- ▭ Áreas Urbanas

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

Figura 5 - Barras Móveis do Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

As praias fluviais possuem solos pouco evoluídos constituídos por material mineral e incipiente quantidades de matéria orgânica, e são classificados como Neossolos Flúvicos. Nesses solos inicia-se a formação vegetal das ilhas e o consequente processo de fixação sedimentar. Os Neossolos Flúvicos encontrados no Tabuleiro do Embaubal, por serem inundados sazonalmente, não são indicados para práticas agrícolas permanentes, sendo que as áreas recobertas por gramíneas são comumente utilizadas para o pastoreio de bovinos no período de vazante dos rios, o qual pode retardar o processo de formação de solos, devido à retirada da vegetação, que ameniza processos morfogenéticos e intensificam processos pedogenéticos.

Nos depósitos aluvionares semi-consolidados foram mapeadas duas classes geomorfológicas: Barras Fixas e Planície de Inundação. As barras fixas ou ilhas fluviais diferenciam-se das barras móveis por já possuírem cobertura vegetal arbustiva e arbórea, e ocupam grande parte da área central do leito fluvial.

A planície de inundação está nas margens direita (Figura 6), em sua maior expressão, e esquerda (Figura 7) do trecho do rio em estudo, sendo recobertas por vegetação arbórea inundadas nas cheias do rio Xingu. Enquanto a

margem direita possui declive suave, a margem esquerda tem declive abrupto em forma de falésias fluviais.

Figura 6 - Margem Direita da Planície de Inundação do Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

As Barras Fixas e Planície de Inundação possuem solos do tipo Gleissolos Háplicos associados à Neossolos Flúvicos. Os Gleissolos Háplicos desenvolvem-se em sedimentos aluviais Holocênicos sujeitos a condições de hidromorfia. De acordo com Pará (2013), quando ocorrem associados a solos fluviais apresentam alta fertilidade, o que incentiva o uso pela agricultura, que deve estar adaptada aos regimes de cheia do rio, que inunda esses solos. Os moradores do arquipélago desenvolvem atividades agrícolas de subsistência nesses solos, associadas à pecuária extensiva de bubalinos.

Figura 7 - Margem Esquerda da Planície de Inundação do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

4.3 Histórico de Ocupação, Usos da Terra e Cobertura Vegetal do Tabuleiro do Embaubal

Em Steinen (1884 p. 3, *apud* UMBUZEIRO; UMBUZEIRO, 2012), o rio Xingu, até as proximidades do Tabuleiro do Embaubal, foi descrito como abundante em “alimentos, caça e pesca e com muitas tartarugas de grande porte”, e aponta que os usos da terra e águas do Tabuleiro do Embaubal estão inicialmente relacionados ao avanço colonizador dos padres Jesuítas na Floresta Amazônica no século XVII, os quais subiram o rio Xingu e instalaram a Aldeia Xingu (Aricari, ou Souzel Velho) nas proximidades das ilhas mais ao Norte do Tabuleiro do Embaubal, como foi descrito por Umbuzeiro e Umbuzeiro (2012).

A Companhia de Jesus, dos padres Jesuítas, tinha interesses comerciais (UMBUEIRO; UMBUEIRO, 2012) nos Tabuleiros do Embaubal e manifestaram-no, extraindo látex das seringueiras e produzindo óleo com ovos das tartarugas-da-amazônia, entre os séculos XVII e XVIII, onde de 12 a 48 milhões de ovos de tartaruga foram transformados em óleo, utilizados, principalmente, para iluminação

das ruas nas cidades de Belém, Santarém e Manaus (Figura 8) (TABULEIRO..., [2009]).

Não há mais produção de óleo com os ovos da tartaruga-da-amazônia, entretanto o consumo dos seus ovos e de sua carne ainda é comum entre os moradores com origem ribeirinha. Mesmo com a fiscalização da Secretaria de Meio Ambiente de Senador José Porfírio e por vezes do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), embarcações de outras localidades vão ao Tabuleiro do Embaubal no período de desova, entre agosto e novembro, para capturar as tartarugas e levá-las aos mercados clandestinos, sobretudo, os de Belém.

Figura 8 - Ilustrações de Paul Marcoy retratando a Produção de Óleo com Ovos de Tartaruga por Indígenas e Padres Jesuítas.



Fonte: TABULEIRO... ([2009])

Cerca de dez mil tartarugas-da-amazônia (Figura 9) desovam nas praias do Tabuleiro do Embaubal por ano, com média de 90 ovos por tartaruga (TABULEIRO..., [2009]), e a principal praia escolhida é a da ilha do Juncal, entretanto já foi a praia da ilha do Embaubal, que deu nome à área em estudo.

O Mapa 10 apresenta espacialmente os tipos de uso nas ilhas e águas do Tabuleiro do Embaubal, relacionados as cobertura vegetal do tipo Floresta Ombrófila Densa Aluvial ou Vegetação Pioneira Herbácea-Arbustiva de influência fluvial.

Segundo SEMAS-PA (PARÁ, 2013), as principais atividades no Tabuleiro do Embaubal são a pesca artesanal, pecuária, pequenas roças e a extração do látex

dos seringais nativos, as quais foram unidas a outras atividades identificadas no mapeamento e atividades de campo, e categorizadas de acordo com as normas do IBGE (BRASIL, 2013b) em Unidades de Conservação, Áreas Antrópicas Não Agrícolas, Áreas Antrópicas Agrícolas, Área de Vegetação Natural e Água Continental.

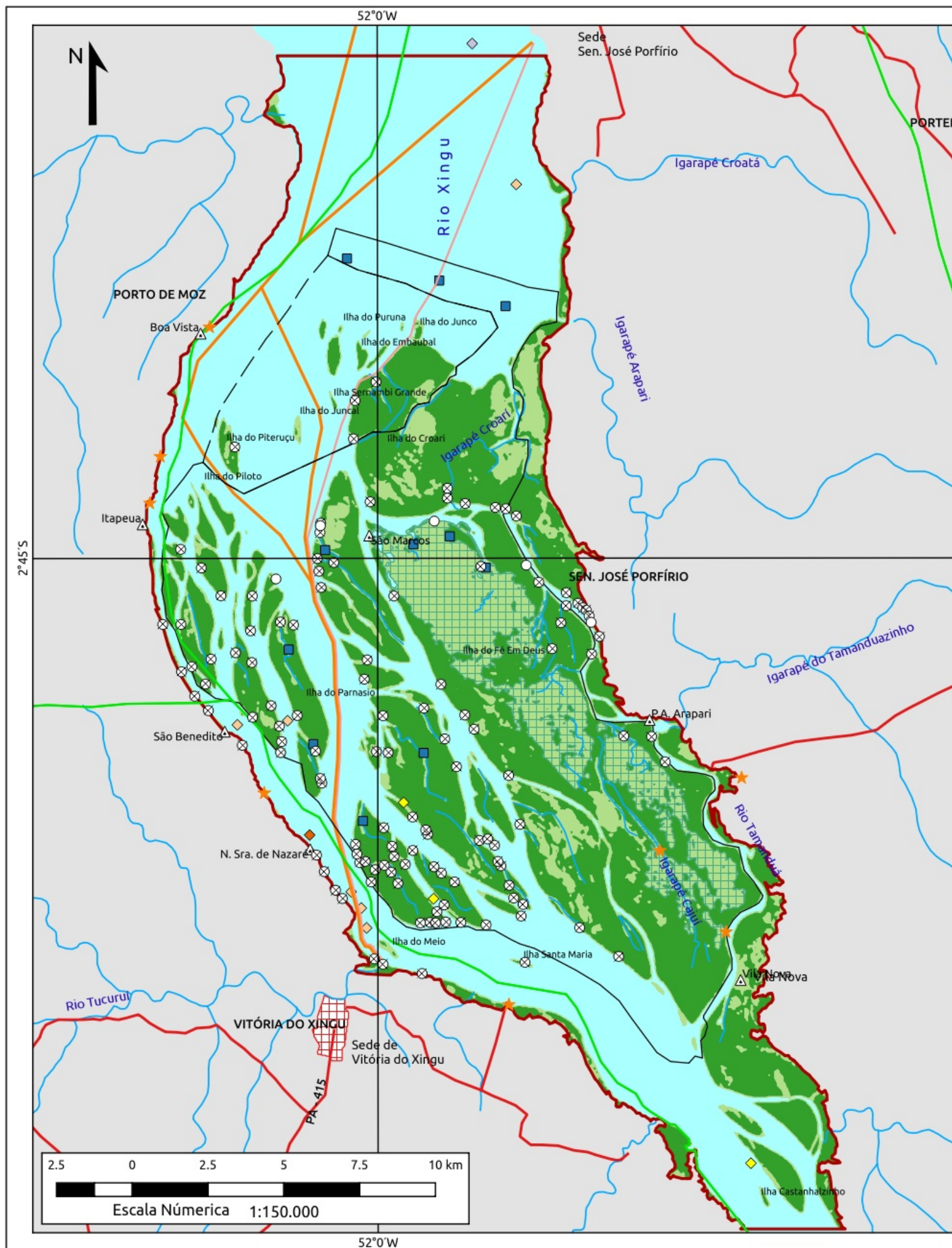
Figura 9 - Espécimes de Tartarugas-da-amazônia adultas (esquerda) e logo após eclosão do ovo (direita) na Ilha do Juncal.



Foto: Luiz Coutro ([agosto/setembro, 2008]).

A categoria Unidades de Conservação está constituída pelos limites das UC Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal e da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souzel, que foram criadas pelo Decreto Nº 1.566 de 17 de junho de 2016 do Governo do Estado do Pará (PARÁ, 2016). A RVS Tabuleiro do Embaubal está contida nos limites da RDS Vitória de Souzel, e juntas totalizam cerca de 272 km² de área especialmente protegida.

A categoria Áreas Antrópicas Não Agrícolas foi classificada em Áreas Urbanas, Comunidades, Residência, 2ª Residência e Áreas de Mineração. A primeira, Áreas Urbanas, refere-se às áreas das sedes de duas cidades paraenses, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, que mesmo não possuindo as sedes dentro do Tabuleiro do Embaubal, exercem significativo papel no uso e ocupação dessa paisagem, pois os pescadores, os habitantes das ilhas, a fiscalização ambiental, as vias de transporte de carga e passageiros surgem dessas ou confluem para essas cidades.



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 10 - USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL DO TABULEIRO DO EMBAUBAL, BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

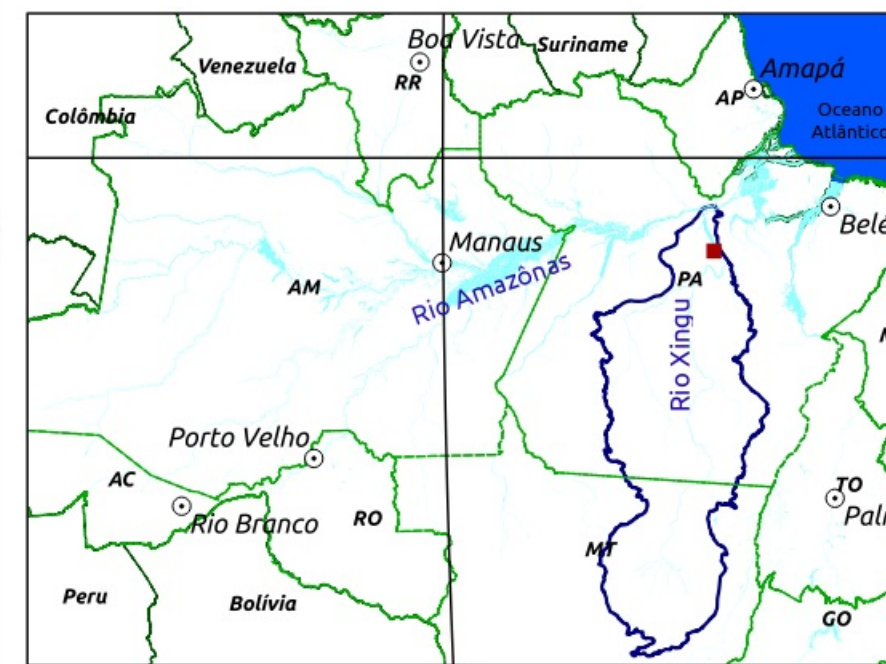
PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO
TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

Uso da Terra e da Água		Cobertura Vegetal
Unidades de Conservação Estadual	RDS Vitória de Souza RVS Tabuleiro do Embaubal	
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Comunidades Residências 2ª Residências Áreas de Mineração - (Brasil, 2015b) AREIA - Inativo AREIA - Licenciamento DIAMANTE - Pesquisa MINÉRIO DE OURO - Pesquisa	
Áreas Antrópicas Agrícolas	Criação de Bubalinos e Bovinos com associações de lavouras	Vegetação Pioneira Arbustiva/Herbácea de Influência Fluvial
Áreas de Vegetação Natural	Pastagens Floresta - Extrativismo Vegetal	Floresta Ombrófila Densa Aluvial
Água - Água Continental	Pesca Transporte de Cargas Transporte de Passageiros	



Convenções Cartográficas

- Capitais
- Tabuleiro do Embaubal
- Área de Estudo
- Limites Estadual
- Limites Municipal
- Rodovias e Estradas
- Rios, Igarapés e Furos
- Rios Principais
- Bacia do Rio Xingu

Fontes:
Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE (2012)
Exército Brasileiro - Diretoria de Serviços Geográficos (2012)
SEMA-Pa (PARÁ, 2013)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

O município de Senador José Porfírio possui 11.827 habitantes segundo projeções do IBGE para 2015, sendo que no Censo 2010 havia uma simetria entre população rural e urbana (BRASIL, 2015b), e nos seus limites estão as comunidades São Marcos, Projeto de Assentamento (PA) Arapari e Vila Nova. A prefeitura de Senador José Porfírio exerce a atividade de fiscalização ambiental das ilhas do Embaubal, com apoio do IBAMA, mantendo equipes nas proximidades da ilha do Juncal durante todo o ano, com intensificação das fiscalizações entre setembro e novembro, em decorrência do período de desova dos quelônios.

Vitória do Xingu, localizada a Sudoeste do Tabuleiro, possui projeções populacionais de 14.407 para 2015 (BRASIL, 2015b), sendo do município as comunidades contidas no Tabuleiro do Embaubal, a saber: Boa Vista, Itapeua, São Bendito e Nossa Senhora de Nazaré. Esse município possui o principal porto fluvial da região, e mesmo não possuindo controle territorial sobre as ilhas do Tabuleiro, a prefeitura realiza evento cultural na ilha mais próxima da cidade (Ilha do Meio), sem embargos administrativos de Senador José Porfírio.

As ilhas do Tabuleiro do Embaubal são ocupadas por famílias de pescadores, e pequenos pecuaristas e agricultores, localizáveis no mapa 10 pelas Residências e 2ª Residência. Segundo a SEMAS-PA (PARÁ, 2013) há ocupações consolidadas e em processo de consolidação. As consolidadas são casas (Figura 10) temporárias ou permanentes, e ainda 2ª residências. Já as em processo de consolidação não possuem infraestrutura suficiente que indique condições de moradia mesmo que temporária. Em 2012 foram identificados 140 residências, das quais 115 eram permanentes e 25 temporárias, sendo que existiam 48 residências em construção (PARÁ, 2013). De acordo com relatos da equipe de fiscalização de Senador José Porfírio esses números aumentaram para o ano de 2016, e deve estar relacionado a especulações de terras impulsionadas pela instalação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte e a criação das Unidades de Conservação.

As empresas relacionadas a classe Áreas Minerais no Tabuleiro do Embaubal, a qual foi representada por pontos no mapa 10, estão juridicamente atreladas ao município Altamira, e concentram suas atividades na mineração de areia para a construção civil, sendo que há registros de solicitações de pesquisa para mineração de ouro e diamante no DNPM (BRASIL, 2015). A retirada de sedimentos do leito dos canais no entorno das ilhas pode provocar escorregamentos

de sedimentos das margens, que ocasionaria tombamento de árvores nos limites das ilhas e a consequente diminuição do perímetro e área das mesmas, além do assoreamento de canais fluviais.

Figura 10 - Casa em Ilha do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.



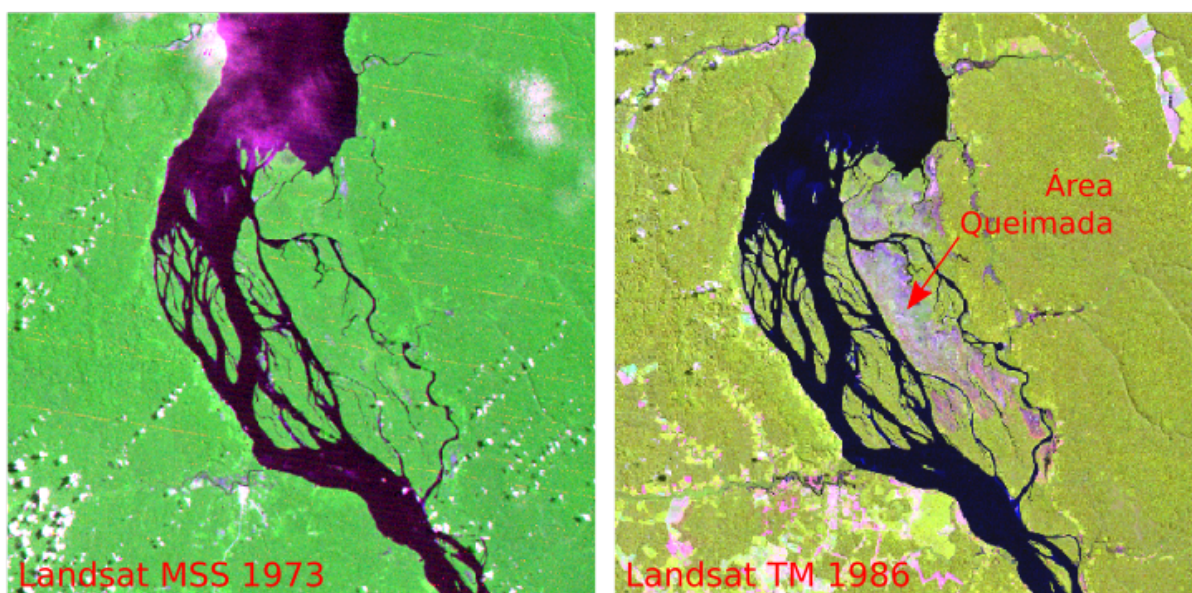
Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

As áreas com características agrícolas foram representadas de forma pontual no Mapa 10, correspondem a criação de bubalinos e bovinos com associações de lavouras, também presentes no entorno das residências e comunidades. De acordo com Pará (2013), a agricultura no Tabuleiro do Embaubal é incipiente e majoritariamente temporária com esporádicos casos de implantação de sistemas agroflorestais. Os moradores das ilhas mantêm pequenas áreas com plantações de arroz, mandioca, banana, mamão, coco-da-baía, acerola, caju, feijão, milho, cacau, melancia, maracujá e hortaliças. Pará (2013) destaca que as roças são preparadas com uso de fogo sem manejo, sem orientação técnica e uso de adubos químicos.

Conforme relatos de habitantes locais, na maior ilha do arquipélago, a Ilha do Fé em Deus, na década de 1980, ocorreu um grande incêndio, que comprometeu parte da sua formação florestal (Figura 11). A ilha ainda é predominantemente

ocupada por Vegetação Pioneira Herbácea e Arbustiva que são utilizadas como pastagens (Figura 12) para criação de bubalinos (Figura 13) durante o ano, e bovinos no período de diminuição do nível do rio, nessa ilha e em outras menores com cobertura predominantemente herbácea. Pará (2013) relata que há uso do fogo para abertura de novas áreas de pastagens, que suprime a cobertura vegetal, e potencializa o processo erosivo e a convivência conflituosa dos criadores de gado com seringueiros e pescadores.

Figura 11 - Imagens Orbitais dos Sensores MSS (1973) e TM (1986) do Landsat para o Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu.



Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

A Vegetação Pioneira Herbácea (Figura 14) ou sua fase Arbustiva (Figura 15) de influência fluvial são tipificações vegetais atribuídas a comunidades vegetais das planícies fluviais que constituem reflexo dos efeitos das cheias dos rios nos períodos chuvosos, sendo formações vegetais relacionadas a modelado de acumulação, solos em processo inicial de formação e sujeitos a inundação, e podem ser denominadas como Campos Mistos alagáveis e/ou Campos de Várzeas (BRASIL, 2008). Nas áreas que permanecem alagadas a maior parte do ano, presencia-se plantas como o Aguapé (*Eichhornia sp.*), plantas anfíbias como a Perimembeca (*Paspalum repens*) (Figura 14), e na fase arbustiva é bem caracterizada pela aninga (*Montri-*

chardia arborescens) (Figura 15). Essa vegetação é responsável pelo processo de consolidação inicial das ilhas do arquipélago.

Figura 12 - Vegetação Pioneira Arbustiva-herbácea associada a Pastagens no Tabuleiro do Embaubal



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

Figura 13 - Criação de Búfalos (a esquerda 'Maromba', tipo de curral suspenso) na ilha do Fé em Deus no Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012)



Fonte: TABULEIRO..., [2009]

Figura 14 - Vegetação Pioneira Herbáceas, Aguapé (*Eichhornia* sp.) em destaque – espécie aquática.



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

O Extrativismo Vegetal está associado às áreas com coberturas típicas de Floresta Ombrófila Densa Aluvial principalmente nas ilhas da porção Oeste, e tem como principal produto o látex das seringueiras. Na maioria das ilhas existe produção, e essa acontece no período de vazante, e segundo fiscal ambiental da SEMMA de Senador José Porfírio, no ano de 2014 foi observado que algumas árvores produtoras de látex encontram-se em estado de abandono, fato que pode levá-la a morte pelo acúmulo de seiva no seu tronco. O Governo Federal, através da Lei nº 9.479 de 12 de agosto de 1997 (BRASIL, 1997), garantiu incentivos a extração de látex até o ano de 2005, o fim do incentivo ocasionou a diminuição do interesse pela produção de látex.

De acordo Brasil (2008) a Floresta Ombrófila Densa Aluvial é uma formação vegetal típica da região Amazônica com ocorrência ao longo dos cursos d'água e ilhas, ocupando as planícies fluviais sazonalmente inundadas. Também é reconhecida como “mata de várzea”, e tem o predomínio de espécies de rápido crescimento, cascas lisas e frequentemente seus troncos apresentam raízes aéreas. Na figura 16 vê-se exemplo fisionômico dos três tipos vegetacionais presentes nas

ilhas do Embaubal: Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Vegetação Pioneira Arbustiva e Herbácea com influência fluvial.

Figura 15 - Vegetação Pioneira Arbustiva, Aninga (*Montrichardia arborescens*) em destaque a direita.



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

Figura 16 - Tipos Vegetacionais – Vegetação Pioneiras Herbácea e Arbustiva de influência fluvial e Ombrófila Densa Aluvial.



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

A categoria Água possui três usos mapeados, a saber: Transporte de Cargas, Transporte de Passageiros e Pesca. Entretanto identifica-se o uso das águas do rio Xingu e dos igarapés do Tabuleiro do Embaubal pelos moradores das ilhas, que não são atendidos por rede de abastecimento de água, para o desenvolvimento de atividades domésticas (tratamento de alimentos e dessedentação) e higiene pessoal. De acordo com Pará (2013), na ausência de rede de esgoto sanitário e coleta de resíduos sólidos no Tabuleiro do Embaubal, o esgoto doméstico é posto em fossas rudimentares, e os resíduos sólidos quando não enterrados ou queimados são jogados nas águas do rio.

As águas do rio, no entorno das praias que surgem durante os meses de setembro a novembro, são utilizadas para prática de lazer e desporto de contato primário. A praia da Ilha do Meio, próxima da sede de Vitória do Xingu, é utilizada para esse fim, e ainda acomoda a mais de dez anos o 'Festival VitSol' (Figura 17) promovido pela Prefeitura de Vitória do Xingu. A praia, no período do festival, recebe grande número de visitantes, que produzem resíduos sólidos que não são adequadamente recolhidos durante e após o evento cultural.

Figura 17 - Estrutura temporária construída na Ilha do Meio para o XI Festival VitSOL promovido pela Prefeitura de Vitória do Xingu.



Foto: Prefeitura de Vitória do Xingu-PA ([2012])

Quanto ao transporte de cargas e passageiros por via fluvial, é realizado tanto no canal principal do rio Xingu, como nos furos (conexão fluvial entre as ilhas). No Mapa 10 foram destacadas as principais rotas efetivadas na áreas do Tabuleiro do Embaubal. As cargas e os passageiros são transportados em embarcações de pequeno à médio porte, como exemplificado na Figura 18. As pequenas embarcações fazem o transporte principalmente entre Senador José Porfírio e Vitória do Xingu. Essas embarcações, por serem menores, e buscando a segurança para navegação, constroem seu percurso próximo as ilhas, para diminuir o efeito dos 'banzeiros', como regionalmente é conhecido as ondulações nas águas dos rios, entretanto as embarcações provocam ondas que solapam a margem das ilhas, erodindo os solos, que ocasionam tombamentos de árvores, e assoreamento dos trechos entre ilhas, como pode ser observado próximo a ilha do Juncal.

As embarcações de médio porte transportam os maiores volumes de cargas (Figura 18, direita), com menor frequência diária, às cidades paraenses, Santarém, Belém e Macapá. O percurso passa próximo dos locais de desova das tartarugas-da-amazônia, que segundo relato de pesquisadores da UFPA, podem comprometer o processo de desova da espécie. As embarcações por vezes atropelam a fauna aquática, e no período de níveis mínimo da água do rio encalham nos bancos de areia.

Figura 18 - Embarcações para Transporte de Carga e Passageiros na área do Tabuleiro do Embaubal.



Foto: Eder Mileno S. De Paula (junho, 2012).

Os moradores das ilhas do Tabuleiro do Embaubal e entorno utilizam pequenas embarcações conhecidas localmente como 'popopô', 'catraias' e canoas, para deslocamentos curtos, e para o desenvolvimento da atividade da pesca comercial ou de subsistência. A atividade de pesca é realizada nos furos, igarapés e lagos intermitente entre as ilhas ou dentro delas. Segundo SEMAS-PA (PARA, 2013), essa atividade tem como principal fim a comercialização, e são utilizadas rede de espera ou arrasto, e veneno (timbó). No período chuvoso (fevereiro a maio ou junho) a atividade é mais intensa, entretanto a pesca é realizada durante todo o ano (PARA, 2013).

5 ANÁLISE E DIAGNÓSTICO GEOECOLÓGICO DO TABULEIRO DO EMBAUBAL

5.1 Estrutura Geoecológica do Tabuleiro do Embaubal

A área de estudo, o Tabuleiro do Embaubal, encontra-se no Domínio 'Bacia Sedimentar Amazônica', Província 'Planície e Planaltos da Amazônia Oriental', Distrito 'Planície Fluviais da Amazônia Centro-Oriental' e Região 'Planície Fluvial do Rio Xingu'. Com base na análise dos componentes da paisagem do Tabuleiro do Embaubal, considerando o nível mínimo normal da água, e direcionados pelo contexto geoecológico regional da sub-bacia do baixo rio Xingu, delimitou-se 5 unidades geoecológicas (Mapa 11), a saber: i) Praias Fluviais, ii) Ilhas Desagregadas, iii) Ilhas Agregadas, iv) Planície de Inundação da Margem Direita e v) Planície de Inundação da Margem Esquerda.

A unidade Praias Fluviais (Figura 19) constitui 7,7 km² (2%) dos 431,2km² calculados para a paisagem Tabuleiro do Embaubal. É composta por 285 partes (fragmentos ou *patches*), que somente entre setembro e dezembro, meses com as menores cotas fluviométricas, são percebíveis na paisagem. Essa característica inibiu a detecção (no dia 02/08/2016 as 13:35hs) pelos sensores do LANDSAT8 da temperatura superficial dessa unidade, entretanto suas temperaturas devem ser semelhantes às áreas de solos exposto, entre 27 a 31°C, para as partes maiores, e semelhantes a temperatura da água, de 23 a 26°C, para as partes menores. São depósitos aluvionares inconsolidados, com Neossolos Flúvicos com incipiente cobertura vegetal do tipo Vegetação Pioneira Herbácea de Influência Fluvial, e são utilizadas esporadicamente para pastoreio de bovinos, como anteparo para estruturas temporárias de lazer e permanentes para caça e pesca.

As Ilhas Desagregadas (figura 19), em seu contexto paisagístico, possuem 57 partes, perfazendo um total de 62,7 km² (15%) da paisagem, com temperatura superficial entre 23 a 26°C, recobertas por Floresta Ombrófila Aluvial, que reveste os Gleissolos Háplicos associados a Neossolos Flúvicos formados sobre depósitos aluvionares consolidados, e tem como principal uso o extrativismo vegetal do látex de seringueiras (*Hevea sp.*).

Figura 19 - Praia Fluvial e Ilha Desagregada (Ao fundo) – Ilha e Praia do Juncal, Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu



Foto: Eder Mileno S. De Paula (dezembro, 2016).

Já as ilhas Agregadas ocupam 105,4 km² (24%) do Tabuleiro do Embaubal. São três ilhas que se diferenciam das ilhas desagregadas por serem mais antigas, apresentando idades superiores a 1000 anos, e presença de lagoas intermitentes alongados que indicam aglutinação de ilhas. Possuem temperaturas que variam de 23 a 31°C, áreas com Vegetação Pioneira Herbácea-Arbustiva, e a criação de bubalinos e bovinos associados a criação de suínos, aves e lavouras de subsistência.

As unidades Planície de Inundação Margem Direita (Figura 20) e Planície de Inundação Margem Esquerda (Figura 21) estão às margens do canal fluvial, até o contato com a região geoecológica Baixos Platôs Transamazônica e Xingu. Possuem temperatura superficial entre 23 a 31°C e vegetação dos tipos Floresta Ombrófila Aluvial e Vegetação Pioneira Herbácea-Arbustiva, que recobrem Gleissolos Háplicos formados sobre Depósitos Aluvionares Semi-consolidados. Além da localização, a Margem Direita se diferencia estruturalmente da Margem Esquerda por possuir menor número de compartimentações, em número de 8, e maior

tamanho, 34,3km², enquanto que a Margem Esquerda apresenta 109 partes e uma menor superfície, 6,1km².

Figura 20 - Planície de Inundação Margem Direita, Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu



Foto: Eder Mileno S. De Paula (dezembro, 2016).

No Gráfico 10 observa-se a distribuição da quantidade de partes e no Mapa 12 a distribuição das partes na paisagem, ambos em função do tamanho em hectares para cada unidade de paisagem identificada no Tabuleiro do Embaubal.

A unidade Praias Fluviais possui o maior número de partes entre as unidades de paisagem do Tabuleiro do Embaubal, entretanto suas partes são as menores, com variação entre 0,09 a 83,97ha, área média de 4,05ha, e concentradas na classe 'até 1' ha. A distribuição das partes até 10ha na paisagem é uniforme, entretanto as partes de 10 a 100ha espalham-se, principalmente, na porção leste do canal fluvial.

A unidade Ilhas Desagregadas possui partes com tamanhos que variam entre 0,81 a 1245,33 ha, com área média de 116,13ha. Apesar de possuir partes em todas as classes de tamanho passíveis de serem visualizadas no Gráfico 10, 95% das suas partes estão entre 1 a 1000ha, e a distribuição das partes dessa unidade

geoecológica, assim como as Praias Fluviais, concentra-se na porção leste do trecho fluvial em estudo.

Figura 21 - Planície de Inundação Margem Esquerda e Baixos Platôs da Transamazônica e Xingu, Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu



Foto: Eder Mileno S. De Paula (dezembro, 2016).

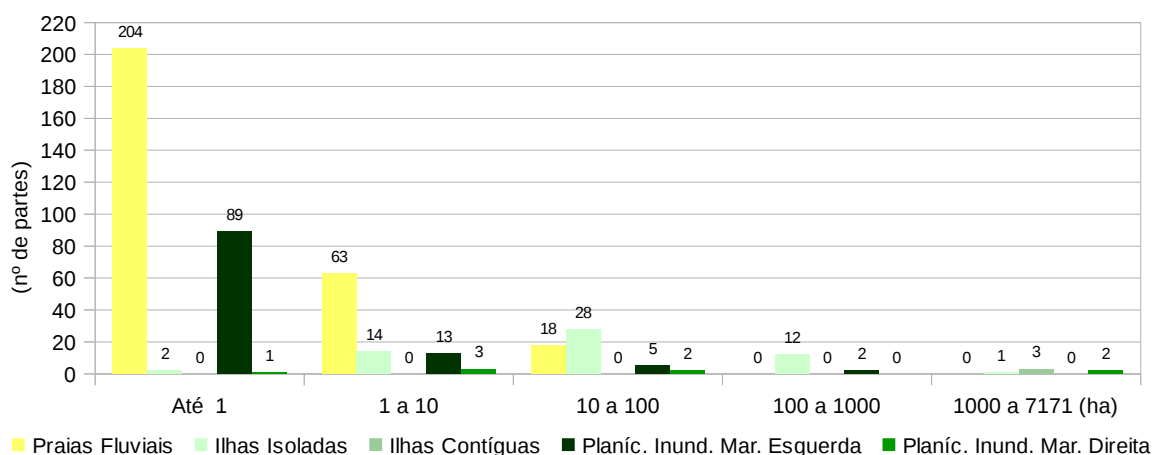


Gráfico 10 - Quantidade de Partes em Classes de Tamanho das Unidades Geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu.

Obs.: Cálculos realizados na informação vetorial.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

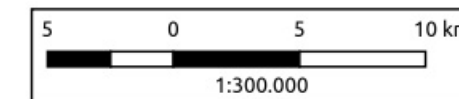


Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 12 - DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS POR TAMANHO NO TABULEIRO DO EMBAUBAL, BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

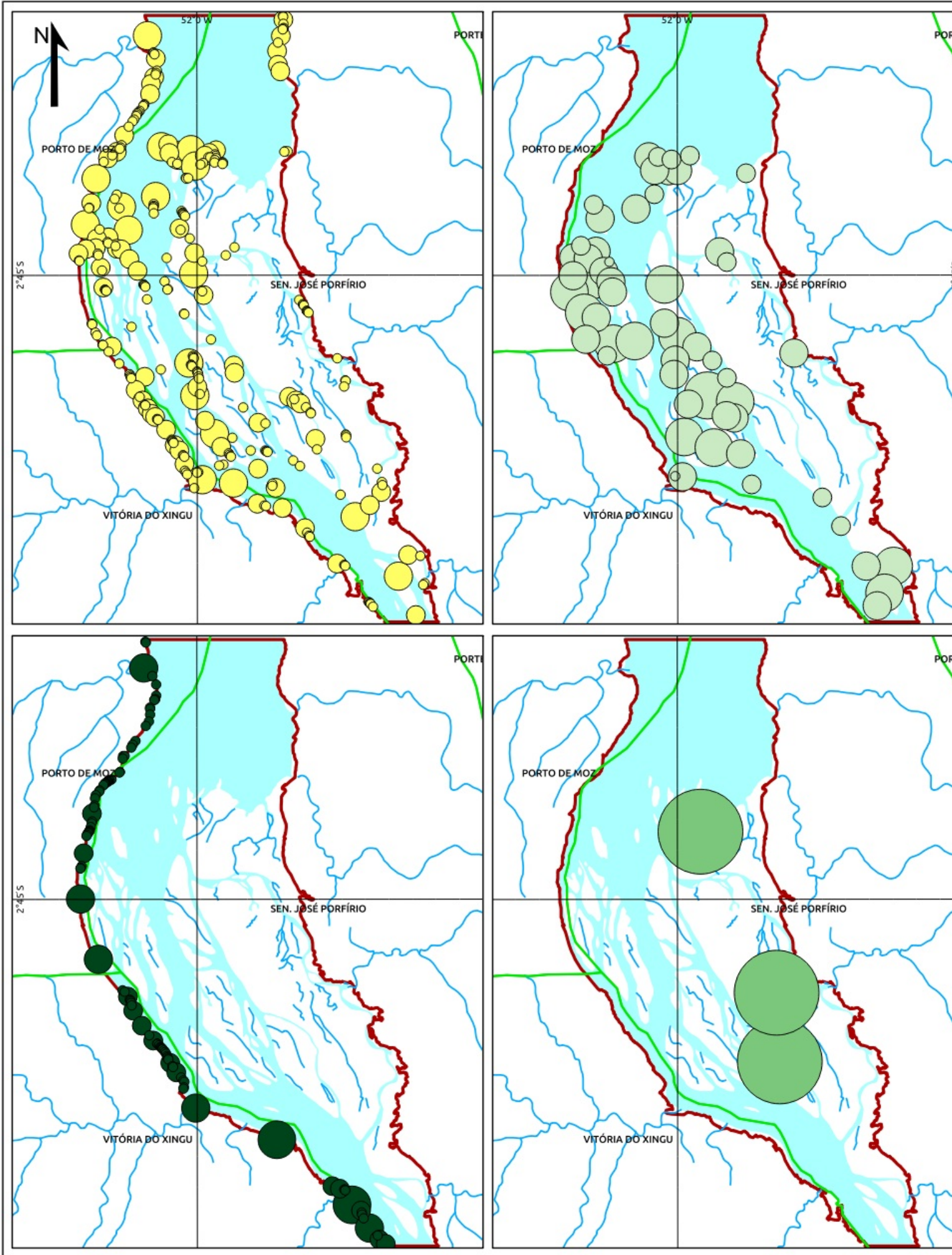
PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA
DO TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula
Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva



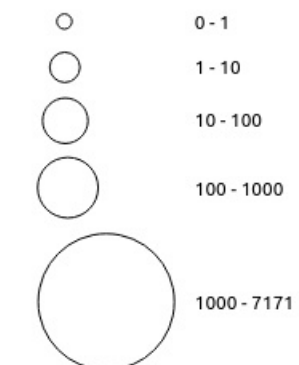
Fonte: Instituto Brasileiro de Estatística
e Geografia- IBGE (2012)

Projeção Geográfica
SIRGAS - 2000

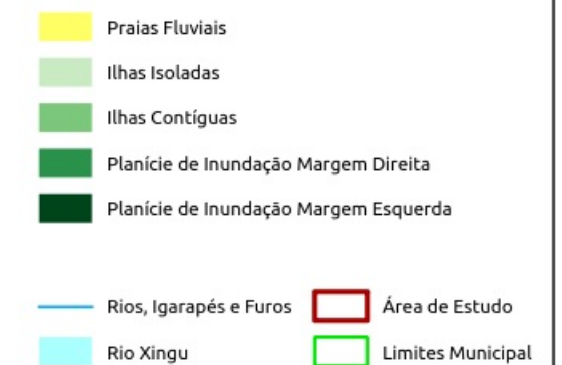


Legenda

Tamanho (ha)



Unidades Geoecológicas



A unidade Ilhas Agregadas possui três partes, com áreas de 1.263,15ha, 2.105,1ha e 7.170,57ha, sendo que a maior parte ocupa cerca de 19,56% da paisagem Tabuleiro do Embaubal. A Planície de Inundação Margem Direita possui partes que variam de 2,97ha a 1.747,44ha, com área média de 685,3ha. Ilhas Contíguas e Planície de Inundação Margem Direita, apesar do menor quantitativo de parte na paisagem, 10 partes, possuem as maiores partes da paisagem.

A menor parte da unidade Planície de Inundação da Margem Esquerda possui área de 0,09ha, e a maior parte, 413,37ha, com média de 10,58ha por parte. Em decorrência das suas características geoecológicas, é estreita quando comparada a Planície de Inundação da Margem Direita, e compartimentada em pequenas partes, sendo que 81,7% das suas partes possuem tamanho de até 1ha. As maiores partes da Planície de Inundação da Margem Direita estão associados a foz de tributários do rio Xingu.

A massa de água do rio Xingu representa 50% (Gráfico 11), ou 215km² da paisagem do Tabuleiro do Embaubal, observando o nível mínimo normal das águas.

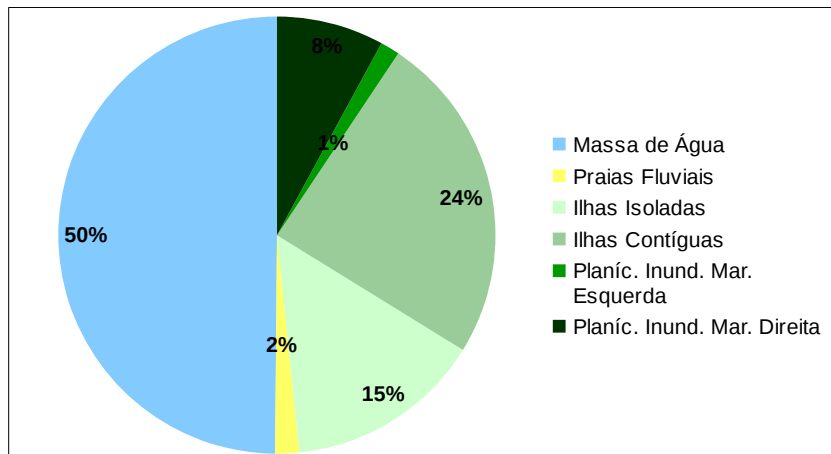


Gráfico 11 - Percentual das Unidades de Paisagem e Massa de Água no Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

Considerando a proposição de Forman e Godron (1986) e Casimiro (2009) para corredor e matriz da paisagem, a massa de água atua como corredor na paisagem fluvial, a medida que coletam e distribuem energia, matéria e informação na paisagem e entre as paisagens, e em virtude da capacidade de mudar a estrutura, o funcionamento e evolução geoecológica. Ademais pode ser considerada

matriz da paisagem, pelo quantitativo da paisagem que ocupa, a conectividade que proporciona entre as unidades de paisagem e por ser locus de origem e evolução das unidades geoecológicas fluviais.

5.2 Funcionamento Geoecológico do Tabuleiro do Embaubal e Baixo Rio Xingu

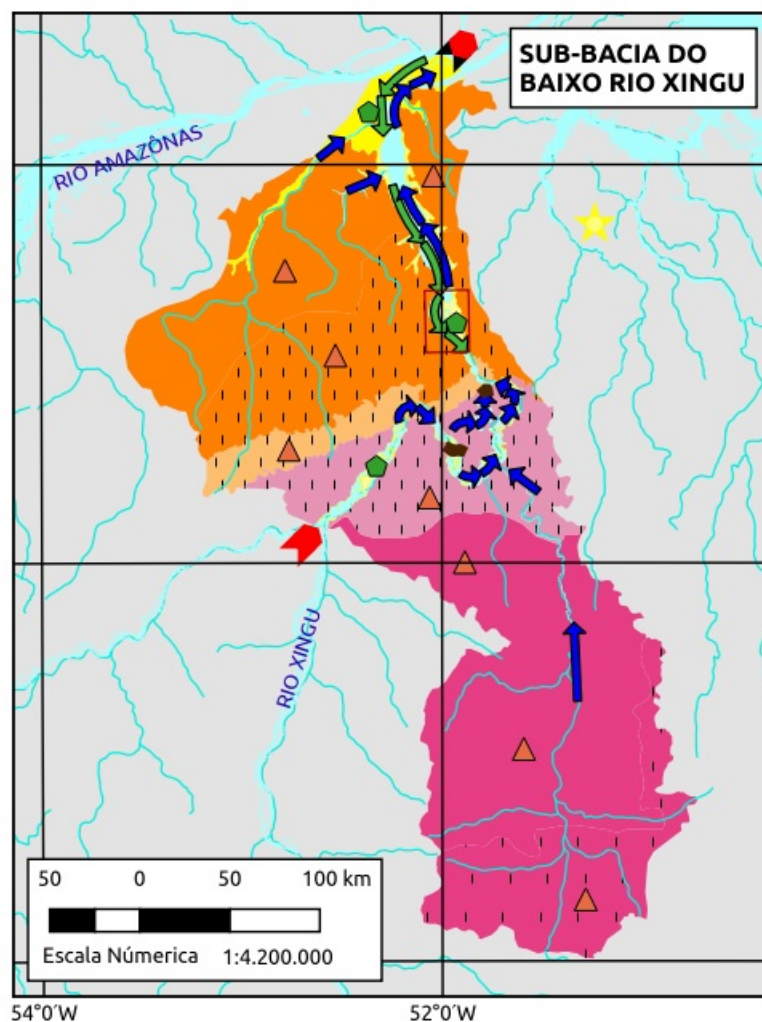
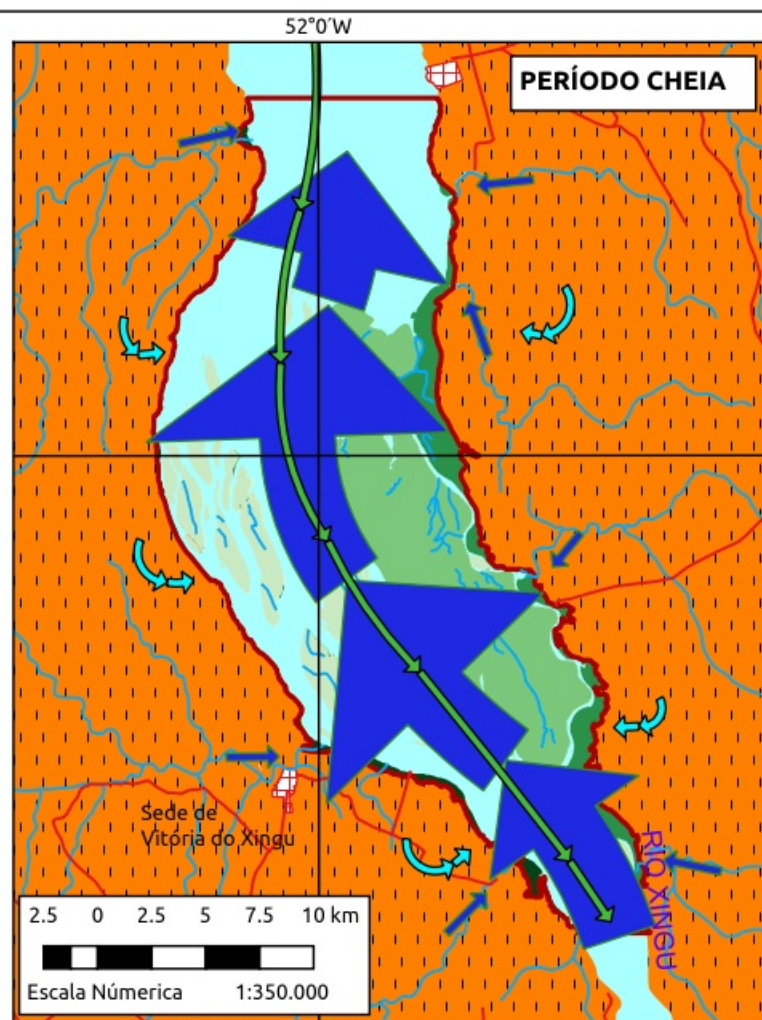
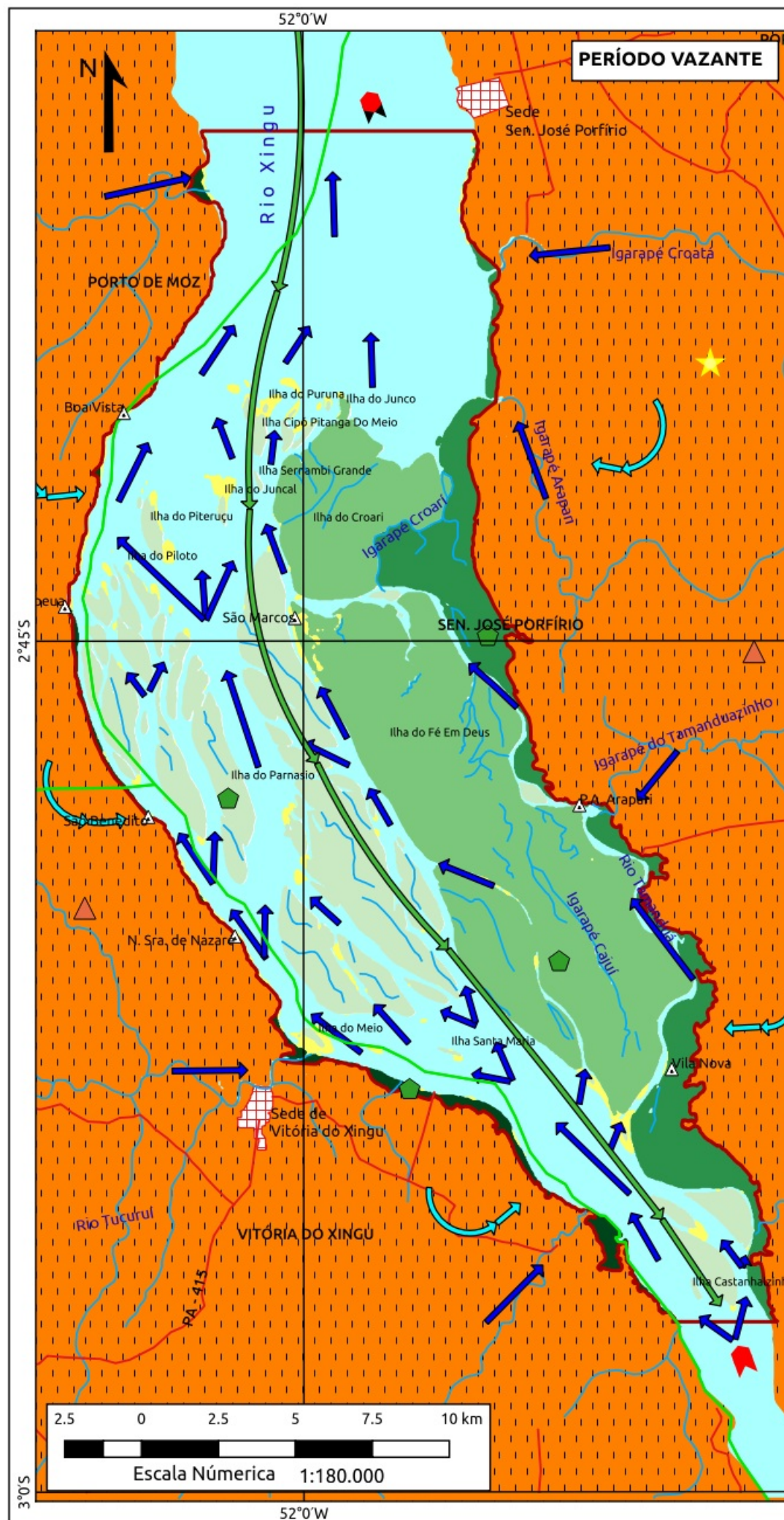
A análise do funcionamento da paisagem busca compreender as funções geoecológicas das unidades de paisagem regionais e locais, sendo caracterizadas as funções das unidades paisagísticas e pelos geofluxos responsáveis pelo deslocamentos de Energia, Matéria e Informação (EMI) no geossistema.

De acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2011) pode-se distinguir na paisagem unidades que exercem função de Força, de Entrada (Ingestão), Armazenamento e Produção, sendo que no Mapa 13 identificaram-se as funções das unidades do Tabuleiro do Embaubal, e das regiões geoecológicas da sub-bacia do rio Xingu, a partir do entendimento holístico da paisagem.

A função Força garante o movimento entrada e saída de EMI do geossistema, e constitui aportes externos, originários na atmosfera, litosfera e, especificamente para o Tabuleiro do Embaubal, o avanço do Oceano Atlântico sob o rio Amazonas. Já a função Entrada constitui a principal via de entrada dos fluxos EMI, caracterizado nessa pesquisa pelo canal principal do rio Xingu.

A função Armazenamento promove o acúmulo, absorção, filtragem e transmissão de EMI oriundos das unidades de paisagem que possuem função de produção no geossistema, e é exercida pelas regiões geoecológicas Planície Fluvial do Rio Amazonas e Planície Fluvial do Rio Xingu; e pelas unidades geoecológicas Praias Fluviais, Ilhas Desagregadas, Ilhas Agregadas, Planície de Inundação Margem Direita e Planície de Inundação Margem Esquerda.

A função Produção é exercida pelas regiões geoecológicas Baixos Platôs do Rio Xingu, Baixos Platôs da Transamazônica e Xingu, Planaltos Dissecados Transamazônica e Xingu, Superfícies Aplainadas Transamazônica e Xingu, Superfícies Aplainadas Trincheira do Bacajaí e Superfícies Aplainadas São Felix do Xingu, as quais recebem, absorvem e conservam EMI, e a emitem através dos geofluxos, que promovem intercâmbio entre as unidades de paisagem.



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 13 - FUNCIONAMENTO GEOECOLÓGICO DO TABULEIRO DO EMBAUBAL, BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA
DO TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

- △ Comunidades
- Área de Estudo
- Limites Municipal
- Áreas Urbanas
- Rodovias e Estradas
- Barragens UHE Belo Monte
- Rios, Igarapés e Furos
- Rios Principais

Funções Geoecológicas

- ★ Força
- ▲ Entrada
- ▲ Entrada e Saída
- ▲ Produção/Emissão
- ▲ Armazenamento

Fluxos Geoecológicos

- Fluvial Normal
- Fluvial Reverso
- Águas Subterrâneas

Unidades Geoecológicas

- Praias Fluviais
- Ilhas Isoladas
- Ilhas Contíguas
- Planície de Inundação Margem Direita
- Planície de Inundação Margem Esquerda

Regiões Geoecológicas

- Planície Fluvial do Rio Amazonas
- Planície Fluvial do Rio Xingu
- Baixos Platôs do Rio Xingu
- Baixos Platôs Transamazônica e Xingu
- Planaltos Dissecados Transamazônica e Xingu
- Superfícies Aplainadas Transamazônica e Xingu
- Superfícies Aplainadas Trincheira Bacajá
- Superfícies Aplainadas São Félix do Xingu

Fontes:
Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE (2012)
Exército Brasileiro - Diretoria de Serviços Geográficos (2012)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

A ausência de cobertura vegetal, e a consequente diminuição da infiltração, deve ampliar a quantidade de matéria para os sistemas fluviais, em consequência da rápida denudação dos solos, causados pelos escoamentos superficiais (CUNHA, 2008; TRICART, 1977). As regiões geoecológicas Baixo Platôs da Transamazônica e Xingu, Planaltos Dissecados Transamazônica e Xingu, Superfícies Aplainadas Transamazônica e Xingu e a Superfícies Aplainadas São Félix do Xingu devem produzir maior quantidade de sedimentos do que as outras regiões, tendo em vista que passaram por intensos processos de desflorestamento, que substituiu a floresta Ombrófila por áreas de pastagens, que não possuem a mesma capacidade de proteção dos solos, e prejudica a infiltração.

5.2.1 Geofluxos no Tabuleiro do Embaubal

De acordo com Rodriguez; Silva; Cavalcanti (2013), os geofluxos são responsáveis pelo deslocamento de EMI no geossistema, as vias preferenciais de intercâmbio e transmissão de EMI, sendo a sua distinção fundamental para o entendimento do funcionamento geoecológico da paisagem. Para o Tabuleiro do Embaubal foram identificados no Mapa 13 os geofluxos águas subterrâneas, fluvial normal e fluvial reverso, os quais foram relacionados aos períodos de cheia (dezembro a maio) e vazante (junho a novembro).

Paisagens de gênese fluvial, como o Tabuleiro do Embaubal, tem o funcionamento geossistêmico em primeiro nível dependente da quantidade de energia (vazão da água, capacidade de transporte) e matéria (areias, siltes, argilas, húmus) que o fluxo fluvial erode, transporta e deposita. A EMI trazida pela água dita a dinâmica evolutiva, a estrutura da paisagem, e, consequentemente, influencia as intervenções promovidas pela sociedade.

O geofluxo fluvial é diretamente influenciado por mudanças antropogênicas, meteorológicas e climáticas, regionais e globais. Na Amazônia, acréscimos da pluviometria provocados pelo fenômeno meteorológico La Niña aumentam o fluxo de EMI pelos canais fluviais, e de forma contrária, o El Niño diminui a pluviometria, reduzindo o geofluxo fluvial.

Nos períodos de vazante, as paisagens fluviais amazônicas têm comportamentos distintos dos períodos de cheias, entretanto a mudança do funcionamento geoecológico se dá ao longo do ano, de forma gradual, e para o trecho do Xingu que localiza-se o Tabuleiro do Embaubal, no mês de abril geralmente se tem o nível máximo normal das águas, e em novembro o seu nível mínimo normal. Quando a cota fluviométrica do rio Xingu encontra-se próximo do seu nível mínimo normal, as unidades de paisagens fluviais ficam totalmente emersas, e no nível máximo normal, ficam somente emersas cristas, no interior das ilhas, e partes mais elevadas da Planície de Inundação Margem Esquerda e Planície de Inundação Margem Direita, que somente são completamente imersas em níveis máximos excepcionais das águas do rio Xingu.

No período de cheias, o geofluxo fluvial ocorre em toda extensão da paisagem fluvial, e interage com as unidades geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal de diversas formas. As unidades de paisagem não vegetadas, a exemplo das Praias Fluviais, são mais susceptíveis de serem erodidas, quando comparadas as demais com vegetação já desenvolvida, que atenuam a velocidade do geofluxo fluvial, a ponto de ocorrer deposição de siltes e argilas.

A foz do rio Xingu, e demais afluentes do rio Amazonas, tem seus períodos de cheia por vezes ampliados, ou períodos de vazantes reduzidos por consequência de cheias acima da média no rio Amazonas, pois suas águas criam um geofluxo fluvial reverso que invade os canais fluviais, elevando a cota fluviométrica local. Sendo que os afluentes do trecho oriental do rio Amazonas, ou seja, próximos à foz do Amazonas, também tem suas cotas fluviométricas sob influência dos avanços e retrocessos diários das águas do Oceano Atlântico, que formam o geofluxo fluvial reverso, aumentando ou reduzindo as cota fluviométrica diariamente.

No período de vazante, as unidades de geoecológicas emersas do Tabuleiro do Embaubal proporcionam mudanças no fluxo do rio, que não mais interagem com a vegetação de várzea, e torna-se ramificado, com capacidade de erosão, transporte e deposição de cada ramificação diferenciados. O canal com maior fluxo está entre as Ilhas Desagregadas, e coincide grosso modo com a rota fluvial de transporte de cargas das médias e grandes embarcações, que flui próximo

da desembocadura do rio Tucuruí, continua próximo a ilha do Parnásio, e entre as ilhas do Piloto e do Piteruçu.

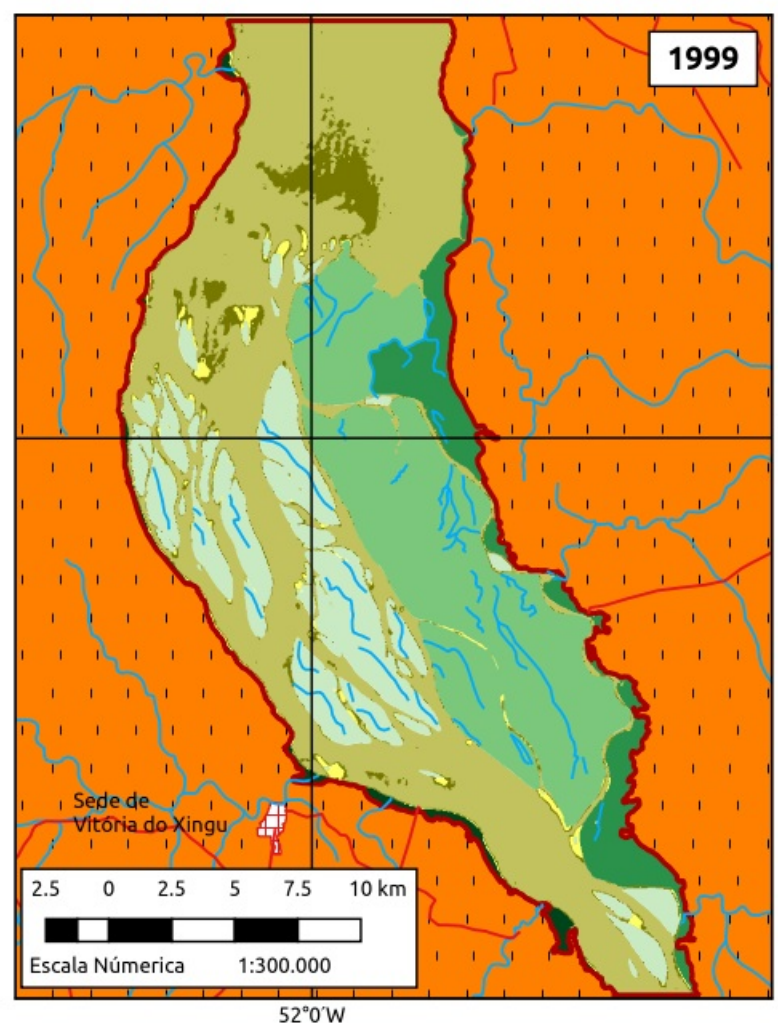
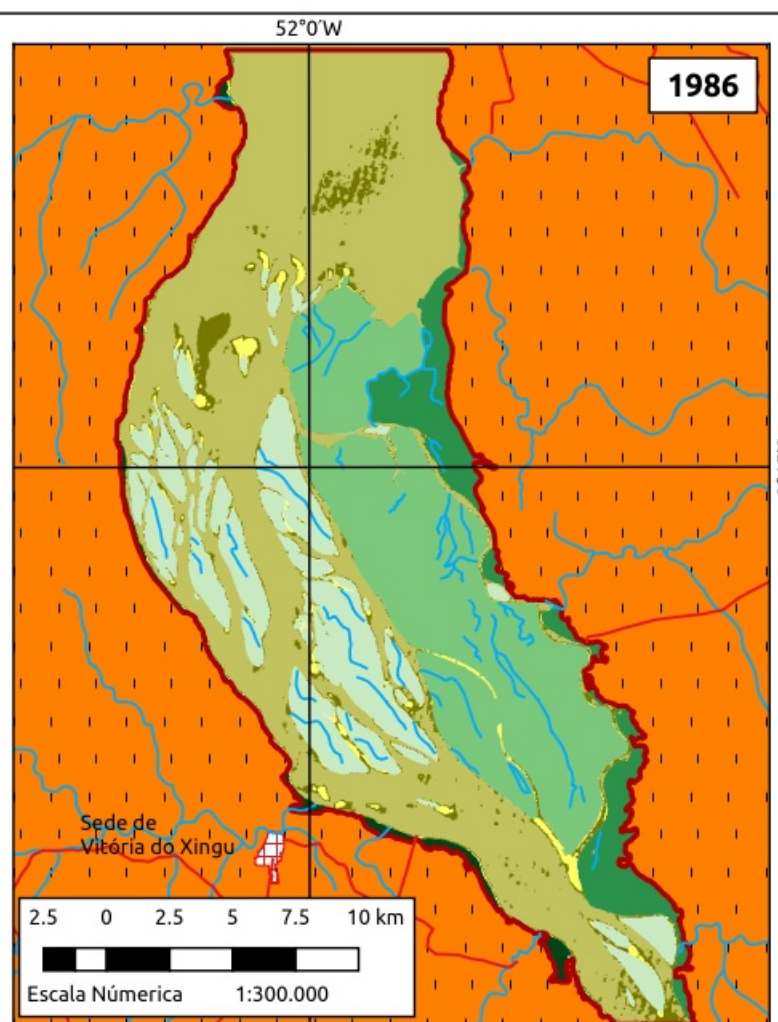
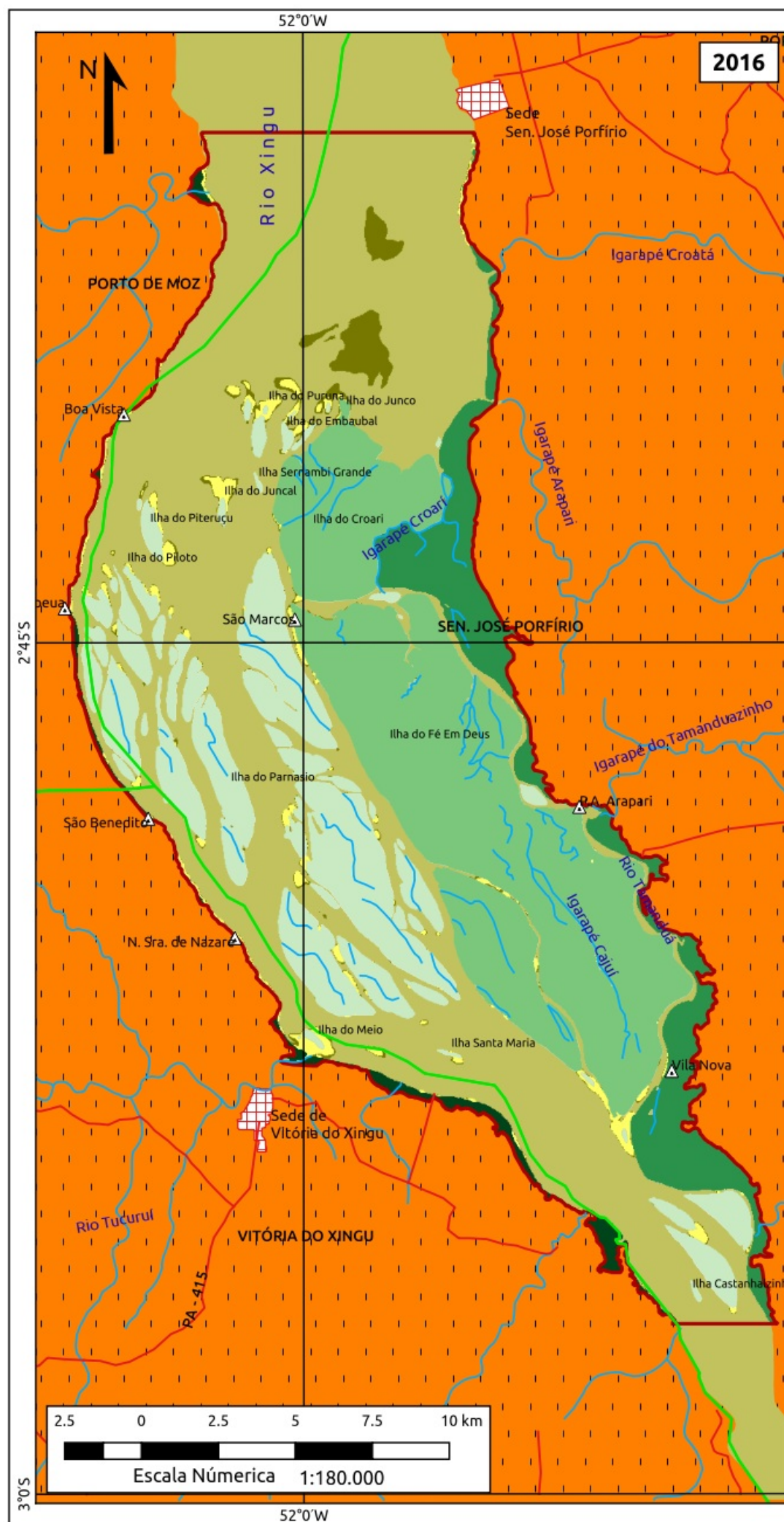
No entorno das ilhas do Tabuleiro do Embaubal existem ramificações do canal principal que ao longo do processo evolutivo da paisagem tiveram seus fluxos EMI reduzidos, principalmente, nos período de vazante, a exemplo do Rio Tamanduá, que passa em frente a comunidade Vila Nova, e também o Lago do Cajuí, que somente em períodos de cheia tem ligação com o geofluxo fluvial do Xingu.

Quanto ao geofluxo de águas subterrâneas, esse tem menor significância para o funcionamento do Tabuleiro do Embaubal quando comparado aos geofluxos fluvial, embora exista fluxos imediatos da região geoecológica Baixo Platôs da Transamazônica e Xingu. Entretanto, regionalmente os fluxos das águas subterrâneas devem ser observados, pois contribuem com o fluxo fluvial do canal principal do rio Xingu em momentos de restrição de chuvas.

As características geológicas (Ver quadro 6, capítulo 3) das regiões geoecológicas Superfícies Aplainadas Transamazônica e Xingu, Superfície Aplainadas Trincheira do Bacajá e Superfícies Aplainadas São Félix do Xingu comprometem a disponibilidade de águas subterrâneas, quando compara-se com as demais regiões geoecológicas presentes na sub-bacia do baixo rio Xingu. E, além das características geológicas, os tipos de usos também comprometem a qualidade e quantidade do fluxo de águas subterrâneas, como exemplo, a exploração das águas para o abastecimento e irrigação que podem exaurir e poluir os aquíferos subterrâneos.

5.3 Evolução Geoecológica do Tabuleiro do Embaubal

A análise das datações realizadas por Souza (2015), as paleoformas e novas feições encontradas nos trabalhos de campo e nos mapeamentos dos anos 1986, 1999 e 2016 (Mapa 14), indicam que o trecho do canal do rio Xingu que contem o Tabuleiro do Embaubal no Pleistoceno era mais estreito do que o atual, se limitando a área ocupada pela Ilha do Fé em Deus. Com os processos



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 14 - EVOLUÇÃO GEOECOLÓGICA NOS ANOS DE 1986, 1999 E 2016 DO TABULEIRO DO EMBAUBAL, BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

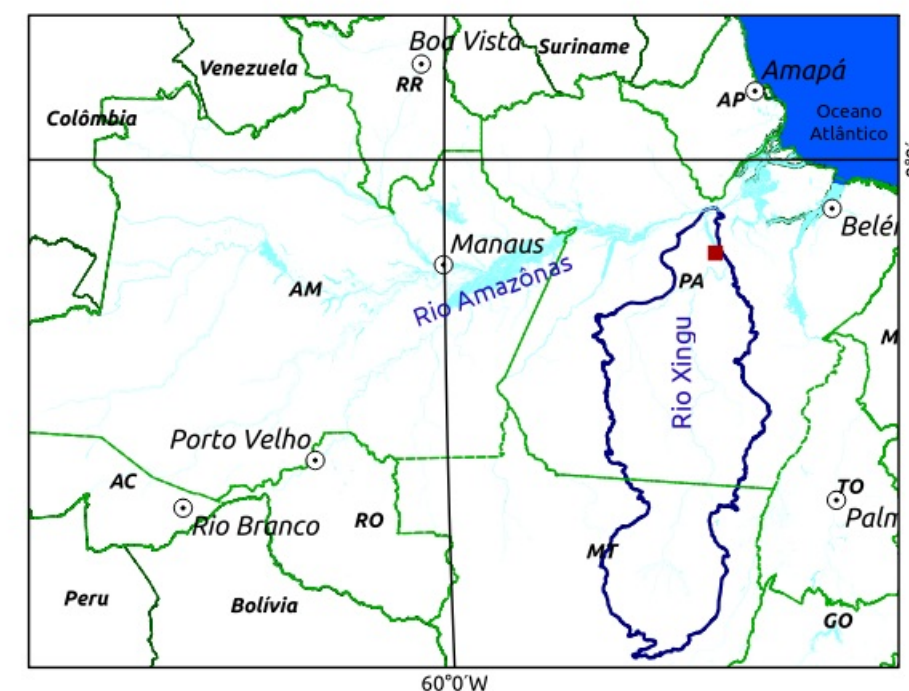
PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

- | | |
|--------------------------|---|
| ⊙ Capitais | □ Bacia do Rio Xingu |
| △ Comunidades | ■ Leito Profundo do Rio |
| ▭ Área de Estudo | ■ Praias e Dunas Submersas |
| □ Limites Municipal | Unidades Geoecológicas |
| □ Limites dos Estados | ■ Praias Fluviais |
| ▭ Áreas Urbanas | ■ Ilhas Desagregadas |
| — Rodovias e Estradas | ■ Ilhas Agregadas |
| ■ Rios Principais | ■ Planície de Inundação Margem Direita |
| — Rios, Igarapés e Furos | ■ Planície de Inundação Margem Esquerda |



Fontes:
Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE (2012)
Exército Brasileiro - Diretoria de Serviços Geográficos (2012)
NASA - Programa Landsat (2016)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

de consolidação, ampliação de área e agregação das ilhas fluviais, houve a deriva do canal principal para a esquerda e posterior surgimento das ilhas que possuem idades inferiores a 1000 anos, assim, as unidades de paisagens geoecológicas mais antigas são as Ilhas Agregadas e a Planície de Inundação Margem Direita, e a mais recente, as Praias Fluviais.

As ilhas tendem a se unir no seu processo evolutivo, fato percebido através das paleoformas na paisagem. As ilhas agregadas já foram semelhantes ao conjunto de ilhas desagregadas a sua esquerda, possui canais abandonados de contato restrito com as águas do rio nos períodos de cheia, que os tornam ambientes semelhantes a lagos, e ainda possuem canais, chamados localmente de igarapés, com fluxo d'água restrito e reduzido aos períodos de maior vazão, e com pelo menos um acesso permanente durante o ano.

Cada unidade de paisagem geoecológica do Tabuleiro do Embaubal possui dinâmica evolutiva inter-relacionada e distinta, podendo ser observada na avaliação do Mapa 14 e nos dados da Tabela 6.

A Planície de Inundação Margem Direita e Ilhas Agregadas estão no último estágio da evolução do Tabuleiro do Embaubal, e são as classes menos modificadas, tanto percentualmente como em números de pixels. A ampliação de área dessas unidades está condicionada, sobretudo, a agregação de ilhas. O assoreamento do igarapé Croari, que somente torna-se navegável no período de cotas fluviométricas máximas, permitirá a ligação permanente da ilha Croari à Planície de Inundação Margem Direita, que terá sua área ampliada.

Em decorrência da dinâmica fluvial para esse trecho do rio Xingu a Planície de Inundação Margem Esquerda figura como terceira classe mais modificada, reflexo das intervenções humanas e da erosão lateral, as quais transformam essa unidade geralmente em Praias Fluviais, seguido de Leito Profundo do Rio ou Praias e Dunas Submersas.

As Praias Fluviais tornam-se planícies de inundação ou ilhas desagregadas, ou parte das ilhas agregadas em decorrência do processo de fixação que ocorre inicialmente pela ocupação de gramíneas e herbáceas nos períodos de vazantes, seguidas por plantas aquáticas flutuantes, sucedidas por vegetação

pioneira arbustiva e arbóreas de influência fluvial, até tornarem-se Florestas Ombrófilas Aluviais.

Ano		1999							Total de pixeis ¹	Pixeis modifi- cados	Modifi- cação (%)
	Classes	1	2	3	4	5	6	7			
1986	1	197292	13234	751	238	183	100	12	211811	14519	6,9
	2	12385	7917	1490	857	410	195	81	23337	15420	66,1
	3	577	1848	4133	1095	437	66	134	8293	4160	50,2
	4	537	580	129	69953	3	2	0	71208	1255	1,8
	5	196	127	43	0	117299	50	0	117720	421	0,4
	6	114	122	103	0	48	37456	0	37849	393	1,0
	7	3	60	236	0	0	0	8619	8925	306	3,4
		2016									
1999	1	203989	3360	2205	1073	279	198	0	211104	7115	3,4
	2	17337	3670	1579	908	188	206	0	23888	20218	84,6
	3	2086	660	3072	656	157	253	1	6885	3813	55,4
	4	4484	218	476	66964	1	0	0	72143	5179	7,2
	5	1713	137	156	23	116245	106	0	118380	2135	1,8
	6	278	7	11	54	210	37309	0	37869	560	1,5
	7	844	136	1049	0	0	0	6817	8846	2029	22,9
		2016									
1986	1	202094	5755	2483	991	255	232	0	211810	9716	4,6
	2	18963	1275	1579	924	323	271	0	23335	22060	94,5
	3	3133	718	2842	1177	270	150	0	8290	5448	65,7
	4	4111	178	392	66521	2	0	0	71204	4683	6,6
	5	1355	106	103	22	116032	97	0	117715	1683	1,4
	6	264	4	12	43	198	37322	0	37843	521	1,4
	7	811	152	1137	0	0	0	6818	8918	2100	23,5

Tabela 6 - Mudanças Percentuais e por Número de Pixeis para os anos de 1986, 1999 e 2016 do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.

Classes: 1 – Leito Profundo do Rio; 2 – Praias e Dunas Submersas; 3 – Praias Fluviais; 4 – Ilhas Desagregadas; 5 – Ilhas Agregadas; 6 – Planície de Inundação Margem Direita; e 7 – Planície de Inundação Margem Esquerda.

¹ Pixeis, plural de pixel e a menor parte de uma imagem, que nessa pesquisa é 900m².

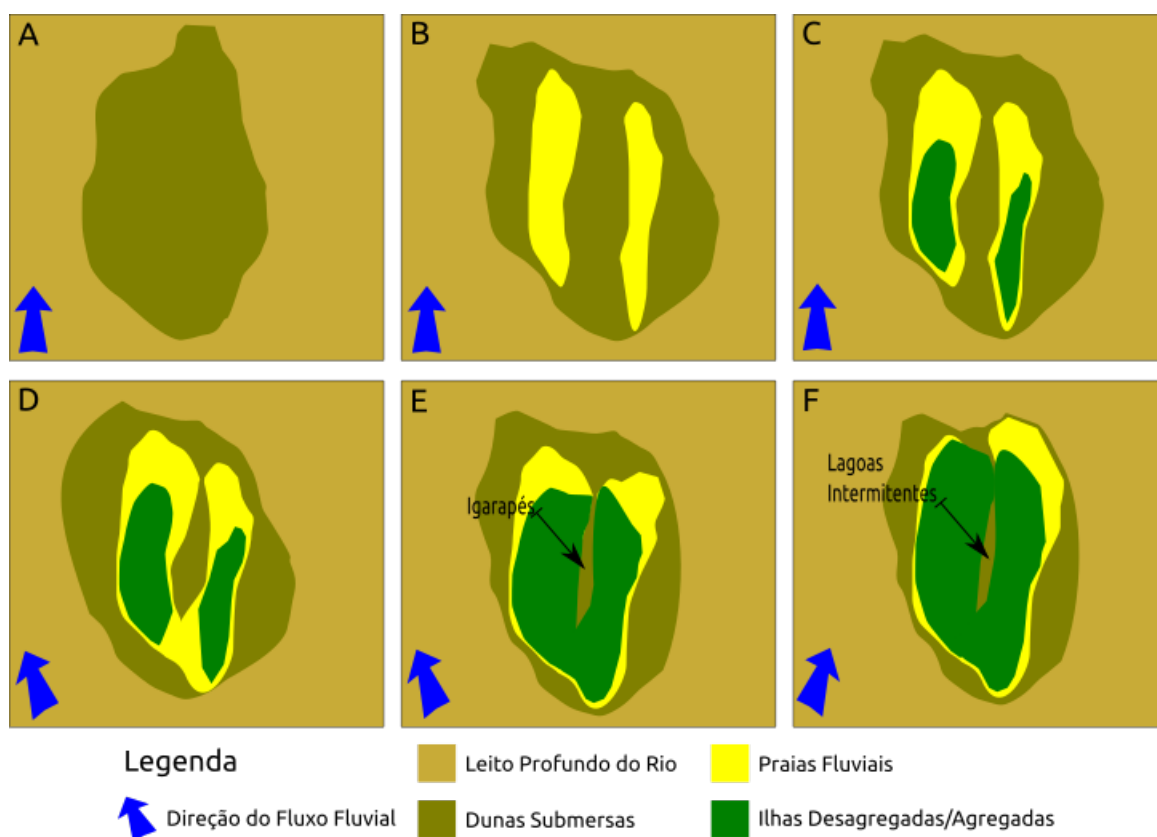
Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

O surgimento de Praias Fluviais e, em seguida, de Ilhas Desagregadas está condicionado ao crescimento das dunas e praias submersas, tanto em altura, como em área. As dunas e praias submersas são depósitos aluvionares de fundo de leito não emersas com a mudança sazonal das cotas fluviométricas do rio, e estão altimetricamente mais elevadas do que Leito Profundo do Rio.

Na Figura 22 apresenta-se esquema teórico de evolução das ilhas do Tabuleiro do Embaubal, do surgimento das dunas submersas (A) à agregação de ilhas (F). A formação de uma nova ilha depende da formação e ampliação vertical de

dunas submersas, além da dispersão da flora promovida com o transporte de sementes e plantas pelas águas do rio e pela fauna aquática e aérea.

Figura 22 - Esquema Teórico da Evolução das Unidades de Paisagem do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu



Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

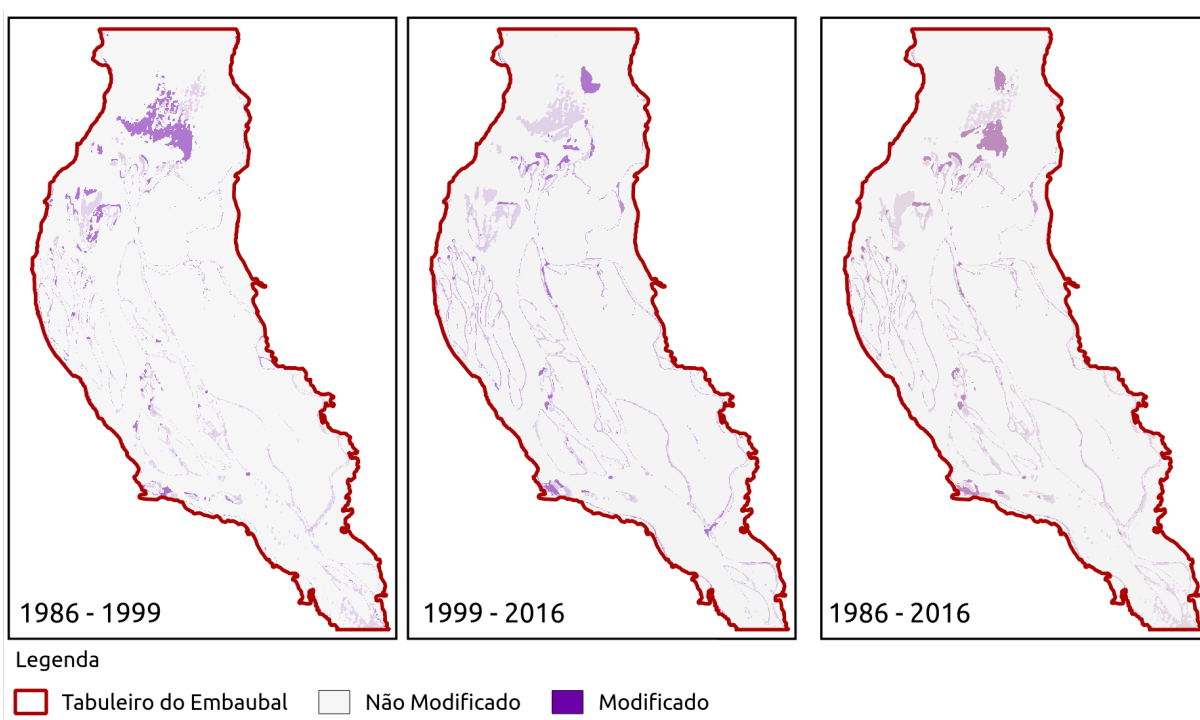
No Mapa 14 identifica-se a localização das dunas e praias submersas, principalmente no fim do trecho do rio que inclui o Tabuleiro do Embaubal, e são as que mais se modificam percentualmente, seguidas das Praias Fluviais, e em número de pixel, novamente, as Praias e Dunas Submersas são a mais modificadas, seguidas pela classe Leito Profundo do Rio.

O aumento vertical das dunas submersas promovem a emergência das cristas, que tornam-se Praias Fluviais, onde se inicia o processo de formação de solos e composição vegetal. O redirecionamento de fluxos dos canais entre as ilhas provoca deposição de sedimentos, assoreando os canais e bloqueando a entrada de água em momentos de vazões mínimas do rio, e em alguns casos

também há bloqueio do trecho final desses pequenos canais, transformando o canal em um lago intermitente.

Em decorrência da dinâmica fluvial as áreas inconsolidadas, Praias e Dunas Submersas e Praias Fluviais, são as mais susceptíveis a modificações. As Praias e Dunas Submersas tornam-se principalmente Leito Profundo do Rio ou Praias Fluviais, e as Praias Fluviais tornam-se Leito Profundo do Rio, Praias e Dunas Submersas ou Ilhas Desagregadas. Na Figura 23 observa-se a localização das mudanças entre os anos de 1986, 1999 e 2016 do Tabuleiro do Embaubal e, também, percebe-se que as áreas de borda das unidades geoecológicas são as mais afetadas por modificações.

Figura 23 - Localização das Mudanças nos Anos de 1986, 1999 e 2016 do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.



Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

5.4 Ecodinâmica e Vulnerabilidade Ambiental do Tabuleiro do Embaubal

Tricart (1977) propõe níveis de estabilidade da paisagem de acordo com o predomínio de atuação da morfogênese e/ou pedogênese, indicando que paisagens estáveis possuem predomínio de processo evolutivo com maior presença de

formação de solos e crescimento de espécies vegetais, e de forma oposta, as paisagens instáveis possuem evolução marcada por processos formadores do relevo. Souza (1981; 1998; 2000), por sua vez, acrescenta que paisagens estáveis são menos vulneráveis ambientalmente, do que as paisagens instáveis.

Nessa pesquisa, optou-se por identificar a vulnerabilidade ambiental da paisagem com auxílio de álgebra de mapas utilizando-se dos conceitos: Lógica Fuzzy; e AHP. Os estudos ambientais que possuem em sua metodologia de integração de mapas a lógica Fuzzy e o AHP, em um primeiro momento, selecionam critérios, no segundo, realizam neles reclassificação temática e quantitativa, no terceiro, somam com ou sem ponderações para os critérios reclassificados, e no último momento, reclassificam o resultado da soma para o tema em análise, no caso dessa pesquisa, a vulnerabilidade ambiental.

Entende-se que os critérios escolhidos devam realmente influenciar, esclarecer, o fenômeno estudado, atender as especificidades da paisagem em estudo e da escala de investigação da pesquisa, com atenção às justificativas de uso dos critérios, para que eximam semelhanças entre critérios que ocasionem superestimação dos mesmos.

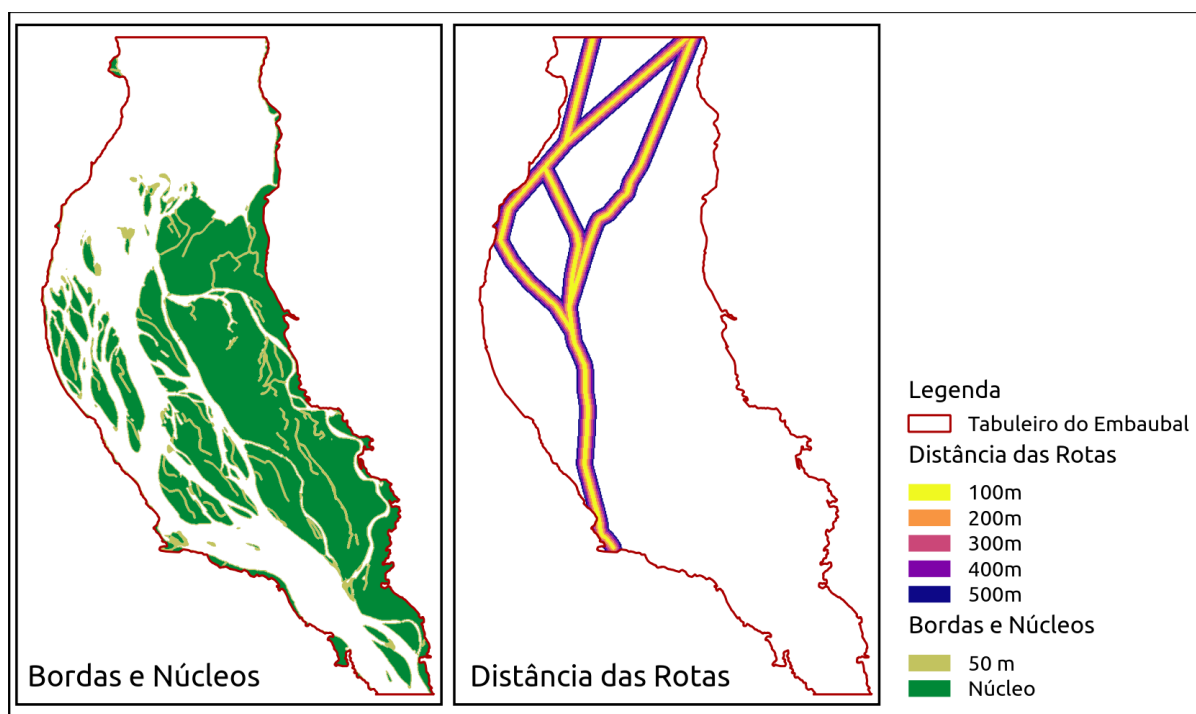
Lage, Peixoto e Vieira (2008), De Paula e Souza (2011) e Pinese Júnior e Rodrigues (2012) selecionaram como critérios para análise da vulnerabilidade ambiental os componentes da paisagem - geologia, geomorfologia, solos, clima, cobertura vegetal e usos da terra -, mesmo que cada pesquisa tenha justificativas de alguma forma diferente da utilização de um mesmo componente.

Silva e Nunes (2009) e Cavalcante et al. (2010) adotaram critérios diferentes dos componentes da paisagem acima citados, em acordo com a escala e o método das pesquisas por eles propostos. Em virtude da escala dessa pesquisa, e objetivando identificar a vulnerabilidade ambiental em nível das partes (fragmentos) das unidades geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal, selecionaram-se, os critérios Unidades Geoecológicas (UG) (Mapa 11), Cobertura Vegetal (CV) (Mapa 10), Borda-Núcleo (BN) das partes e Distância das Rotas (DR), estes últimos apresentados na Figura 24.

As Unidades Geoecológicas (UG) do Tabuleiro do Embaubal refletem o entendimento da estrutura, funcionamento e evolução geoecológica da paisagem,

entretanto admite-se que os demais critérios são atenuadores ou potencializadores da Vulnerabilidade Ambiental (VA), pois a reduzem ou ampliam a vulnerabilidade ambiental, quando atuantes ou presentes, tornando as unidades de paisagem mais susceptíveis, ou menos, a processos morfogenéticos, ou seja, interferem na ecodinâmica da paisagem.

Figura 24 - Critérios Distância de Rotas e Bordas e Núcleos utilizados na análise da Vulnerabilidade Ambiental do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.



Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

Com a análise da evolução geoecológica do Tabuleiro do Embaubal, percebeu-se que as modificações nessa paisagem ocorrem com mais intensidade nas áreas de bordas, quando comparado-se com o interior (núcleo) das unidades geoecológicas e Murcia (1995) definiu que as Bordas (0 a 50m) constituem áreas com maior incidência de efeitos de bordas sobre a fauna e a flora, sendo que, especificamente, para o Tabuleiro do Embaubal, excetuando as Praias Fluviais, é local das atividades agrícolas e moradias das comunidades ribeirinhas, e onde os efeitos da erosão fluvial são mais intensos.

Em acordo com Ross (1994), escolheu-se o critério Cobertura Vegetal (CV), pois exerce função protetora das paisagens por inibir processos erosivos, ou

seja, contribui para evitar processos morfogênicos. Já o critério Distância de Rotas (DR) foi escolhido por impactar principalmente as bordas das unidades de paisagem, visto que provocam ondas que as solapam, erodindo a base e provocando, consequentemente, desmoronamentos.

Quanto à reclassificação dos critérios, deve-se ao fato de cada critério possuir uma unidade temática diferente, assim, devem ser reclassificadas para o tema vulnerabilidade ambiental, e por necessidade do cálculo da soma, essa padronização deve também ser quantitativa. Sendo que há pelo menos duas formas para reclassificar os critérios escolhidos observados em estudos de vulnerabilidade ambiental, a saber: reclassificação com auxílio do AHP (SILVA; NUNES, 2009; PINESE JÚNIOR; RODRIGUES, 2012); e reclassificação de acordo com parâmetros do pesquisador (analista, consultor, equipe técnica) (LAGE; PEIXOTO; VIEIRA, 2008; CAVALCANTE et al., 2010; DE PAULA; SOUZA, 2011).

A primeira forma foi descartada por induzir erros no mapeamento, pois partes das unidades geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal poderiam ser classificadas como vulnerabilidade ambiental muito baixa, ou seja, ecodinâmica estável, inadequado, segundo a proposição de De Paula et al. (2016), que classificam a planície fluvial do baixo rio Xingu como de ecodinâmica instável e vulnerabilidade ambiental alta. Mesmo os autores utilizando mapeamentos em escala de 1:1.000.000, a vulnerabilidade ambiental do Tabuleiro do Embaubal só poderia ser baixa, se fossem encontradas em escala local, unidades geoecológicas distintas das frequentemente encontradas em paisagens fluviais, que não podiam ser percebidas na escala regional.

Adotou-se a reclassificação temática das classes dos critérios “de acordo com parâmetros do pesquisador”, na tentativa de expressar o entendimento integrado e holístico da geoecologia do Tabuleiro do Embaubal, sendo que os valores de cada classe dos critérios foram expressos na Tabela 7.

Após a reclassificação dos critérios, passam por operação algébrica (Álgebra de Mapas), e nessa pesquisa, usou-se soma ponderada, com pesos dos critérios indicados pelo AHP, que os comparou dois a dois, atribuindo parâmetros de importância para vulnerabilidade ambiental, ou seja, quanto um critério é mais ou menos importante do que outro para VA. O Tabela 8 expressa os valores obtido para cada critério selecionado para essa pesquisa.

Critério - Classe	Valor de VA
UG - Praias Fluviais	1
UG - Planície de Inundação Margem Esquerda	0,7
UG - Ilhas Desagregadas	0,7
UG - Ilhas Agregadas	0,5
UG - Planície de Inundação Margem Direita	0,5
BN - 50m	1
BN - Núcleo	0,5
CV - Sem Cobertura	1
CV - Formação Pioneira Arbustiva/Herbácea de Influência Fluvial	0,8
CV - Floresta Ombrófila Densa Aluvial	0,5
DR - 100m	1
DR - 200m	0,9
DR - 300m	0,8
DR - 400m	0,7
DR - 500m	0,6

Tabela 7 - Valores da Reclassificação para o tema Vulnerabilidade Ambiental (VA) dos critérios escolhidos para análise do Tabuleiro do Embaubal.

VA – Vulnerabilidade Ambiental; UG - Unidade Geoecológicas; BN - Borda e Núcleo; CV - Cobertura Vegetal; e DR - Distância de Rotas

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

Crítérios	Pesos
UG - Unidades Geoecológicas	0.581
CV - Cobertura Vegetal	0.255
BN - Borda e Núcleo	0.114
DR - Distância de Rotas	0.050

Tabela 8 - Pesos atribuídos aos critérios para a análise da Vulnerabilidade Ambiental (VA) do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

A média ponderada resultante foi reclassificada para as classes de vulnerabilidade ambiental moderada, alta e muito alta, as quais têm representação espacial no Mapa 15 e área quantificada na Tabela 9.

Classes	Vulnerabilidade Ambiental (km²)				
Unidades Geoecológicas	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta
Praia Fluviais	-	-	-	-	7,7
Ilhas Desagregadas	-	-	41,3	21,4	-
Ilhas Agregadas	-	-	98,6	6,8	-
Planície de Inundação Margem Direita	-	-	31,6	2,7	-
Planície de Inundação Margem Esquerda	-	-	-	2,9	3,2

Tabela 9 - Área da Vulnerabilidade Ambiental das Unidades Geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

A água do rio Xingu ocupa 49,9% do Tabuleiro do Embaubal, e não foi classificada quanto a vulnerabilidade ambiental, e as unidades geoecológicas ocupam 51,1% da paisagem, sendo que 2,5% são classificadas como VA Muito Alta, 7,8% de VA Alta e 39,8% de VA Moderada. As áreas VA Muito Alta concentram-se na porção oeste da paisagem. As VA Alta estão principalmente nas bordas das unidades geoecológicas, enquanto que a VA Moderada abrange as áreas do interior da paisagem recobertas por vegetação arbórea.

As Praias Fluviais foram em sua totalidade identificadas com de VA Muito Alta, e somente essa unidade geoecológica foi classificada em uma classe de vulnerabilidade ambiental, e nenhuma outra unidade geoecológica do Tabuleiro do Embaubal mais do que duas classes.

Da análise do Gráfico 12 pode-se inferir que 41,3km² das Ilhas Desagregadas estão próximas do limite da VA Alta, e a Planície de Inundação Margem Esquerda possui 2,9 km² próximo do limite da VA Muito Alta, assim o incremento de ações potencializadoras da VA podem tornar essas áreas mais vulneráveis ambientalmente, e de forma contrária, para as Ilhas Agregadas (6,8km²) e Planície de Inundação Margem Direita (2,7km²) que se encontram próximas do limite VA Moderada, ações atenuadoras da vulnerabilidade ambiental podem as tornaá-las menos vulneráveis.

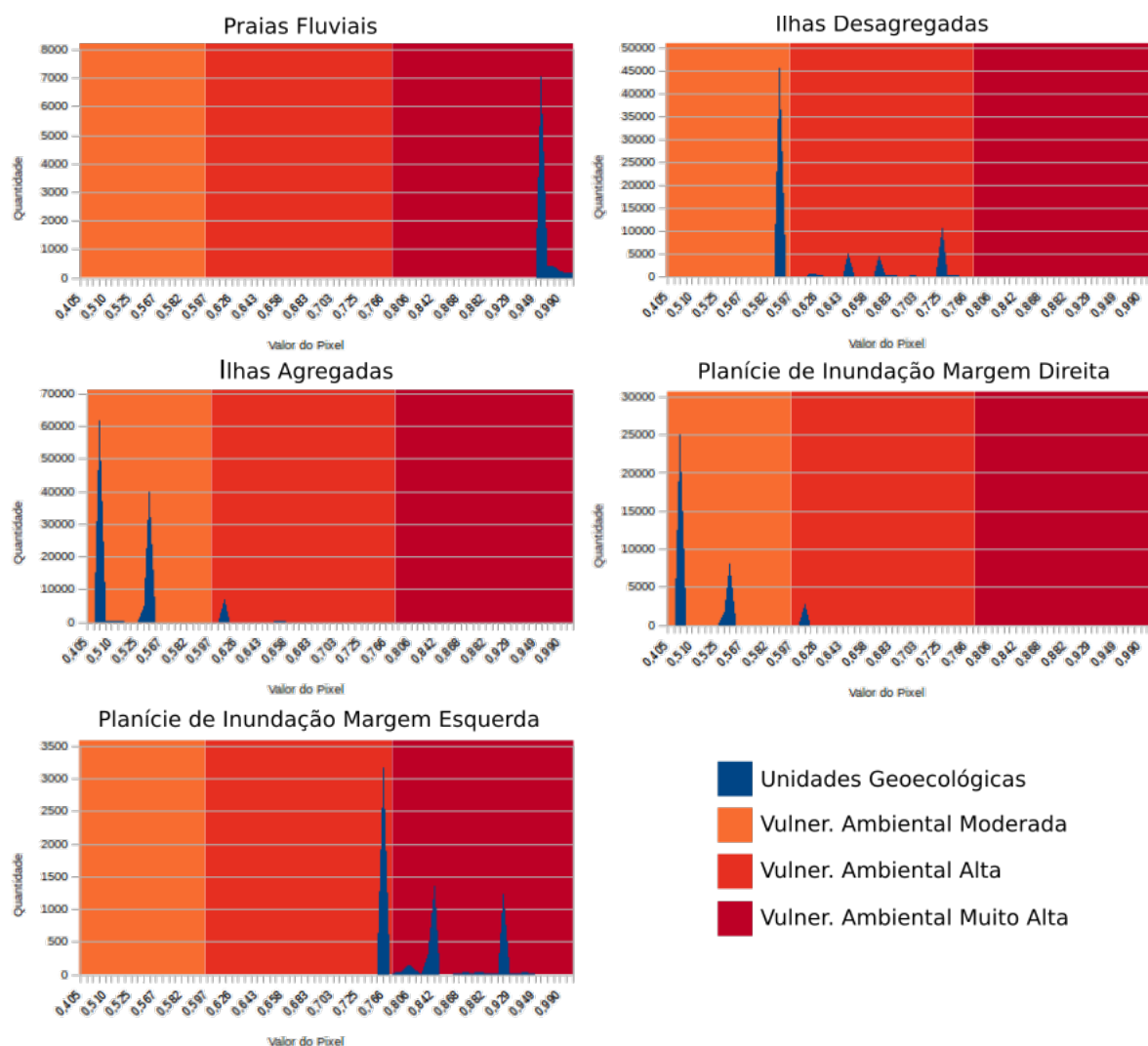


Gráfico 12 - Quantidade, Valor e Classe de Vulnerabilidade Ambiental dos Pixels das Unidades Geológicas do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

6 TENDÊNCIA GEOECOLÓGICA E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO TABULEIRO DO EMBAUBAL, BAIXO RIO XINGU

6.1 Repercussão Geoecológica diante da Exploração Hidroelétrica no Baixo Xingu

As mudanças antropogênicas podem tanto aumentar ou diminuir a quantidade de EMI, sendo que para o contexto da sub-bacia do baixo rio Xingu, o desflorestamento, a mineração de areia e, principalmente, os barramentos da Usina Hidrelétrica (UHE) Belo Monte modificam o equilíbrio dos geofluxos de EMI, e, conseqüentemente, a dinâmica da evolução geoecológica. As mudanças por consequência do desflorestamento das Florestas Ombrófilas são a diminuição da infiltração da chuva, o aumento do escoamento superficial, a lixiviação dos solos e a ampliação da carga de sedimentos dos rios e igarapés. Já a mineração de areia para construção civil retira sedimentos que seriam transportados até a foz do Xingu, onde se localiza o Tabuleiro do Embaubal, comprometendo a formação de dunas e praias submersas e a manutenção das praias fluviais.

A paisagem Tabuleiro do Embaubal, do ponto de vista do fluxo de sedimentos teria somente a mineração de areia na cidade de Altamira como atividade potencialmente comprometedora da sua condição geoecológica, entretanto, em 2011 iniciou-se o processo de instalação da UHE Belo Monte, a qual entrou em operação em 2016, e como todo barramento do fluxo fluvial, promove o seu desequilíbrio (MAKKAVEYEV, 1972; CUNHA, 2008).

A UHE Belo Monte modificou o fluxo de EMI no baixo curso do rio Xingu, sendo que os desdobramentos provocados com as mudanças no geofluxo fluvial serão percebidos primeiramente na biota (PETTS, 1987 *apud* BRANDT, 2000), e não devem ser percebidas no meio físico antes de 5 anos após o represamento (BUMA; DAY, 1977), e as unidades geoecológicas com vulnerabilidade ambiental muito alta e alta serão as mais afetadas por essas mudanças.

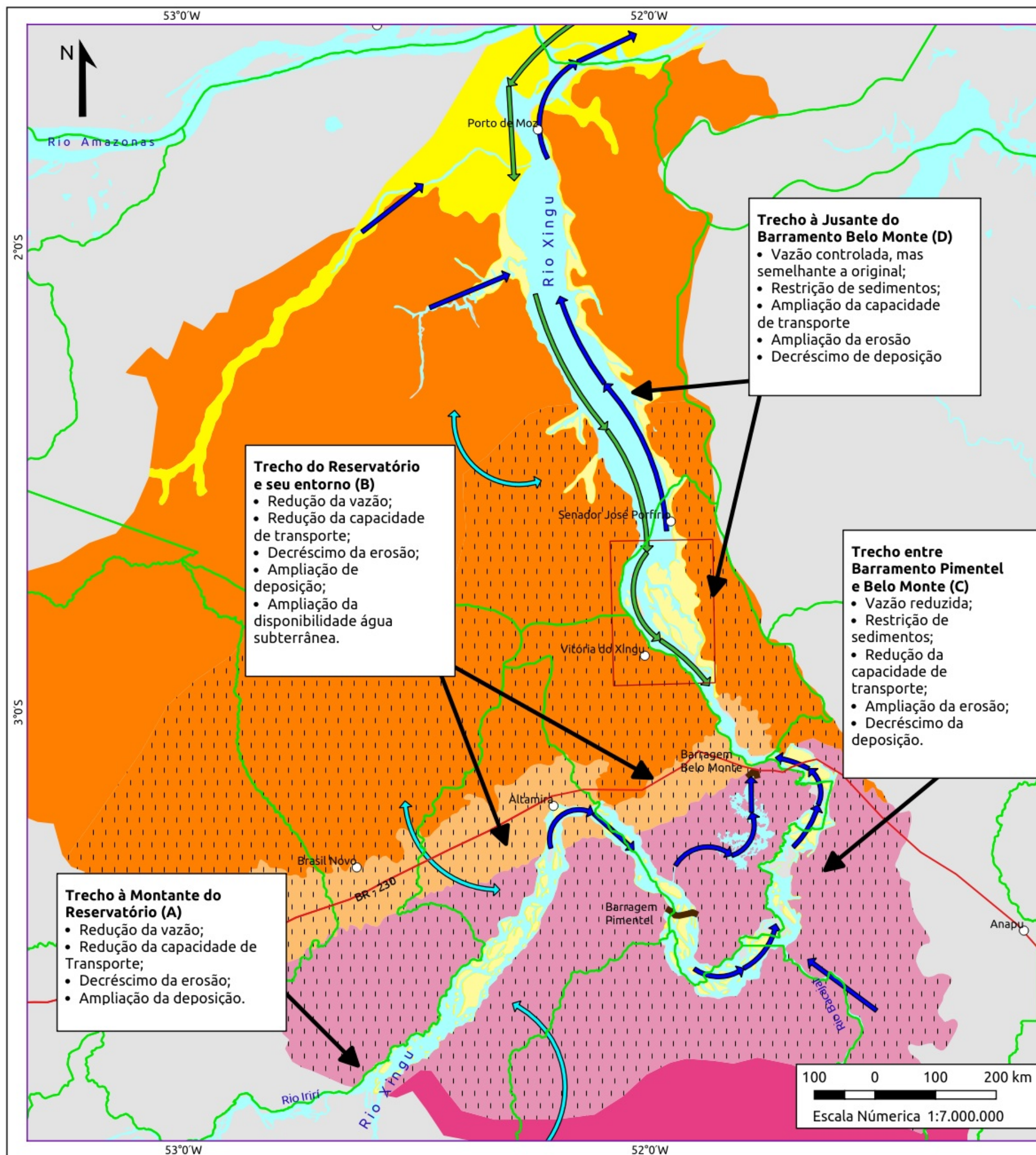
A UHE Belo Monte, mesmo tendo operação realizada a fio d'água, promoverá em decorrência da construção de barramentos, o rompimento do equilíbrio do rio, devido a magnitude da intervenção do corredor fluvial (CUNHA, 1993; 2008; COELHO; CUNHA; SOUZA, 2014).

Caracterizou-se a tendência de funcionamento geoecológico do rio Xingu de acordo com Christofolletti (1980), Cunha (1995; 2008), Brandt (2000), Coelho (2008) Christonpherson (2012), em síntese apresentada no Mapa 16, para os trechos à montante (A) e do reservatório (B) da UHE Belo Monte; para o trecho entre o barramento Pimentel e o Belo Monte (C); e para o trecho à jusante do barramento Belo Monte (D), os quais sofrem influência da UHE Belo Monte.

Em acordo com as proposições de Cunha (1995; 2008), no trecho do rio Xingu à montante do reservatório da UHE Belo Monte, com a redução da velocidade das águas permitirá a deposição sedimentos que irão assorear a desembocadura do rio Irirí e do rio Xingu, e constituirá novas áreas de inundação. Já no trecho do reservatório e das áreas do seu entorno, ocorrerá armazenamento de água e, consequente mudança da cota fluviométrica, inundando permanentemente parte da planície fluvial, incluindo ilhas e praias. Acontecerá deposição de sedimentos que irá assorear o reservatório, reduzindo sua vida útil; modificará as taxas de infiltração e ampliará a disponibilidade de água subterrânea; e mudará a temperatura das águas.

Foram construídos dois barramentos, Pimentel e Belo Monte, para UHE Belo Monte, os quais proporcionarão diversas respostas de fluxos de água e sedimento a jusante do barramento, sendo que a relação entre a capacidade de transporte e a carga de sedimentos liberada do reservatório, em conjunto com a relação entre erosividade do escoamento e erodibilidade das margens do rio, deve determinar mudanças que, a longo prazo, produzirá um novo estado de equilíbrio fluvial (BRANDT, 2000; CUNHA; 2008).

Todos os barramentos afetam as descargas naturais de água de alguma forma, ou seja, há redução de fluxo para a maioria dos barramentos fluviais com consequente redução da potência de fluxo e da capacidade de transporte de sedimentos, resultado do armazenamento e da evaporação da água (HIGGS; PETTS, 1988; BRANDT, 2000). Para o trecho à jusante do barramento Belo Monte, mesmo a UHE operando com vazão próxima à natural, seu geofluxo fluvial tem restrição de sedimentos, pois entre 90 e 99% dos sedimentos serão capturados pelos barramentos construídos (GRIMSHAW; LEWIN, 1980 *apud* CUNHA, 2008; WILLIAMS; WOLMAN, 1984).



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MAPA 16 - FUNCIONAMENTO DOS GEOFLUXOS DO BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

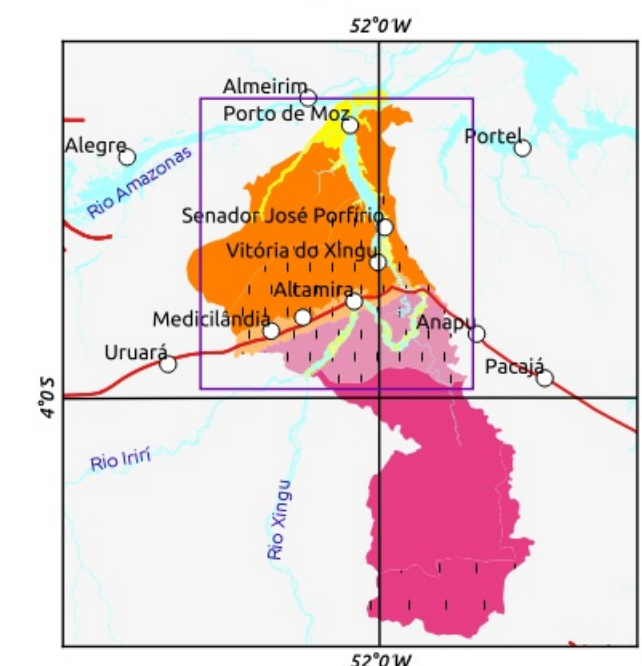
PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA: GEOECOLOGIA DO TABULEIRO DO EMBAUBAL - BAIXO RIO XINGU

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva De Paula

Orientadora: Prof. Dra. Adryane Gorayeb / Coorientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Legenda

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| ○ Sedes Municipais | — Rodovias |
| ▭ Tabuleiro do Embaubal | — Barragens UHE Belo Monte |
| ▭ Limites Municipal | ▭ Rios Principais |
-
- | Fluxos Geoecológicos | Regiões Geoecológicas |
|----------------------|---|
| → Fluvial Normal | ▭ Planície Fluvial do Rio Amazonas |
| → Fluvial Reverso | ▭ Planície Fluvial do Rio Xingu |
| ↔ Águas Subterrâneas | ▭ Baixos Platôs do Rio Xingu |
| | ▭ Baixos Platôs Transamazônica e Xingu |
| | ▭ Planaltos Dissecados Transamazônica e Xingu |
| | ▭ Superfícies Aplainadas Transamazônica e Xingu |
| | ▭ Superfícies Aplainadas Trincheira Bacajá |
| | ▭ Superfícies Aplainadas São Félix do Xingu |



Fontes:
Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia - IBGE (2012)
Exército Brasileiro - Diretoria de Serviços Geográficos (2012)

Projeção Geográfica
SIRGAS 2000

No trecho do rio entre barramento Pimentel e Belo Monte, reconhecido como Volta Grande do Xingu, a vazão da água foi reduzida a jusante do Barramento Pimentel. Neste trecho, ainda há sedimentos que serão transportados até o rio Amazonas, passando pelo Tabuleiro do Embaubal, porém ocorrerá a redução da disponibilidades de sedimentos, da capacidade de transporte e de deposição, com consequente ampliação da capacidade erosiva, apesar da erosão desse trecho ser menor, comparando-se com o trecho a jusante do barramento Belo Monte.

Com a restrição de sedimentos, a jusante dos barramentos da UHE Belo Monte tem-se o início da erosão da calha fluvial para ser restabelecer o equilíbrio com a capacidade de transporte, e, de acordo com Cunha (2008), a erosão avança alguns quilômetros por ano, sendo que o Tabuleiro do Embaubal está a 25 km da UHE de Belo Monte, e o predomínio de processo deposicional deve ser revertido para predomínio de processos erosivos (ALVAREZ, 1986; CUNHA 2008), que ampliará a vulnerabilidade ambiental e comprometerá o processo evolutivo e de funcionamento do Tabuleiro do Embaubal, mesmo que demore, em decorrência da atuação do geofluxo fluvial reverso.

Em consonância com a pesquisa de Fearnside (2015) e do planejamento de hidrelétricas para Amazônia apontado por Becker (1990), há a possibilidade de construção da UHE Altamira (ou Babaquara) a montante da UHE Belo Monte, pela necessidade de regularização da vazão, e consequente, potencialização da produção de energia durante o ano pela UHE Belo Monte, minimizando a dependência vazão fluvial natural.

Os efeitos individuais de uma barragem são pequenos quando comparados a efeitos de barragens em cadeia (TROMS; WALKER, 1993 apud BRANDT, 2000) e de acordo com Cunha (1993; 2008), Brandt (2000) e Coelho (2008), com a construção de uma barragem a montante para armazenamento de água, os impactos no funcionamento, evolução e vulnerabilidade ambiental provocados por Belo Monte seriam intensificados, e acrescentaria, com a regularização da vazão a jusante de Belo Monte, estabilização da cota fluviométrica, poderá impedir a inundação sazonal das ilhas fluviais e das planície de inundação, manter as praias fluviais imersas e permitir a conexão entre partes das unidades de paisagem não conectadas, comprometendo a evolução dos meios bióticos e abióticos.

6.2 Unidades de Conservação do Tabuleiro do Embaubal: Proposições para a Sustentabilidade Ambiental

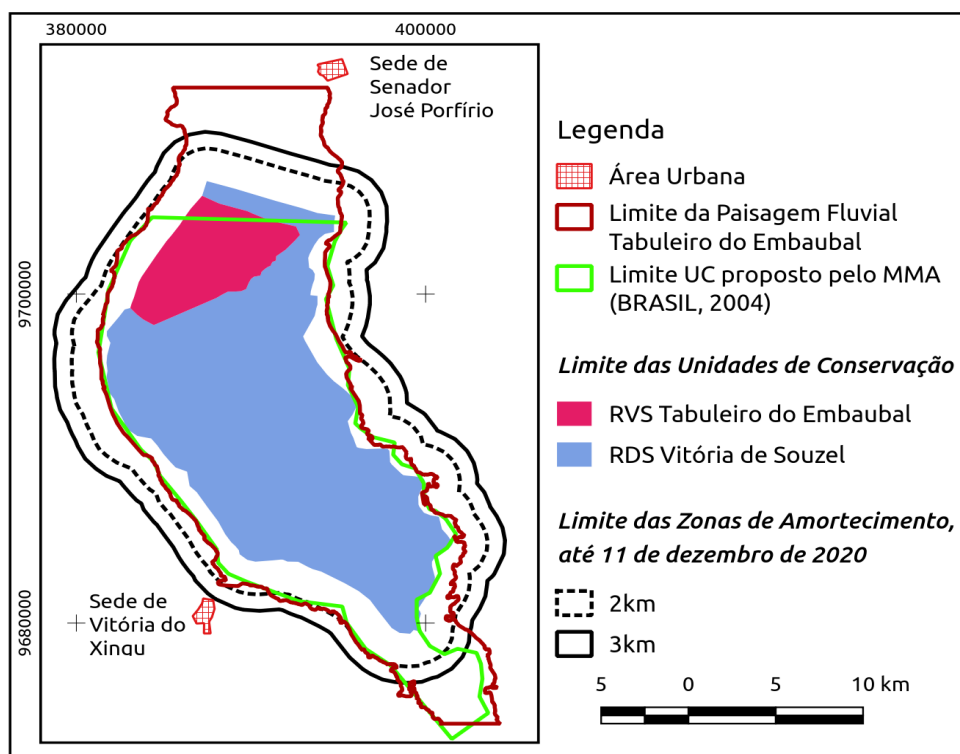
As Unidades de Conservação (UC), mesmo que haja alguns questionamentos quanto a sua eficácia, constituem importante ação governamental de proteção e conservação da biodiversidade em tempos de grande ameaça à natureza (LAURANCE et al., 2004; DE PAULA et al., 2016), tais como desflorestamento, mineração, pecuária extensiva, construção de grandes hidrelétricas, aberturas de estradas, dentre outras.

O processo de criação das Unidades de Conservação do Tabuleiro do Embaubal pelo Governo do Estado do Pará foi iniciado após a publicação do relatório “Painel de Especialistas” (SANTOS; HERNANDEZ, 2009), o qual tece críticas ao EIA/RIMA da UHE Belo Mote, e concomitantemente ao fim das discussões para liberação da construção desta UHE pelo IBAMA. Entretanto, em 2004, o MMA indicou a área do Tabuleiro do Embaubal (Figura 26) como de conservação prioritária para biodiversidade no bioma amazônico, indicando a criação de UC de Proteção Integral (BRASIL, 2004), e quando da atualização de informação da área, considerou a criação de UC de Uso Sustentável, indicando que se tratava de área de extrema importância para biodiversidade, e estava ameaçada pela pesca predatória, pelas rotas para navegação e pelos usos da terra não compatíveis com a conservação da biodiversidade (BRASIL, 2007).

Criadas em 2016, as UC Reserva de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souzel diferem nas suas características e conceitos, em acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000), e nos objetivos propostos no decreto de criação (PARÁ, 2016).

Apesar dos consideráveis objetivos propostos para RVS Tabuleiro do Embaubal, em essência generalistas, o item III do art. 3º (PARÁ, 2016) constitui o real objetivo dessa UC - preservar locais de desova de quelônios no rio Xingu, especificamente, da tartarugas-da-amazônia (*Podocnemis expansa*). Fato que pode ser observado através dos seus limites (Mapa 11; Figura 25), que envolvem somente áreas historicamente utilizadas para nidificação por essa espécie, mesmo ocorrendo nidificação de outros quelônios vulneráveis à extinção.

Figura 25 - Limite proposto pelo MMA, limites das Unidades de Conservação, Zonas de Amortecimento e da Paisagem Fluvial para o Tabuleiro do Embaubal.



Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

A *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) classificou a *Podocnemis expansa* como de baixo risco à extinção, porém dependente de programas/ações de conservação, e a tracajá (*Podocnemis unifilis*) e pitiú (*P. sextuberculata*) figuram como vulnerável à extinção, pois suas populações encontram-se reduzidas devido à exploração direta e à perda de habitat (BRASIL, [2015]). *Podocnemis unifilis* e a *P. sextuberculata*, diferentemente da tartaruga-da-amazônia que deposita seus ovos em agrupamentos frequentemente numerosos (VANZOLINI, 2003; CARNEIRO, 2012) não desovam em grupos, e organizam seus ninhos em diferentes praias da planície fluvial (ESCALONA; FA, 1998; PEZZUTI; VOGT, 1999; FACHÍN-TERÁN; VON MÜLHEN, 2003; CARNEIRO, 2012), sendo que essas características não são observadas quando da criação da RVS Tabuleiro do Embaubal, tendo em vista que somente 41 dos 285 fragmentos de praias fluviais desse trecho do rio Xingu, possíveis de serem utilizadas pelas *Podocnemis unifilis* e a *P. sextuberculata*, estão contidas no limite da RVS.

Percebe-se que os objetivos da RVS Tabuleiro do Embaubal somente serão alcançados se os objetivos da RDS Vitória de Souza forem também alcançados, o que torna a existência da RVS desnecessária, principalmente diante da tendência geoecológica do baixo rio Xingu e Tabuleiro do Embaubal, que tornará inaptas as áreas utilizadas na nidificação de quelônios, devido diminuição em altura e tamanho, até o total desaparecimento das praias fluviais, principalmente quando se pensa somente nos locais para nidificação da tartaruga-da-amazônia.

Uma justificativa plausível para criação da RVS seria a compensação ambiental obrigatória por parte do empreendedor que provoca impactos socioambientais negativos à UC respeitando o artigo 36 da Lei nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000). No caso do Tabuleiro do Embaubal, a Norte Energia S/A, que controla a UHE Belo Monte, deveria contribuir com a criação e/ou a manutenção de UC de proteção integral, entretanto, por afetar diretamente a RDS Vitória de Souza, essa deve ser também compensada ambientalmente pela empresa, como indicado no § 3º do mesmo artigo.

Seus limites não contém a paisagem como o todo, porém quanto ao tipo/categoria de UC (BRASIL, 2000), a criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Vitória de Souza foi adequada para o Tabuleiro do Embaubal, pois entende-se que unidades de conservação, principalmente da categoria uso sustentável, vêm assumido papel fundamental na conservação da biodiversidade na Amazônia (KITAMURA, 2001).

Assim, como é observado no Tabuleiro do Embaubal, grande parte das áreas ainda preservadas do território brasileiro é povoada por comunidades rurais “tradicionais” (caiçaras, ribeirinhos, seringueiros, quilombolas, caipiras) ou indígenas, que dependem da conservação da fauna e flora para sua existência (ARRUDA, 1999; QUEIROZ, 2005). Vivacqua e Vieira (2005) acrescentam que os custos sociais e ecológicos da criação de Unidades de Conservação de Proteção Integral levam muitas comunidades locais a burlar as leis e desrespeitar as regras estabelecidas no plano de manejo, pois põem em risco a sua sobrevivência, inviabilizando o manejo sustentável na UC.

Lima-Ayres (1994) indica que sem a participação da população local, tanto no manejo dos recursos, como na gestão da área, a conservação é inviável no longo prazo, e para Queiroz (2005) o sucesso da conservação da biodiversidade in

situ é dependente da capacidade de se identificar e envolver as populações humanas locais.

Para Rylands e Brandon (2005), as unidades de conservação de uso sustentável encaram ainda, desafio maior em relação à UC de Proteção Integral, pois precisam definir o que pode ser utilizado, quanto, e por quem. Sendo que essas definições apoiadas em critérios sem rigoroso embasamento científico, que considerem aspectos de manutenção e reprodução dos principais componentes da paisagem e a sua resiliência natural, não subsidiam estratégias capazes de conservar a biodiversidade de forma ampla, satisfatória e duradoura (QUEIROZ, 2005).

Souza (2000) indica que as unidades de paisagens com alta vulnerabilidade ambiental possuem baixa sustentabilidade ambiental, sendo que adequou-se esse conceito a escala das UC do Tabuleiro do Embaubal, e calculou-se o percentual de Sustentabilidade Ambiental (SA) das Unidades de Conservação do Tabuleiro do Embaubal (Tabela 10), e percebe-se que essas UC devem ter severas restrições ambientais ao uso, devendo ser priorizados espaços de preservação ambiental.

Unidades de Conservação	Classe de SA	%
RVS Tabuleiro do Embaubal	Água	71,7
	Moderada	18,3
	Baixa	4,8
	Muito Baixa	5,3
RDS Vitória de Souza	Água	29,8
	Moderada	58,4
	Baixa	10,7
	Muito Baixa	1,1

Tabela 10 - Sustentabilidade Ambiental das Unidades de Conservação do Tabuleiro do Embaubal.

Elaboração: Eder Mileno S. De Paula (2017).

6.2.1 Proposições para os Planos de Manejo da RVS Tabuleiro do Embaubal e a RDS Vitória de Souza

De acordo com Brasil (2000), o plano de manejo abrange a área da Unidade de Conservação, sua Zona de Amortecimento (ZA) e os corredores ecológicos (caso existam), constituindo:

Documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma Unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da Unidade (BRASIL, 2000, Art. 2º – XVII).

São sugeridas zonas e ações para o plano de manejo das UC do Tabuleiro do Embaubal que primam pela conservação e sustentabilidade ambiental, entretanto, apesar do embasamento científico, só devem ser aplicadas após ampla discussão com as comunidades tradicionais e científicas, organizações não governamentais, gestores públicos, e demais atores sociais locais, para que possuam legitimidade e atendam especificidades não percebidas nessa pesquisa.

Indica-se que os zoneamentos das UC possuam Zonas de Recuperação Ambiental, Zona de Amortecimento, e baseado na experiência administrativa da Reserva de Desenvolvimento Mamirauá (QUEIROZ, 2005), Zonas de Preservação Ambiental, e Zonas de Uso Sustentável. Entretanto, para RVS, não é permitido o uso direto dos recursos naturais, excluindo as Zonas de Uso Sustentável, sendo que as atividades previamente existentes em áreas particulares devem se adequar as normas de conservação e proteção da UC (BRASIL, 2000).

6.2.1.1 Zonas de Preservação Ambiental

Visam à preservação de áreas necessárias para conservação paisagística, existência e reprodução da flora e da fauna residente ou migratória, e em acordo com Queiroz (2005), devem ser criadas para proteger a diversidade genética, agindo como uma fonte de estoque para as zonas adjacentes. As zonas de

preservação ambiental devem englobar áreas de alta e muito alta vulnerabilidade ambiental, que constituem ambientes de ecodinâmica instáveis, onde os efeitos das atividades humanas são significativos sobre o ambiente, assim, o manejo da área deve preservar o ambiente natural, motivar as atividades de pesquisas e a educação ambiental.

Atividades extrativistas, de navegação para transporte de cargas e passageiros, agrossilvopastoril, de caça e pesca, que ocorrem no Tabuleiro no Embaubal devem ser reprimidas nas Zonas de Preservação Ambiental e é necessário a interdição de construção de novas habitações, permitindo somente a moradia de antigos moradores com a devida readequação das habitações e dos costumes que vão de encontro aos objetivos da zona.

Nas zonas de preservação ambiental do Tabuleiro do Embaubal, ainda deve ser local, ou mesmo receber, praias artificiais com características que permitam a desova das tartarugas-da-amazônia, tendo em vista que a tendência evolutiva e de funcionamento geológico provocado pelos barramentos da UHE Belo Monte, encaminha a paulatina extinção das praias aptas para desova desse quelônio.

6.2.1.2 Zonas de Uso Sustentável

As zonas de uso sustentável estão disponíveis para os moradores, mas seu uso é ordenado e regulado por normas do plano de manejo, e são nessas zonas que as habitações e comunidades devem estar localizadas, onde são permitidas modificações mais intensas do meio, necessárias para a manutenção do modo de vida da população local (QUEIROZ, 2005).

O uso sustentável deve ser restrito às áreas de vulnerabilidade ambiental moderada, que não coincidam com bordas das unidades de paisagem do Tabuleiro do Embaubal, e propõe-se que sejam organizadas dessas formas, a saber:

- Atividades Extrativistas – a extração de látex das seringueiras constitui a principal atividade extrativista da área, e já é desenvolvida de forma sustentável, entretanto a interrupção dessa atividade devido a desvalorização do produto pode provocar a mortandade das árvores já utilizadas, e para que isso não ocorra, o látex extraído poderia ser utilizado para produção de artesanato, como os produzidos pelo Grupo de Mulheres da Reserva

Extrativista (RESEX) Cazumbá-Iracema (BRASIL, 2015) ou pelas comunidades tradicionais de Roraima.

- Navegação para transporte de cargas e passageiros – respeitando a viabilidade econômica e a segurança da navegação, as rotas devem se posicionadas o mais distante possível das unidades de paisagem e com velocidades das embarcações reduzidas, para que possa diminuir a ação erosiva provocada pelas ondas e o atropelamento de fauna. Além disso, deve-se elaborar carta náutica com normas de tráfego local definidas no plano de manejo das UC e com informações atuais de batimetria.
- Agrossilvopastoril – o funcionamento geoecológico do Tabuleiro do Embaubal restringe as áreas com possibilidade de culturas perenes, por isso deve ser realizado levantamento planialtimétrico da RDS para identificação das áreas que são inundadas somente nas cheias excepcionais, e que poderiam ser utilizadas para culturas perenes. A pecuária extensiva de bubalinos deve ser restrita e ter suas áreas de pastagem cercadas, e localizadas distante dos igarapés, paranás e furos, pois o pisoteamento dos animais destrói esses canais fluviais, prejudicando o fluxo de nutrientes, água, energia e espécies silvestres. Se a pecuária da área se tornar economicamente inviável, deve-se reacomodar e indenizar os pecuaristas locais.
- Caça e pesca – constituindo a principal atividade exercida na RDS, a normatização deve ser baseada em pesquisas científicas e levantamentos locais das espécies, seus quantitativos, e estudos socioeconômicos e de percepção ambiental. Esses estudos permitirão indicação das espécies, o tamanho, a quantidade por espécie, os locais, os períodos do ano permitidos, as técnicas que podem ser utilizadas e quem pode pescar e/ou caçar, respeitando a sustentabilidade da vida do pescador e a preservação da biodiversidade.
- Áreas utilizadas para habitações – as novas habitações e estruturas sociais, como escolas e postos de saúde, devem ser construídas nas áreas núcleos das unidades de paisagem. Readequações sanitárias das habitações, nos moldes da estrutura de apoio do Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio), construída pela Norte

Energia S/A. Resíduos sólidos e o esgoto devem ser recolhidos periodicamente para aterro sanitário pelas prefeituras, inibindo a proliferação de vetores de doenças e evitando a contaminação dos solos e da água local.

6.2.1.3 Zonas de Recuperação Ambiental

Devem ser constituídas pelas antigas áreas ocupadas por Floresta Ombrófila Densa Aluvial, as quais foram desflorestadas para construção de pastagens, e que devem ser recuperadas com intuito de contribuir com a preservação ambiental da paisagem, e após sua recuperação, quando da revisão do Plano de Manejo, podem ser reclassificadas como Zonas de Preservação Ambiental ou de Uso Sustentável.

Devem ser reflorestadas com mudas de espécies nativas, quando se prevê a criação de Zonas de Preservação Ambiental, e também por espécies com valor econômico, e adaptadas ao ambiente de várzea, como seringueiras (*Hevea brasiliensis*) e o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.).

6.2.1.4 Zonas de Amortecimento

As Zonas de Amortecimento (ZA) agem como filtros às agressões externas sobre as Unidades de Conservação, servindo para prevenir degradações ambientais que possa colocar em risco a integridade da UC (RIBEIRO; FREITAS; COSTA, 2010), constituindo o entorno, onde os usos da terra estão submetidos a normas e restrições específicas (BRASIL, 2000) e podem ser estabelecidas Zonas de Preservação Ambiental, de Uso Sustentável e de Recuperação Ambiental.

A ZA pode ser estabelecida na criação das UC, entretanto não foram estabelecidas para RVS Tabuleiro do Embaubal e da RDS Vitória de Souza. Sendo assim, é considerada uma faixa de 3 mil metros a partir do limite da UC, para licenciamento de empreendimento de significativo impacto ambiental, ou faixa 2 mil metros da UC, para empreendimentos não sujeitos a EIA/RIMA, de acordo com Resolução 428/2010 – CONAMA (BRASIL, 2010) (Figura 25).

Em virtude da característica integradora de todas as partes da paisagem, indica-se o limite da paisagem fluvial do Tabuleiro do Embaubal (Figura 25) como área mínima para a ZA, a qual deve ser definida com a criação do Plano de Manejo, até data limite de 11 de dezembro de 2020, pois, a partir dessa data, qualquer UC sem plano de manejo ficará sem zona de amortecimento (BRASIL, 2010), tornando o entorno das UC susceptível a empreendimentos que possam produzir significativos impactos ambientais negativos, e demais atividades degradadoras da paisagem.

7 CONCLUSÕES

Diante do aumento contínuo do desflorestamento da Amazônia para ampliação de pastagens, monoculturas, mineração, implantação de usinas hidrelétricas, dentre outros empreendimentos, o entendimento sistêmico e holístico das paisagens fluviais proporcionado pelos estudos geoecológicos, pode contribuir para solucionar problemas complexos impostos pela sociedade, por estar contextualizada na revolução do pensamento contemporâneo, por buscar entender o todo, e não apenas uma das partes da paisagem, evitando especializações que não percebem as relações contextuais e globais.

A ecodinâmica, a vulnerabilidade ambiental, a estrutura, sua evolução e funcionamento geoecológicos são conceitos interdependentes na análise geoecológica da paisagem. Mantendo-se a mesma estrutura vertical e horizontal, em momentos de níveis máximos da água do rio, os fluxos de energia, matéria e informação são distintos quando comparam-se aos momentos do rio com níveis mínimos. Sendo que mudanças na estrutura, por motivo da evolução natural da paisagem, ou por necessidade de atividades humanas, repercutirá no funcionamento, evolução, ecodinâmica e, conseqüentemente, na vulnerabilidade ambiental das paisagens.

O entendimento geoecológico deve ser encarado com basilar quando se pretende realizar intervenções sustentáveis na paisagem, ou seja, dentro dos seus limiares de aceitação. A seguir, indicamos características geoecológicas das paisagens fluviais amazônicas, que deveriam ser percebidas ao se planejar e gerir ações nesses ambientes.

Nos principais afluentes do rio Amazonas não há sincronismo pleno na elevação e rebaixamento sazonal das cotas fluviométricas no baixo curso, principalmente próximo a foz, em relação aos médios e altos cursos dos rios, tendo em vista que o nível da água do trecho final do rio também está sob influência dos regimes de cheias e vazantes do rio Amazonas, dado que o prolongamento ou antecipação das cheias no Amazonas pode aumentar ou diminuir as cotas fluviométricas dos seus afluentes, antecipando ou perdurando cheias nos baixos cursos. Acrescenta-se ainda, que os rios afluentes próximos à foz do Amazonas, até

a cidade de Almeirim-Pará, tem suas cotas fluviométricas também sob o regime dos avanços e retrocessos diários do oceano atlântico.

Na estrutura geoecológica das paisagens fluviais, a água do rio – os igarapés, paranás, furos, lagos intermitentes, etc. - atua como corredores na paisagem, à medida que distribuem e coletam energia, matéria e informação entre as unidades de paisagem e entre paisagens adjacentes, exercendo controle sobre o seu funcionamento e evolução; e ainda pode ser considerada matriz da paisagem, pois promove conectividade entre as unidades de paisagem e constitui *locus* de origem e evolução das unidades geoecológicas fluviais.

Paisagens de gênese fluvial têm o funcionamento geoecológico em primeiro nível dependente da quantidade de energia (vazão da água, capacidade de transporte) e matéria (areias, siltes, argilas, húmus) proporcionado pelo geofluxo fluvial, que, por sua vez, está diretamente influenciado por mudanças antropogênicas, meteorológicas e climáticas, regionais e globais. Assim, em período de chuvas acima da média, ocorre excedentes de energia e matéria, e, é nesse momento funcional que as paisagens podem iniciar um novo momento evolutivo. Algumas unidades de paisagens fluviais serão erodidas e outras receberão sedimentos, sendo que a intensidade desses processos formadores do relevo depende do momento evolutivo específico da unidade de paisagem, a exemplo, das praias fluviais que são mais susceptíveis de serem erodidas, quando comparadas a outras unidades de paisagem já cobertas por vegetação, que provoca a deposição de sedimentos finos (siltes e argilas) em decorrência da diminuição da velocidade do geofluxo fluvial.

As dunas e praias submersas, depósitos aluvionares não emersos com a mudança sazonal das cotas fluviométricas do rio, possuem estreita ligação com a evolução das unidades de paisagem fluviais. As dunas submersas construídas nos momentos de excedentes do geofluxo fluvial, e que não são totalmente removidas quando da sua normalização, podem ser o início das praias e ilhas fluviais, quando da sua ampliação vertical e dispersão da flora pelo rio e pela fauna. As praias submersas são bordas e base das unidades de paisagem fluvial, sendo que a sua remoção implica no desmoronamento do seu entorno superior e imediato, e, sua manutenção, contribui para conservação e evolução da paisagem fluvial.

O desflorestamento, a mineração e a pecuária são exemplos de intervenções da sociedade na natureza que proporcionam o aumento ou a redução da disponibilidade de energia e matéria do geofluxo fluvial. Entretanto, os barramentos do rio para exploração hidrelétrica têm uma maior capacidade de desequilibrar o geofluxo fluvial, provocando mudanças substanciais na dinâmica evolutiva das paisagens fluviais, a jusante e a montante dos barramentos, e, mesmo se a vazão for próxima a natural, quando a UHE é operação a 'fio d'água', os efeitos negativos das obras de engenharia serão percebidos primeiramente na biota e, em seguida, no meio físico.

A restrição de sedimentos a jusante dos barramentos dá início à erosão da calha fluvial, buscando restabelecer a capacidade de transporte do rio, sendo que a erosão avançará horizontalmente e verticalmente até ocorrer um novo equilíbrio entre capacidade de transporte, erosão e deposição. Trechos do rio que possuem predomínio de processo deposicional podem ser revertidos, e passar a ter predomínio de processos erosivos, desestabilizando a paisagem, consequentemente, ampliando a vulnerabilidade ambiental e comprometendo o processo evolutivo e de funcionamento das paisagens fluviais a jusante.

As UHE operadas a fio d'água são dependentes da vazão de água do rio em um dado momento, pois o reservatório de água dessa UHE são menores quando comparados a UHE que não operam a fio d'água, portanto em momentos de cheia do rio, a produção de energia se potencializa. A construção de barramentos para armazenamento de água a montante do rio para inibir essa dependência, ampliará os impactos negativos no funcionamento e evolução da paisagem fluvial a jusante, pois a regularização da vazão, e, consequente, estabilização da cota fluviométrica, impedirá a inundação ou emersão sazonal das paisagens fluviais, e permitiria a conexão entre partes das unidades de paisagem não conectadas, que comprometerá tanto o meio biótico, com o abiótico.

As paisagens fluviais amazônicas constituem ambientes de ecodinâmica instável ou de transição, paisagens de moderada à alta vulnerabilidade ambiental, muito susceptíveis a mudanças geoecológicas naturais ou promovidas pela sociedade, por isso devem ser resguardadas, sendo que o planejamento e a gestão de intervenções nessas paisagens, como a criação de Unidades de Conservação, devem englobar a paisagem como um todo, percebendo-a regionalmente e

localmente, entendendo o seu funcionamento e evolução, verificando a tendência geoecológica, tendo em vista que essas paisagens podem passar por mudanças geoecológicas significativas em curto prazo de tempo, que tornaria os planejamentos inexecutáveis.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Domínios da natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALEKSANDROVA, T. D.; PREOBRAJENSKI, V. S. **Protección de los Paisajes**: Dicionário Comentado. Moscou: Editorial Progreso, 1982. 272 p.
- ALVAREZ, J. A. M. 1986. Assoreamento de reservatórios e erosão do leito a jusante de barragens. In: **Congresso Latino-Americano de Hidráulica**, XII. São Paulo.
- ARCADIS-TETRAPLAN. Ministério de Minas e Energia. **AAI – Avaliação Ambiental Integrada Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu**. São Paulo: [si], 2009. 413 p. Vol. 1 e 2.
- ARRUDA, R. “Populações Tradicionais” e a Proteção dos Recursos Naturais em Unidades de Conservação. **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 1, n. 5, p.79-92, ago. 1999. Semestral.
- BARRETO, P. et al. **Risco de desmatamento associado à hidrelétrica de Belo Monte**. Belém: Imazon, 2011. 98 p.
- BECKER, B. K. **Amazônia**. São Paulo: Editora Ática, 1990. 112 p.
- BEROUTCHATCHVILI, N. L. **Métodos das pesquisas geofísico-paisagísticas e a cartografia do estado dos complexos territoriais naturais**. Georgia: Editora da Universidade de Tbilisi, 1983. 194 p.
- BERTALNFFY, L. Von, **General system theory**: Essays on its foundation and development, rev. ed. New York: George Braziller, 1968.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, 1969.
- BRANDT, S Anders. Classification of geomorphological effects downstream of dams. **Catena**, [s.i.], v. 1, n. 40, p.375-401, mar. 2000. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/catena>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Governo Federal (Org.). **Projeto Radam - Folha SA.22 Belém**: Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: [si], 1974a.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Governo Federal (Org.). **Projeto Radam - Folha SB.22 Araguaia**: Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: [si], 1974b.
- BRASIL. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Embrapa | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **TERRA CLASS 2010**: Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia. [São José dos Campos]: Autor, 2013a. Sumário Executivo.
- BRASIL. ICMBIO. Ministério do Meio Ambiente. **Artesanato resgata identidade seringueira em Cazumbá-Iracema**. 2015. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/6923-artesanato-com->

borracha-resgata-identidade-seringueira-em-cazumba-iracema>. Acesso em: 17 abr. 2017.

BRASIL. ICMBIO/IBAMA. Ministério do Meio Ambiente. **Sumário Executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos**. [s.l]: [s.i], [2015]. 8 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Governo Federal. **Manual técnico de geomorfologia**. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009, 182 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Mapa de Clima do Brasil**. [Rio de Janeiro]: IBGE, 2002.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Estado do Pará: Vegetação**. Rio de Janeiro: Ibge, 2008. Mapa.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Manual Técnico de Uso da Terra: Manuais Técnicos em Geociências**. 3. ed. Rio de Janeiro: Autor, 2013b. 171 p.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Governo Federal (Org.). **Os satélites LANDSAT 5 e 7. Principais características e aplicações das bandas TM e ETM dos satélites LANDSAT 5 e 7**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em: 12 jun. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional Pesquisas Espaciais - INPE. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação - MCTI. **Projeto PRODES: Divulgação da taxa consolidada do desmatamento da Amazônia Legal para período ago/2013 – jul/2014**. Brasília: Autor, 2015. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/Prodes_Taxa2014.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

BRASIL. Lei nº 9479, de 12 de agosto de 1997. Dispõe sobre a concessão de subvenção econômica a produtores de borracha natural e dá outras providências.. **Lei Nº 9.479, de 12 de Agosto de 1997**.. 1. ed. Brasília, DF: Presidência da Republica, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9479.htm>. Acesso em: 3 ago. 2016.

BRASIL. Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.. **Snuc**. Brasília, DF.

BRASIL. Portaria nº 126, de 27 de maio de 2004. **Áreas Prioritárias Para A Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Áreas Prioritárias para a Biodiversidade**. Brasília, DF.

BRASIL. Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007. **Áreas Prioritárias Para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Áreas Prioritárias para a Biodiversidade**. Brasília, DF.

BRASIL. Resolução Conama nº 428, de 17 de dezembro de 2010.. **Licenciamento Ambiental, Unidade de Conservação e Zonas de Amortecimento**. Brasília, DF.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Ministério de Minas e Energia. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**: Folha SA-22 Belém. [si]: CPRM, 2004a.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Ministério de Minas e Energia. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**: Folha SB-22 Araguaia. [si]: CPRM, 2004b.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. Governo Federal (Org.). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: SA.22 – Belém**. Brasília, 2004

BUMA, P. G.; DAY, J. C. Channel morphology below reservoir storage projects. **Environmental Conservation**, 4 (4): 279-284, 1977.

CÂMARA, G et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, [s.l.], v. 3, n. 20, p.395-403, maio 1996

CAMARGO, L. H. R. de. **A Ruptura Do Meio Ambiente**: Conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência: a geografia da complexidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 240 p.

CARNEIRO, Cristiane Costa. **Influência do Ambiente de Nidificação sobre a Taxa De Eclosão, a Duração da Incubação e a Determinação Sexual em Podocnemis (reptilia, Podocnemididae) no Tabuleiro do Embaúbal rio Xingu, Pará**. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia Aquática e Pesca, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

CASIMIRO, Pedro Cortesão. Estrutura, composição e configuração da paisagem conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da ecologia da paisagem. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, [lisboa], v. 1, n. 20, p.75-99, jan. 2009.

CAVALCANTE, D. G. et al. Análise da vulnerabilidade ambiental de um fragmento florestal urbano na Amazônia: Parque Estadual Sumaúma. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p.391-403, ago. 2010.

CAVALCANTI, A. P. B. **Métodos e Técnicas da Análise Ambiental**. Teresina: UFPI/CCHL/DGH, 2006.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L.. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing Of Environment**, [S.l.], v. 113, n. 5, p.893-903, maio 2009.

CHEN, H. S. **Space remote sensing systems: An introduction**. Orlando Academic Press, Inc., 269 p.

CRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Huitec, 1979. 106p.

CRISTOFOLETTI, A. Aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p.21-35, jan. 1990.

CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Blucher. 12ª reimpr., 1980

CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Blucher, 1999.

COELHO, A.L.N. ; CUNHA, S.B. ; SOUZA, C.A. Efeitos na Morfologia Fluvial Provocados pelo Barramento da UHE Santo Antônio no Rio Madeira. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.18–24, 2014.

COELHO, A.L.N. Geomorfologia Fluvial de Rios impactados por barragens. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia: v. 9, n. 26 Jun/2008 p. 16 – 32

CONGEDO, Luca. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation: Versão 5.3.6.1**. S.i: S.i., 2017. 274 p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>>. Acesso em: 3 abr. 2017

COSTA, É. F. N. da. **Periferização, Dispersão e Fragmentação Urbana em Cidades Intermediárias da Amazônia: o Caso de Altamira, Pará**. 2013. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano, Universidade da Amazônia, Belém, 2013. Cap. 6. Disponível em: <<http://www.unama.br/mestrado/desenvolvimento/>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

COSTA, J. et al. Petrologia e geoquímica da soleira de Medicilândia, diabásio Penatecaua, PA. **Revista Brasileira de Geociências**, [s.l.], v. 42, n. 4, p.754-771, 31 dez. 2012.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 20ed., Bertrand Brasil, 2008. p. 211-252.

CUNHA, Sandra B. **Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João** (Rio de Janeiro – Brasil). Rio de Janeiro: Ed: Instituto de Geociências, UFRJ, 1995. 378 p.

DAEMON, R.F. Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 5, n. 2, p. 78-84, 1975.

DE PAULA, E. M. S. et al. Compartimentação Geoecológica da Sub-Bacia do Baixo Rio Xingu – Amazônia Centro-Oriental, Brasil. **Revista Equador**, Teresina, v. 5, n. 4, p.128-150, 2016.

DE PAULA, E. M. S.; SOUZA, M. J. N. de. Sistemas de Informações Geográficas na Análise da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia do Rio Ceará-CE. **Revista Brasileira de Cartografia** [s.i.], v. 04, n. 63, p.545-554, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/399/391>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

DIAKONOV, K. N. **Geofísica das paisagens: método dos balances**. Moscou. Editora da Universidade Estadual de Moscou, 1988, 96 p.

DOBLAS, J.. **Rotas do saque: Violações e ameaças à integridade territorial da Terra do Meio (PA)**. São Paulo: Isa - Instituto Socioambiental, 2015.

ELETRONORTE. **Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental**. Brasília: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), 2009.

Escalona, T., Fa, J.E. 1998. Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare – Tawadu Rivers, Venezuela. *Journal of Zoology* 244:303-312.

Fachín-Terán, A., Von Müller, M. 2003. Reproducción de la taricaya *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines: Podocnemididae) en la várzea del medio Solimões, Amazonas, Brasil. *Ecologia Aplicada* 2:125-132.

FARIAS, Juliana Felipe. **Aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens no Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Palmeira-Ceará/Brasil**. 2015. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the Pharaohs in Amazonia. **Environmental Management**. v. 13, n.4, p. 401-423, 1989.

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Samuel Dam: Lessons for Hydroelectric Development Policy and the Environment in Amazonia. **Environmental Management**. v. 35, n.1, p. 1-19, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental Management** v. 27, n. 3, p.377-396, 2001.

FEARNSIDE, Philip M. **Hidrelétricas na Amazônia: Impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras**. Manaus: Inpa, 2015. 296 p.

FERREIRA, A. B. et al. **Metodologias de Análise e de Classificação das Paisagens**. O exemplo do projecto Estrela. *Finisterra*, XXXVI, 72, 2001, pp. 157-178

FISCH, G.F.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral do clima da Amazônia. *Acta Amazônica*, v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998.

FORMAN, R. T., GODRON, M. *Landscape Ecology*. John Willey, Nova Iorque, 619 p. 1986

FRANÇA, C. F. de; PIMENTEL, M. A. da S. Diversidade Paisagística das Margens Oeste e Leste da Baía de Marajó, Pará, Norte Do Brasil. **Revista Geonorte**, [Manaus], v. 3, n. 4, p.900-910, jan. 2012. Edição Especial.

FRANÇA, C. F. de; PIMENTEL, M. A. da S.; PROST, M. T. R. da C. **Geomorfologia e paisagem: Contribuições à classificação de unidades de paisagem da região oriental da ilha de Marajó, norte do Brasil**. In: Seminário Latino-Americano de Geografia Física, 5., 2010, Coimbra. **Anais...** . Coimbra: [si], 2010. p. 1 - 10. Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema5/carmena>>. Acesso em: 9 set. 2015.

FRANCO, V. dos S. et al. Evolução Mensal Da Cota Fluviométrica Do Rio Xingu em Altamira-PA Associada Aos Eventos El Niño e La Niña. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 37, n. 1, p.104-109, 7 mar. 2015.

GAUSSEN, H. & BAGNOULS, F. **Saison seche et indice xerothermique**. Toulouse, Faculté de Science, 1953, 47 p.

GLAZOVSKY, N. F., et al. Map of the state of the environment. A global overvie. **Bulletim I.G.U.**, p. 48. v. II. 1998. p. 29-34.

GORAYEB, Adryane. **ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ – AMAZÔNIA ORIENTAL – BRASIL**. 2008. 206 f.

Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

GRIMSHAW, D. L.; LEWIN, J. Reservoir effects on sediment yield. **Journal of Hidrology**, 47: 163-171, 1980.

HIGGS, G; PETTS, G. Hydrological changes and river regulation in the UK. **Regulated Rivers: Res. Manage**, [s.i.], v. 1, n. 2, p.349-369, 1988.

HUGGETT, R. J. **Geocology**. An evolutionary approach. Londres: Routledge, 1995, 320 p.

IFT, Instituto Floresta Tropical. **Novas UCs na Bacia do Rio Xingu (REVIS e RDS) - Proteção da Sociobiodiversidade no baixo Xingu!** 2013. Disponível em: <<http://iftaltamira.blogspot.com.br/2013/11/novas-ucs-na-bacia-do-rio-xingu-revis-e.html>>. Acesso em: 3 set. 2015.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (Comp.). **Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group 1996**: Podocnemis expansa. 1996. The IUCN Red List of Threatened Species.. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/17822/0>>. Acesso em: 2 set. 2015.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE IUCN (Comp.). **Marmontel, M. 2008**: Trichechus inunguis. 2008. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/22102/0>>. Acesso em: 2 set. 2015.

IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental Da Amazônia. **Terras Indígenas na Amazônia Brasileira**: Reservas de Carbono e Barreiras ao Desmatamento. Brasília: Ipam, 2015. 16 p. Disponível em: <<http://ipam.org.br/bibliotecas/terras-indigenas-na-amazonia-brasileira-reservas-de-carbono-e-barreiras-ao-desmatamento/>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

ISACHENKO, A. G. **A ciência da paisagem e a regionalização físico-geográfica**. Moscou: Editora da Escola Superior, 1991. 366 p.

JESSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (Coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2011. 2ªed.

JOÃO, X. da S. J.; TEIXEIRA, S. G.; FONSECA, D. D. F. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013. p. 167-182.

KATINSKY, M. **Fuzzy set modelling in Geographical Information Systems**. MsC Thesis, University of Wisconsin-Madsin, USA, 1994.

KITAMURA, P. C. **"Biodiversidade na Amazônia: por uma abordagem regional das unidades de conservação"**. Em GARAY, I e DIAS, B. (orgs.). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de normas e metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis, Vozes, 2001, pp. 102-111, 430 p.

LAGE, C. S.; PEIXOTO, H.; VIEIRA, C. M. B. Aspectos da vulnerabilidade ambiental na Bacia do Rio Corrente-BA. **Geotextos**, S.i., v. 4, n. 12, p.11-36, jan. 2008.

LANG, S. & BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSTIDE, P. M.; VASCONCELOS, H. L. e FERREIRA, L. V. "Deforestation in Amazônia". *Science*, 304, 2004, p. 1109.

LEFF, E. **Pensar a complexidade ambiental**. In: LEFF, E. A complexidade ambiental. São Paulo: Cortez, 2003. p. 15-64. Tradução de Eliete Wolff.

LEGLEITER, C. J., et al. Passive Optical Remote Sensing of River Channel Morphology and in-stream Habitat: Physical Basis and Feasibility. **Remote Sensing of Environment**, n. 93, p. 493-510. 2004.

LEME ENGENHARIA. **Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte**: Relatório de Impacto Ambiental - Rima. Não Consta: Autor, 2009. 197 p. Disponível em: www.elektrobras.com . Acesso em: 14 fev. 2014.

LIEBMANN, B., MARENGO. J. A. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazonia. *Journal of Climate* 14: 4308–4318. 2001.

LIMA-AYRES, D. "A implantação de uma unidade de conservação em várzea: a experiência de Mamirauá". Em D'INCAO, M. A. e SILVEIRA, I. M. (eds.). *A Amazônia e a crise da modernização*. Belém, MPEG, 1994, pp. 403-409.

MAKKAVEYEV, N. I. The impact of large water engineering projects on geomorphic process in stream valleys. **Soviet Geography: Review and Transactions**. n. 13, p. 387-393, 1972.

MALLICK, J.; SINGH, C. K.; SHASHTRI, S.; RAHMAN, A. & MUKHERJEE, S.. Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 19, p. 348 – 358, 2012.

MANOSSO, F. C; NÓBREGA, M. T. **A estrutura geoecológica da paisagem como subsídio a análise geoambiental no município de Apucarana-PR**. *Revista Geografar*, Curitiba, v.3, n.2, p.86-116, jul./dez. 2008.

MANOSSO, F. C. **Estudo integrado da paisagem nas regiões Norte, Oeste e Centro-sul do estado do Paraná**: relações entre a estrutura geoecológica e a organização do espaço. *Bol. geogr., Maringá*, v. 26/27, n. 1, p. 81-94, 2009.

MARENGO JA. Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. *International Journal of Climatology* 12: 853–863. 1992.

MARTIN, J. LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis, **Ecological Informatics**, 31, 2016. p. 18-21.

MAURO, Cláudio Antônio de. et al. . **Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental**: Corumbataí-SP. *Geografia Rio Claro*: vol. *Geografia*, 20 (1). abr. 1995. p. 81-129.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS**: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. 2. ed. [Corvallis]: Oregon State University, 1994. 141 p.

MERTES, L. A. K., et al. (1995) Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon river in Brazil from a remote sensing perspective. **Geomorphology**, v. 13, p. 215-232, set. 1995.

PARÁ. Diretoria de áreas Protegidas. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Diagnóstico Ambiental, Socioeconômico e Fundiário para Criação de Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável Tabuleiro Do Embaubal**. Belém: SEMA-PA, 2013. 305 p. 2 volumes.

PETTS, G.E.. Time-scales for ecological change in regulated rivers. In: Craig, J.F., Kemper, J.B. Ž Eds. **Regulated Streams**. Advances in Ecology. Plenum, New York, 1987. p. 257–266.

PEZZUTI, J. C. B.; VOGT, R. Nesting ecology of Podocnemis sextuberculata (Testudines, Pelomedusidae) in the Japurá River, Amazonas, Brazil. **Chelonian Conservation Biology** 3:419-424, 1999.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O Método de Análise Hierárquica – AHP – como Auxílio na Determinação da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia – USP**, São Paulo, v. 23, p.4-26, 2012.

PRATES, R. C.; BACHA, C. J. C.. Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 20, n. 3, p.601-636, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ecos/v20n3/a06v20n3.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2015.

PREOBRAJENSKI, V. S; ALEKSANDROVA, T. D. (Eds.) **Fundamentos geoecológicos da projeção e do planejamento territorial**. Moscou: Editora da Academia de Ciências da URSS, 1988. 114p.

QUEIROZ, H. L. A reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá. **Estudos Avançados** [S.l.], v. 54, n. 19, p.183-203, jan. 2005.

RAMOS, M. A. B. et al. Metodologia, Estruturação da Base de Dados e Organização em Sistema de Informação Geográfica. In: JOÃO, X. da S. J.; TEIXEIRA, S. G.; FONSECA, D. D. F. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Pará**. Belém: Cprm, 2013. p. 167-182.

RIBEIRO DE MELO, D. **Geossistemas**: sistemas territoriais naturais. Disponível em: <<http://ivaire.sites.uol.com.br/dirce.htm>>. Acesso em: 29 mar. 2007.

RIBEIRO, M. F.; FREITAS, M. A. V. de; COSTA, V. C. da. O desafio da gestão ambiental de zonas de amortecimento de unidades de conservação. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6., 2010, Coimbra. **Anais...** . Coimbra: Slagf, 2010. p. 1 - 11.

RICHLING, A. **Métodos de Investigação dos complexos físico-geográficos**. Varsóvia: Panstwowe Wydawnictwe Naukowe, 1982. 63 p.

RODRIGUES, R. A. **Vidas Despedaçadas Impactos Socioambientais da Construção da Usina Hidrelétrica de Balbina (AM), Amazônia Central**. 2013. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Sociedade e Cultura da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/relem/article/view/550/pdf>>. Acesso em: 2 set. 2015.

RODRIGUEZ, J. M. M. La ciencia del paisaje a la luz del paradigma ambiental. **Cadernos de Geografia**. Belo Horizonte, v. 8, n. 10, 1998. p. 63-68.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: problemas, tendências e desafios**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 2013, 222p., il..

RODRIGUEZ, J. M. **Paisajes de Cuba**. Tese de Doutorado, Moscou, 1979., 222 p.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo. **GEOGRAFIA DE LOS PAISAJES: PAISAJES NATURALES**. La Habana: [SI], 2000. 62 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n.8, p.63-74. 1994.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RYLANDS, Anthony B; BRANDON, Katrina. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**,[s.i.], v. 1, n. 1, p.27-35, jul. 2005.

SALA, M. Geoecología del paisaje en el macizo litoral catalán. **Revista de Geografia**, v. 16-17, p. 23-45. 1983

SANTOS, G. M. dos. Impacto sobre quelônios e mamíferos aquáticos. In: SANTOS, S. M. S. B. M.; HERNANDEZ, F. del M. (Org.). **Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte**. Belém: [S.I.], 2009. p. 161-165. Painel de Especialistas. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/Belo_Monte_Painel_especialistas_EIA.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2014.

SANTOS, H. G. dos, et al. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 67 p. Documentos / Embrapa Solos

SANTOS, Sônia Maria Simões Barbosa Magalhães; HERNANDEZ, Francisco del Moral (Org.). **PAINEL DE ESPECIALISTAS: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte**. Belém: [s.i.], 2009. 230 p.

SCHUMM, S. A. Meander wavelenght of alluvial rivers. **Science**, 157: 1549-1550, 1967.

SHERMAN G. E., et al. **Quantum GIS User Guide** - Version 1.7 “Wroclaw”. 2011
Acesso em: 11 set. 2015. Disponível em:
<http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0_user_guide_en.pdf>

SHISHENKO, P. **Geografia Física Aplicada**. Kiev: Editora Escola Superior, 1988. 191 p.

SILVA, C. A. da; NUNES, Fábio de Paiva. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** [s.i.]: 5435-5442., 2009. p. 5435 - 5442.

SILVA, E. V. da. **Geoecologia da paisagem do litoral cearense**: uma abordagem a nível de escala regional e tipológica. 1998. Tese de Professor Titular, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Geoecologia da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011.

SILVA, J. de P. **Avaliação da Diversidade de Padrões de Canais Fluviais e da Geodiversidade na Amazônia**: Aplicação e Discussão na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu. 2012. 277 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia Física, Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento para análise Ambiental**. Rio de Janeiro: 2001. 228p.

SILVA, E. V. da. Geografia Física, Geoecologia da Paisagem e Educação Ambiental Aplicada: Interações Interdisciplinares na Gestão Territorial. **REVISTA GEONORTE**, I, v. 4, n. 4, 2012, p. 175 – 183. Edição Especial

SIOLI, H. **The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses and river types**. In: SIOLI, H. (Ed.). The Amazon: limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin. Boston: Dr. W. Junk, 1984.

SOLNTSEV, N. A. A paisagem geográfica natural e algumas de suas regularidades gerais. In: REUNIÃO DE GEÓGRAFOS SOVIÉTICOS, 2., 1948, Moscou. **Anais...** . Moscou: [SI], 1948. p. 53 – 57.

SOTCHAVA, V. B. O estudo dos geossistemas. **Método em Questão - IGEOG-USP**. São Paulo, n. 16, 1977.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia**. São Paulo, 1978.

SOUSA, W. L. de. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas**: uma Análise Comparativa de Duas Abordagens. 2000. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/wlemgruber.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.

SOUZA, D. F. e. **Evolução Sedimentar Do Tabuleiro Do Embaubal, Baixo Rio Xingu**. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SOUZA, M.J.N. de. **Análise Geoambiental e Ecodinâmica da Paisagens do Estado do Ceará** - Tese de Professor Titular, UECE. 1998. Fortaleza. IIs.

SOUZA, M.J.N. de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza: FUNECE, 2000. 268p. il.; 22cm.

SOUZA, M. J. N. de. **Geomorfologia e condições ambientais dos vales do Acaraú-Coreaú (Ceará)**. 1981. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

STEINEN, K. V. D.. **Durch Central-Brasilien Expedition zur Erforschung des shingü im Jabre**. 1984. Leipsig: F. A. Brockhaus, 86, p. 3.

STEVENS, C.; WINTERBOTTOM, R.; SPRINGER, J.; Reyta, K.. 2014. **Securing Rights, Combating Climate Change**: How Strengthening Community Forest Rights Mitigates Climate Change. Washington, DC: World Resources Institute, 2014. Disponível em: <www.wri.org/securing-rights>. Acesso em: 16 fev. 2016.

TABULEIRO do Embaubal e os Quelônios da Amazônia. Realização de WWF-Brasil. [s.i.]: GW Comunicações, [2009]. 1 DVD (18 min.), Digital, son., color.

TANCREDI, A.C.F.N.S. **Recursos hídricos subterrâneos de Santarém**: fundamentos para uso e proteção. 1996. 153 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

THOMS, M.C., WALKER, K.F. Channel changes associated with two adjacent weirs on a regulated lowland alluvial river. *Regulated rivers: Res. Manage.* 8, 271–284, 1993.

TRICART, J; KILIAN, J. **La ecogeografía y la ordenación del medio natural**. Barcelona: Editorial Anagrama, 1979. 288 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 91 p. il.

TROLL, C. Landscape Ecology (Geoecology) and Biogeocenology – A Terminological Study. **Geoforum**. v. 8, 1971, p. 43-46.

TROLL, C. **Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde**, Berlin: [SI], 1939. p. 241- 298.

TROPPEMAIR, Helmut; GALINA, Marcia Helena. GEOSISTEMAS. **Mercator: Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 10, n. 05, p.79-89, 2006.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 20, 1989, p.171-197.

UMBUZEIRO, A. U. B.; UMBUZEIRO, U. M.. Antecedentes Históricos. In: UMBUZEIRO, A. U. B.; UMBUZEIRO, U. M.. **Altamira e a sua História**. 4. ed. Belém: Ponto Press Ltda, 2012. Cap. 2. p. 35-48. Edição Revista e Ampliada.

Vanzolini, P.E. 2003. On clutch size and hatching success of the south American *Turtles Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *P. unifilis* Troschel, 1848 (Testudine, Podocnemididae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 75:415-430.

VASQUEZ, M. L. , ROSA-COSTA, L. T. da (org). **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará**: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008.

VICTOROV, A. S. **A imagem da paisagem**. Moscou: Editora Misl., 1986. 179p.

VIDAL, M. R.. **Geoecologia das Paisagens**: Fundamentos e Aplicabilidades para o Planejamento Ambiental no Baixo Curso do Rio Curu-Ceará-Brasil. 2014. 191 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

VIVACQUA, M.; VIEIRA, P. F. Conflitos socioambientais em Unidades de Conservação. **Política & Sociedade**, [s.i.], v. 1, n. 7, p.139-162, out. 2005.

WALKER, I. Ecologia e Biologia de igapós e igarapés. **Ciencia Hoje**, v. 11, n. 64, p. 44 – 53, 1990.

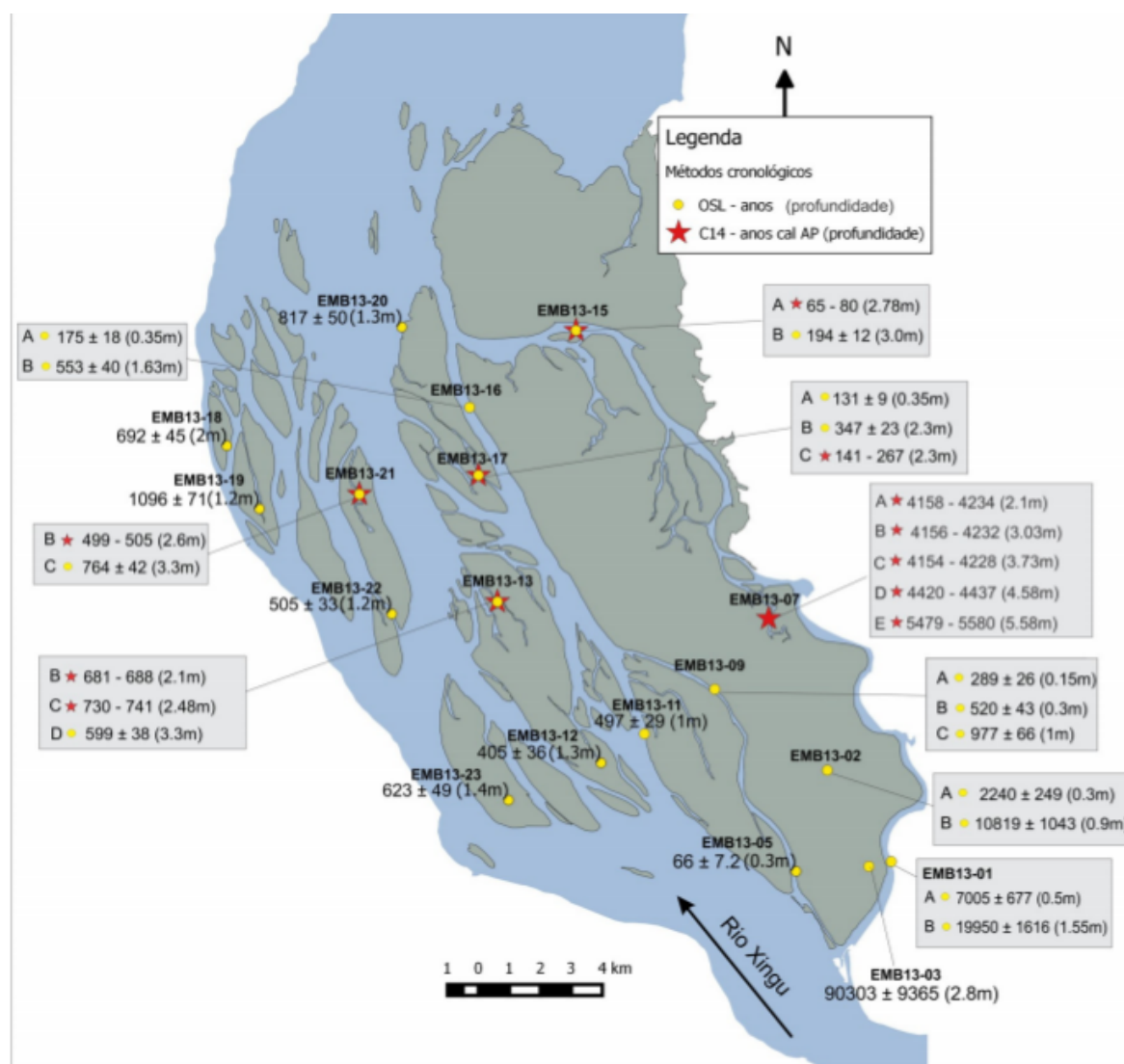
WENG, Q.; LU, D. & SCHUBRING, J.. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier Science Inc., Box 882 New York NY 10159 USA, 89, 467-483, 2004

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier Science Inc., New York, NY – USA, 2004 89, p. 467-483

WILLIAMS, G. P., WOLMAN, M.G. Downstream effects of dams on alluvial rivers. In: **Geological Survey**, Professional Paper 1286 U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 1984. 83 p.

ZVONCOVA, T. V. **Fundamentos geográficos do monitoramento ecológico**. Moscou: Editora da Universidade Estadual de Moscou, 1955. 352p.

ANEXO A - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS PARA DATAÇÕES OSL E C¹⁴, E IDADES OBTIDAS.



Fonte: SOUZA, 2015.