

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

FABRÍCIO DA PAZ QUEIROZ SARDINHA

**ANÁLISE GEOESTRUTURAL DE COLAPSO SÍSMICO EM TRECHO DO
RIO AMAZONAS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A COMUNIDADE DA
COSTA DA ÁGUIA, PARINTINS (AM)**

**MANAUS-AM
2021**

FABRÍCIO DA PAZ QUEIROZ SARDINHA

**ANÁLISE GEOESTRUTURAL DE COLAPSO SÍSMICO EM TRECHO DO
RIO AMAZONAS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A COMUNIDADE DA
COSTA DA ÁGUIA, PARINTINS (AM)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, nível de Mestrado, como requisito para obtenção de título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Domínios da Natureza na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. José Alberto Lima de Carvalho

**MANAUS-AM
2021**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S244a Sardinha, Fabrício da Paz Queiroz
Análise geoestrutural de colapso sísmico em trecho do rio Amazonas e suas implicações para a comunidade da Costa da Águia, Parintins (AM). / Fabrício da Paz Queiroz Sardinha. 2021
142 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: José Alberto Lima de Carvalho
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Rio Amazonas. 2. Colapso. 3. Neotectônica. 4. Costa da Águia.
I. Carvalho, José Alberto Lima de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

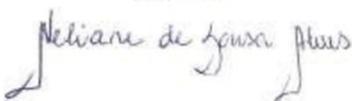
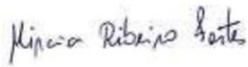
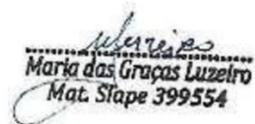


Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
 IFCHS/DEGEO/Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Mestrado e Doutorado Conceito 4 CAPES
 Aprovado pela Resolução Nº 011 – CONSUNI de 11/07/2006
 Reconhecido através da Portaria Nº 1.077 - MEC, de 31 de agosto de 2012



Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado do(a) Senhor(a) **FABRÍCIO DA PAZ QUEIROZ SARDINHA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal do Amazonas, Área de Concentração em Amazônia: Território e Ambiente, realizada no dia **11 de Fevereiro de 2021**.

Aos **onze** dias do mês de **Fevereiro** de **dois mil e vinte e um**, às **quatorze horas e trinta minutos**, em sala virtual (Google Meet), realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada **“ANÁLISE GEOESTRUTURAL DE COLAPSO SISMICO EM TRECHO DO RIO AMAZONAS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A COMUNIDADE DA COSTA DA ÁGUIA, PARINTINS-AM”**, sob orientação do(a) Professor(a) Doutor(a) **JOSÉ ALBERTO LIMA DE CARVALHO (PPGEOG/UFAM)**, do(a) aluno(a) **FABRÍCIO DA PAZ QUEIROZ SARDINHA**, em conformidade com o Art. 83 do Regimento Geral de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, como parte final de seu trabalho para a obtenção do grau de **MESTRE EM GEOGRAFIA**, área de concentração em **AMAZÔNIA: TERRITÓRIO E AMBIENTE**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: **Professor(a) Doutor(a) José Alberto Lima de Carvalho (PPGEOG/UFAM)**, **Professor(a) Doutor(a) Neliane de Sousa Alves (UEA/MANAUS)** e a **Professor(a) Doutor(a) Mírcia Ribeiro Fortes (PPGEOG/UFAM)**. O(A) Presidente da Banca Examinadora deu início à sessão convidando os membros da Banca e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares. Em seguida, o(a) Senhor(a) Presidente informou sobre o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao(a) Mestrando(a) para apresentar uma síntese do seu estudo e responder às perguntas formuladas pelos Membros da Banca Examinadora. Após a apresentação e arguição pelos Membros da Banca Examinadora, esta reuniu-se onde decidiu, por unanimidade, que o(a) discente foi **“APROVADO”**. A sessão foi encerrada. Eu, Maria das Graças Luzeiro, Técnica do PPGEOG, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim, pelos Membros da Banca Examinadora e pelo(a) Mestrando(a). Manaus (AM), **11 de Fevereiro de 2021**.

Banca Examinadora	Rubrica	Nota
Prof(a) Dr(a) José Alberto Lima de Carvalho Presidente (PPGEOG/UFAM)		“9,0”
Prof(a) Dr(a) Neliane de Sousa Alves Membro Titular (UEA/MANAUS)		“9,0”
Prof(a) Dr(a) Mírcia Ribeiro Fortes Membro Titular (PPGEOG/UFAM)		“9,0”
 Mestrando	 Maria das Graças Luzeiro Mat. STape 399554	

Dedico este trabalho, ao Senhor Deus de Israel, Deus dos Céus, Luz da minha vida, sem Ele nada seria possível. Também dedico a minha família, Manoel Lobato Sardinha, Valéria da Paz Queiroz, Raimunda Cavalcante da Paz, Beatriz da Paz Queiroz Sardinha, meus grandes incentivadores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Deus Todo Poderoso que me sustentou até aqui com sua misericórdia, com seus braços estendidos e sua destra elevada.

Ao Professor Dr. José Alberto Lima de Carvalho pela dedicação, confiança, paciência e conhecimentos compartilhados. Agradeço pelos conselhos e valores que certamente farei uso pelo resto da vida.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pelo financiamento desta pesquisa, o que muito contribuiu para sua realização.

Aos meus pais Manoel Lobato Sardinha, Valéria da Paz Queiroz, avó Raimunda Cavalcante da Paz e irmã Beatriz da Paz Queiroz Sardinha, por todo amor, orações e apoio, sem dúvida nada disso seria possível se não fosse por eles.

Agradeço ao excelente profissional e mestre André Campos Alves por ter me auxiliado no campo em Parintins, e pela força na confecção dos trabalhos cartográficos.

A acadêmica Kenya Souza por toda ajuda a mim prestada, sempre com bom humor e com vital disposição, obrigado mesmo.

RESUMO

O presente trabalho aborda um complexo fenômeno ocorrido no leito do rio Amazonas, 30 km à montante da cidade de Parintins, no extremo leste da Enseada da Saracura, onde um colapso sísmico intra-rio teria provocado um efeito devastador na margem, causando sérios danos à comunidade ribeirinha local. Na ocasião, uma onda de aproximadamente 6 m de altura pôde ser vista erguendo-se do meio do rio logo após um forte estrondo, que, seguida por outras ondas menores, provocaram grande devastação na margem direita. Simultaneamente a tudo isso, ocorria o abatimento de um grande volume do pacote sedimentar também da margem direita, formando uma enseada semicircular com 620 m de frente por 480 m de fundo na Costa da Águia, afetando diretamente 130 pessoas além de provocar a morte de um agricultor. O episódio ficou conhecido como Evento Saracura da Costa da Águia. O trecho em questão encontra-se em uma concavidade meandrante com abertura para nordeste, inserida em uma zona sismogênica, cuja falha geológica controla o rio e seu grande e complexo sistema flúvio-lacustre. Segundo os moradores locais, a região vem sendo palco de recorrentes eventos de terras caídas de grandes proporções, que, segundo eles já aconteceram nos anos de 1973, 1994, 1997 e 2007. Por conta disso, tanto a prefeitura como a defesa civil concluíram que a Costa da Águia deveria ser imediatamente evacuada, o que nunca aconteceu devido ao descontentamento da população frente às propostas de realocação sugeridas pelo Poder Público. A pesquisa teve como objetivo principal compreender o complexo fenômeno ocorrido no leito do rio Amazonas, bem como suas implicações socioeconômicas para a comunidade da Costa da Águia. Para isso, os procedimentos técnico-metodológicos adotados consistiram no mapeamento do leito do rio por meio de medições batimétricas; interpretação de imagens SRTM; interpretação em imagens multiespectrais do satélite Landsat 8; composição colorida e sobreposição vetorial de imagens adquiridas por meio de sensoriamento remoto disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais); coleta de material das margens para análise granulométrica; levantamento de informações de instituições e órgãos públicos e entrevista com os moradores. A análise dos sedimentos e as observações de campo revelaram que o trecho é composto por feixes de cinturões de sedimentos holocênicos incoesos, a própria margem direita caracteriza-se por ser uma várzea baixa, subsidente e propícia a abatimentos. A interpretação geológico-estrutural revelou que a área do Evento Saracura se encontra na intersecção de dois *trends* estruturais (Falha Saracura e Lineamento Arari), subsidiando a hipótese de que o evento teria sido um reflexo de uma possível movimentação de transcorrência dextral com basculamento para o sul, intra-rio. Em linhas gerais, almeja-se que o presente trabalho contribua para o fortalecimento do debate acerca da influência que fator estrutural-neotectônico exerce sobre a paisagem fluvial amazônica.

Palavras-chave: rio Amazonas; colapso; neotectônica; Costa da Águia.

ABSTRACT

The present work addresses a complex phenomenon that occurred on the riverbed from the Amazon River, 30 km upstream from the Parintins city, on the extreme east of the Saracura Cove, where a seismic collapse inside the river would have caused a devastating effect on the riverside, causing serious damages to the local Riverside community. On the occasion, a wave with more than 6 meters tall could be seen rising in the middle of the river after a loud sound, that, followed by smaller waves, caused a big devastation on the right riverside. Simultaneously, occurred the slaughter of a big volume of sedimentary packages on the right riverside, forming a semicircular cove with 620 m on the front by 480 m on the back on the Eagle Coast, affecting directly 130 people and causing the death of a Farmer. The episode became known as The Saracura Event of the Eagle Coast. The stretch in question lies in a meandering concavity with an opening to the northeast, inserted in a seismologic zone, whose geological fault controls the river and his great flow system. According to the local residents, the region has been the stage of recurring events with great proportions, that, according to them, occurred in 1973, 1994, 1997 and 2007. So, the city hall and the civil defense concluded that the Eagle Coast should be immediately evacuated, what never happened because of the population's discontent with the reallocation suggested by the State. The research aimed to understand the complex phenomenon that occurred on the riverbed of the Amazonas River and his socioeconomic implications to the Eagle Coast community. For this, the procedures consisted of the mapping of the riverbed using bathymetric measurements; SRTM images interpretation; Interpretation of multi spectral images of the satellite Landsat 8; Colorful composition and overlay of images acquired through remote sensing made available by INPE; Material collection from the riverside for granulometry analysis; Information gathering from institutions, public agencies and residents. The sediment analysis and observations revealed that the stretch is composed by bundles of Holocene incohesive sediment belts, the right riverside is characterized by being a low floodplain, subside and conducive to slaughter. The interpretation of the geological structure revealed that the area of the Saracura Event lies on two structural trends (Saracura Fault and the Arari Lineament), subsidizing the hypothesis of the event being a reflex of a possible transcurrent movement with tilting to the south. In general lines, it is hoped that the present work contribute, even that in a simple way, to strengthen the debate about the influence of the structural geotechnical exercises on the Amazon river landscape.

Keywords: Amazon river; collapse; neotectonics; Eagle Coast.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Costa da Águia no Parintins AM.....	18
Figura 2: Localização da área de estudo no complexo flúvio-lacustre.....	19
Figura 3: Representação simplificada do sistema fluvial.....	25
Figura 4: Paralelismo em afluentes da margem esquerda do rio Amazonas.....	30
Figura 5: Modelo Neotectônico Amazônico Atual.....	34
Figura 6: Rios encaixados em falhas no Amazonas.....	35
Figura 7: Principais falhas e lineamentos Quaternários do Amazonas.....	36
Figura 8: Distribuição dos epicentros na região amazônica.....	39
Figura 9: Erosão lateral de margem na Costa do Carauari - AM.....	41
Figura 10: Erosão lateral em talude fluvial holocênico no rio Amazonas.....	42
Figura 11: Principais falhas do arcabouço geológico da Bacia Amazônica.....	46
Figura 12: Zona de contato da placa Sul-americana.....	52
Figura 13: Compartimentação tectônica do rio Amazonas.....	53
Figura 14: Bacias sedimentares e escudos cristalinos no território brasileiro.....	54
Figura 15: Bacia sedimentar amazônica e Bacia Maranhão-Piauí.....	55
Figura 16: Trecho do rio Amazonas em Fonte Boa - AM.....	56
Figura 17: Variações do nível relativo do mar de cerca de 30.000 anos A.P.....	58
Figura 18: Comportamento fluviométrico do rio Amazonas entre 2007 e 2015.....	62
Figura 19: Vazantes e cheias históricas no Amazonas.....	63
Figura 20: Bacia Paleozoica Intracratônica do Amazonas.....	65
Figura 21: Geologia do município de Parintins.....	66
Figura 22: Falhas tectônicas existentes na região leste do Amazonas.....	67
Figura 23: Geomorfologia do município de Parintins.....	68
Figura 24: Os tipos climáticos brasileiros.....	70
Figura 25: Circulação atmosférica sobre a bacia Amazônica.....	70
Figura 26: Média mensal de chuvas em Parintins entre 1985 e 2015.....	71
Figura 27: Variação mensal da temperatura máxima em Parintins (1985-2015).....	72
Figura 28: Variação mensal da temperatura mínimas em Parintins (1985-2015).....	72
Figura 29: Margem na Costa da Águia.....	74
Figura 30: Pedologia do município de Parintins.....	74
Figura 31: Fisiografia da vegetação de várzea e terra firme.....	76
Figura 32: Vegetação na Costa da Águia.....	76
Figura 33: Características da drenagem próxima a Costa da Águia.....	78
Figura 34: Equipamento utilizado na batimetria.....	85
Figura 35: Amostras de solo coletadas em campo.....	86
Figura 36: Diagrama utilizado para a classificação textural do solo.....	86
Figura 37: Classificação IsoData no ENVI.....	88
Figura 38: Mapa índice TOPODATA.....	89
Figura 39: Perfil de elevação de imagem SRTM no ArcGIS 10.7.....	90
Figura 40: Resultado da Composição colorida falsa cor.....	91
Figura 41: Resultado do mosaico e recorte da imagem.....	92
Figura 42: Identificação dos lineamentos no ArcMap 10.7.....	92
Figura 43: Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	94
Figura 44: Efeito das ondas na margem.....	96
Figura 45: Modificações ocorridas na área afetada entre os anos de 1989 e 2007.....	96

Figura 46: Enseada formada no local onde antes haviam casas e plantações	97
Figura 47: Perfil batimétrico transversal no local afetado sete dias após o evento	98
Figura 48: Batimetrias realizadas em frente a Costa da Águia	99
Figura 49: Perfil transversal do rio Amazonas nº1.....	99
Figura 50: Perfil transversal do rio Amazonas nº2.....	100
Figura 51: Perfil transversal do rio Amazonas nº3.....	101
Figura 52: Perfil longitudinal do rio Amazonas nº1.	101
Figura 53: Trecho percorrido em campo para levantamento dos dados batimétricos	103
Figura 54: Fluxo helicoidal em margem côncava	105
Figura 55: Detalhe do fluxo helicoidal em perfil.....	105
Figura 56: Alterações ocorridas na área de estudo entre 1985 e 1998.....	107
Figura 57: Alterações ocorridas na área de estudo entre 1998 e 2015.....	109
Figura 58: Padrão de fluxo e sua correlação com a geometria do canal	110
Figura 59: Trends estruturais e os principais lineamentos no município de Parintins	112
Figura 60: Fratura neotectônica pré-colapso no Paraná do Limão (próximo a cidade de Parintins)	113
Figura 61: Mídia de Parintins alertando para um possível tsunami fluvial.....	114
Figura 62: Local aproximado do colapso intra-rio.....	115
Figura 63: Esquema ilustrativo do colapso intra-rio e da abertura da enseada.....	116
Figura 64: Barranco pós-colapso, ao fundo a enseada.	117
Figura 65: Imagem de casas na comunidade.....	118
Figura 66: Colheita de Juta no Amazonas.....	119
Figura 67: Embarcações lançadas para a terra pela onda gigante.....	120
Figura 68: Folha de São Paulo noticiando o episódio.....	120
Figura 69: Portais de notícias retratando o Evento Saracura da Costa da Águia.....	121
Figura 70: Impactos das ondas na margem e a perda de áreas de cultivo de malva	122

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DISTRIBUIÇÃO DAS COTAS MÁXIMAS DO RIO AMAZONAS EM PARINTINS ..	61
TABELA 2: DISTRIBUIÇÃO DAS COTAS MÍNIMAS DO RIO AMAZONAS EM PARINTINS ...	61
TABELA 3: DADOS DE VAZÃO E MATERIAL EM SUSPENSÃO EM RIOS AMAZÔNICOS ...	63
TABELA 4: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS AVALIADOS	75
TABELA 5: DADOS DAS IMAGENS LANDSAT SELECIONADAS PARA ESTUDO	88
TABELA 6: SATÉLITE, SENSOR E DAA DE PASSAGEM DAS IMAGENS	91

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: FATORES QUE AFETAM A PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA	37
QUADRO 2: PROCESSOS QUE DESENCADAIAM A EROSÃO FLUVIAL.....	40
QUADRO 3: PROCESSOS QUE DESENCADAIAM A EROÃO DE MARGEM.....	43
QUADRO 4: CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS CAÍDAS POR TEMPO E AMPLITUDE	47
QUADRO 5: TIPOS DE RIOS DA AMAZÔNIA.....	60

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DCP - Defesa Civil de Parintins

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAPEAM - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas

GPS - Sistema de Posicionamento Global

HiBAm - Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LATOSSOLO - Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos

MEC - Massa Equatorial Continental

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

USGS - United States Geological Survey

UTM - Universal Transversa de Mercator

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
CAPÍTULO I – A BACIA HIDROGRÁFICA ENQUANTO SISTEMA E A INFLUÊNCIA DA NEOTECTÔNICA NA PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA.....	21
1. Percepção sistêmica na Geografia Física.....	21
1.1 A bacia hidrográfica em uma perspectiva sistêmica.....	22
1.2 O sistema fluvial: variáveis internas e externas.....	24
1.3 O rio e a paisagem ribeirinha	26
2. A Neotectônica	27
2.1 A influência tectônico-estrutural na drenagem dos rios amazônicos.....	28
2.2 Sismicidade na Amazônia.....	38
2.3 Sobre a erosão fluvial	39
2.3.1 Erosão lateral de margem: o fenômeno das terras caídas na Amazônia	40
2.3.2 Fatores causadores da erosão lateral de margem	43
2.4 A influência da neotectônica no fenômeno das terras caídas	45
2.4.1 Classificação das terras caídas em função do tempo e amplitude.....	47
2.4.2 Casos de terras caídas do tipo abrupto na região amazônica	48
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	51
1. A bacia sedimentar amazônica	51
2. A evolução da bacia hidrográfica amazônica.....	55
3. Os tipos de rios da Amazônia.....	59
4. Regime hidrológico do rio Amazonas	61
5. Geologia.....	64
6. Tectônica.....	66
7. Geomorfologia	67
8. Regime climático	69
9. Pedologia	73
10. Vegetação	75
11. Aspectos hidrográficos.....	77
CAPÍTULO III – FUNDAMENTAÇÃO TEORICO-METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS.....	79
1. Fundamentação teórico-metodológica.....	79
1.1 A abordagem sistêmica.....	79
1.2 A inserção da abordagem sistêmica na Geografia Física.....	80
1.3 A Geomorfologia e a abordagem sistêmica	82
1.4 A paisagem como categoria de análise	83
2. Procedimentos técnico-metodológicos	84
2.1 Medições batimétricas do rio Amazonas	84
2.2 Coleta de material das margens para análise granulométrica	86
2.3 Análise multitemporal por sensoriamento remoto	87

2.3.1 Seleção das imagens.....	87
2.3.2 Pré-processamento.....	88
2.3.3 Classificação e vetorização das imagens	88
2.3.4 Processamento.....	89
2.4 Interpretação de dados do modelo SRTM	89
2.5 Interpretação de imagens multiespectrais do satélite Landsat 8.....	90
2.6 Entrevista com os moradores.....	93
2.7 Levantamento de informações em órgãos públicos e internet.....	93
CAPÍTULO IV – COLAPSO SÍSMICO NO LEITO DO RIO AMAZONAS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A COMUNIDADE DA COSTA DA ÁGUIA	95
1. Cronologia dos acontecimentos	95
2. Perfis batimétricos e a geometria do canal	98
3. A pressão e as forças hidráulicas atuantes no canal.....	104
4. Análise multitemporal da área de estudo.....	106
4.1 Análise multitemporal da área de estudo entre 1985 e 1998.....	106
4.2 Análise multitemporal da área de estudo entre 1998 e 2015.....	108
5. Controle geológico-estrutural	111
6. “Tsunami fluvial”	113
7. Dinâmicas neotectônicas	114
8. Interpretação do caso: colapso intra-rio e a formação da enseada.....	115
9. Implicações sociais do Evento Saracura para a comunidade da Costa da Águia.....	117
9.1 A comunidade.....	117
9.2 Implicações socioeconômicas.....	119
9.3 Impacto psicológico	122
CONCLUSÕES.....	125
RECOMENDAÇÕES.....	127
REFERÊNCIAS	128
APÊNDICE	137
ANEXO	140

INTRODUÇÃO

No dia 02 de março de 2007, no extremo leste da Enseada da Saracura, margem direita do rio Amazonas, 30 km à montante da cidade de Parintins – AM, área correspondente à comunidade da Costa da Águia, se implantou o caos devido a ocorrência de fenômenos naturais de intensidade até então excepcionais.

Na ocasião, uma onda de aproximadamente 6 m de altura foi vista erguendo-se do meio do rio logo após um forte estrondo seguido de um tremor que pôde ser sentido pelos ribeirinhos que trabalhavam próximos ao local. A onda gigante seguida por outras menores, provocaram grande devastação na margem direita em um intervalo de tempo que durou das 11 horas às 17 horas. O efeito causou o abatimento de um grande volume do pacote sedimentar também da margem direita, abrindo assim uma enseada semicircular com 620 m de frente por 480 m de fundo dando origem a uma área de 297.600 m² (IGREJA et al. 2010).

A intensidade e combinação de todos esses processos ocorrendo de maneira praticamente simultânea e em um curto intervalo de tempo, tiveram como consequências os seguintes danos: 130 pessoas atingidas, com morte de um agricultor; trinta e duas residências localizadas próximas à margem do rio danificadas; perda de aproximadamente 20 hectares de malva; perda de três embarcações, duas residências e do cultivo de agricultura de subsistência familiar. O episódio ficou conhecido como Evento Saracura da Costa da Águia (CPRM, 2007; CARVALHO et al. 2010).

A área é palco recorrente de eventos de terras caídas de grandes proporções, que, segundo os próprios moradores, já aconteceram nos anos de 1973, 1994, 1997 e 2007, o que corrobora com a tese de que se trata de uma área sismogênica (CARVALHO et al. 2010).

Logo após o Evento Saracura da Costa da Águia, o prefeito, corpo de bombeiros, defesa civil, psicólogos, professores da Universidade Federal do Amazonas e demais interessados concluíram que a área deveria ser imediatamente evacuada, o que nunca aconteceu devido ao descontentamento da população frente às propostas de realocação sugeridas pelo Poder Público.

Por se tratar de uma área de várzea a Costa da Águia apresenta uma vocação natural para atividades agrícolas de ciclo curto, o que justifica novos

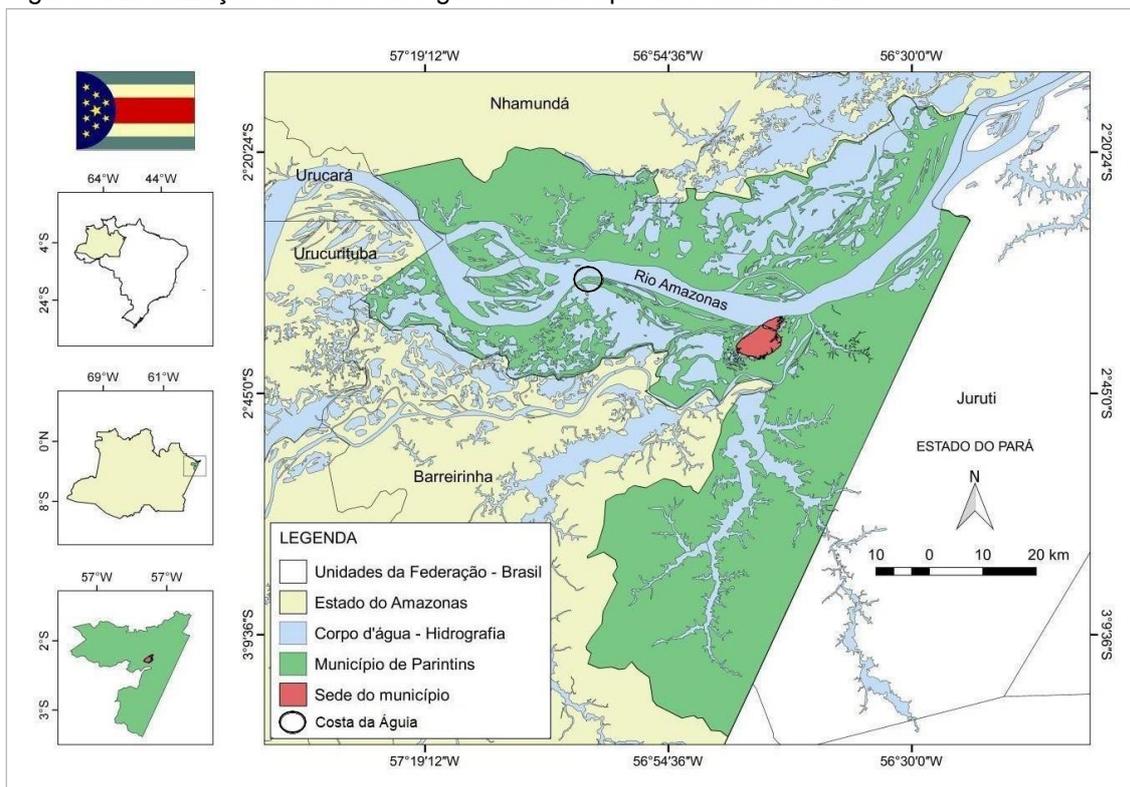
monitoramentos, porquanto, por se tratar de uma área ocupada, deve-se identificar e avaliar os possíveis risco à população.

O presente trabalho tem como objetivo principal compreender o complexo fenômeno ocorrido na Costa da Águia, assim como as implicações socioeconômicas para a comunidade ribeirinha local.

Para se atingir o objetivo principal foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: 1 – Mapeamento do leito do rio Amazonas na região da Costa da Águia; 2 – Identificação das mudanças espaço-temporais na margem afetada pelo evento; 3 – Identificação dos *trends* estruturais e lineamento na região de Parintins; 4 – Identificação do tipo de solo que compões a margem colapsada; 5 – Registro dos danos materiais e psicológicos provocados pelo evento.

O município de Parintins localiza-se no extremo leste do Estado do Amazonas tendo como limite o município de Juriti no estado do Pará e Nhamundá, Urucará, Urucurituba e Barreirinha no Amazonas. Suas coordenadas geográficas são 02°36'48" Latitude Sul e 56°44'09" Longitude Oeste. Possui uma área territorial de 5.952,30 km². Sua distância em relação à capital Manaus é de 369 km em linha reta e 420 km em via fluvial (IBGE, 2010). Já a Comunidade da Costa da Águia fica localizada 30 km à montante da cidade de Parintins, à margem direita do rio Amazonas, tendo como coordenadas geográficas: S 02° 33' 07" e W 57° 02' 14" (figura 1).

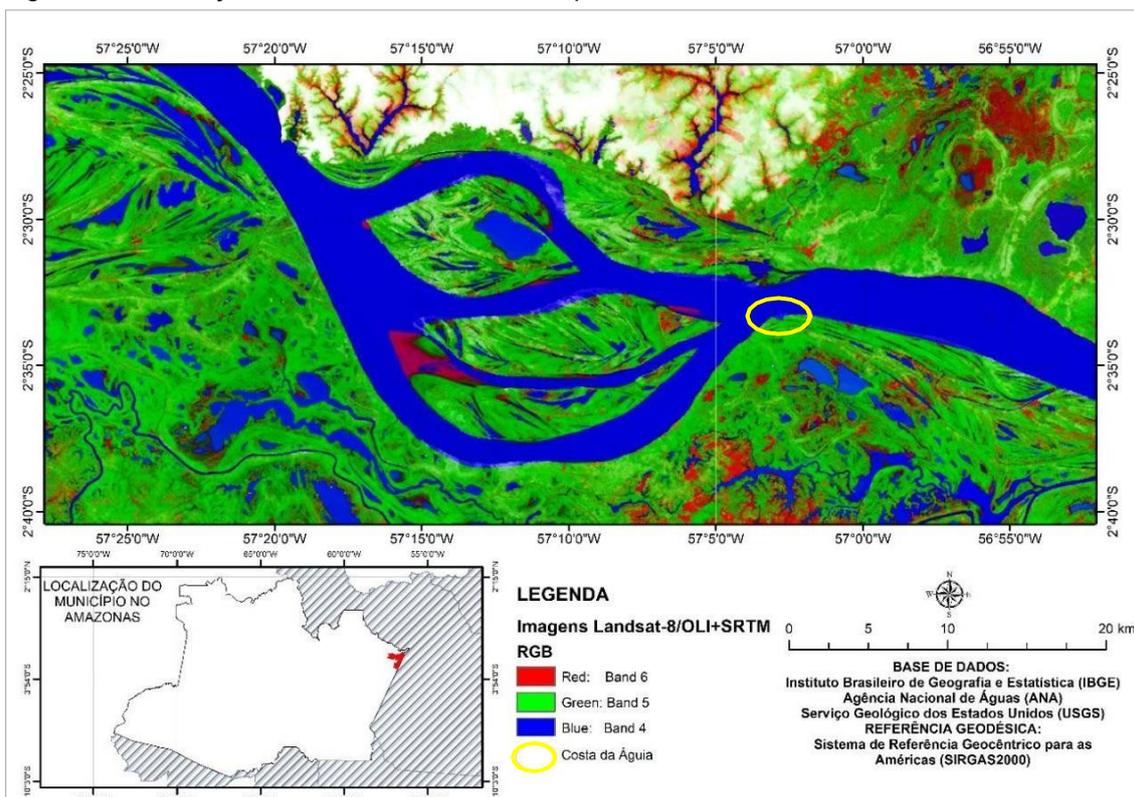
Figura 1: Localização da Costa da Águia no município de Parintins - AM.



Fonte: IBGE (2010). Org.: Autor, 2019.

A Costa da Águia localiza-se no cruzamento de dois *trends* estruturais: N70W e N40E, o qual se repete em todas as escalas, desde o Duplex Transtensional de Parintins – estrutura regional dentro da Zona Principal de Deformação que controla o rio Amazonas, em um trecho composto por feixes de cinturões de sedimentos holocênicos incoesos que formam uma várzea baixa, subsidente e propícia a colapsos. A Comunidade da Costa da Águia encontra-se em uma concavidade meandrante com abertura para nordeste, inserida em uma zona sismogênica, cuja falha geológica controla o rio e seu grande e complexo sistema flúvio-lacustre formando assim, um complexo de ilhas, lagos, canais, furos e paranás dentre outras feições (figura 2), que ficam alagadas ou expostas de acordo com o movimento ascendente e descendente do nível das águas (IGREJA, 1998).

Figura 2: Localização da área de estudo no complexo flúvio-lacustre.



Org.: O autor, 2019.

Este trabalho está organizado em quatro capítulos: o primeiro busca situar a pesquisa em um contexto sistêmico onde a bacia hidrográfica é vista como um modelo de sistema aberto, composto por outros subsistemas que se relacionam entre si, e que se mantém em equilíbrio a partir da entrada, processamento e saída de matéria e energia.

O segundo capítulo apresenta as características físicas da área de estudo, incluindo os aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrográficos, pedológicos, vegetacionais e neotectônicos.

O terceiro capítulo apresenta a fundamentação teórico-metodológica da pesquisa, bem como procedimentos técnicos. Como forma de abordagem utilizou-se alguns princípios da Teoria Geral dos Sistemas aplicados à Geografia, bem como o uso da categoria paisagem no sentido evolutivo. Dentre os procedimentos técnicos destacam-se o mapeamento do leito do rio por meio de medições batimétricas, coleta de sedimentos e análise granulométrica, análise multitemporal por sensoriamento remoto, interpretação de imagens de satélites, consulta em instituições e órgãos públicos e entrevistas com moradores.

O quarto capítulo expõe a interpretação do Evento Saracura da Costa da Águia a partir das informações obtidas nos artigos e relatórios cedidos pelas

instituições responsáveis por avaliar o episódio catastrófico, bem como análise laboratorial dos dados levantados em campo. O capítulo termina apontando os impactos socioeconômicos à população ribeirinha local.

Acredita-se que, em uma perspectiva mais ampla, a pesquisa enriqueça o debate acerca do importantíssimo papel que o fator estrutural-neotectônico tem dentro da bacia hidrográfica amazônica, em especial na região de Parintins.

Por fim, procurou-se trabalhar a Geografia a partir de uma perspectiva sistêmica, objetivando a realização de um estudo que abordasse não apenas explicar o fenômeno natural, mas também discutir a sua dimensão no âmbito social.

CAPÍTULO I – A BACIA HIDROGRÁFICA ENQUANTO SISTEMA E A INFLUÊNCIA DA NEOTECTÔNICA NA PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA

Neste primeiro capítulo apresenta-se os fundamentos conceituais concernentes à percepção sistêmica da bacia hidrográfica e das variáveis que nela atuam. O capítulo apresenta a neotectônica como variável fundamental dentro do sistema fluvial amazônico, a partir de uma literatura regional já consolidada sobre o assunto. Não são poucos os trabalhos que apontam para a existência de um conjunto ativo de juntas e falhas que caracterizam o arcabouço geológico da região e que, por sua vez, controlam a vasta rede de drenagem dos rios amazônicos. O capítulo também sugere a existência de uma relação direta entre atividades neotectônicas e o desmonte de material das margens, a partir da exposição de casos de terras caídas do tipo abrupto e de grandes proporções que teriam acontecido em zonas de cruzamentos neotectônicos. Ressalta-se a importância de se entender a bacia hidrográfica como um complexo sistema dinâmico, formado por subsistemas interdependentes, os quais se encontram em contínuo estado de troca de matéria e energia com o ambiente externo.

1. Percepção sistêmica na Geografia Física

A partir da década de 1960, com o surgimento da Teoria Geral dos Sistemas, o espaço passou a ser visto como um conjunto estruturado de objetos e atributos, no qual as inter-relações estruturais e funcionais criam uma inteireza que obviamente não se encontraria quando desagregada. A partir dessa perspectiva o objeto da Geografia passa a ser o estudo da organização espacial, que resultaria da interação de dois subsistemas, são eles o geossistema e o sistema socioeconômico (VITTE, 2007).

Foi o teórico Viktor Borisovich Sochava quem formulou o termo Geossistema com objetivo de aplicar a Teoria Geral dos Sistemas ao estudo da superfície terrestre e suas paisagens naturais, sejam elas modificadas ou não pela ação do homem.

Segundo Sochava (1977) um geossistema é uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana. Monteiro (2001) considera geossistema como sendo um conceito que:

[...] visa a integração das variáveis “naturais” e “antrópicas” (etapa análise), fundindo “recursos”, “usos” e “problemas” configurados (etapa integração) em “unidades homogêneas” assumindo papel primordial na estrutura espacial (etapa síntese) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (etapa aplicação) do “diagnóstico”. (MONTEIRO, 2001, p. 81).

De um modo geral, um sistema pode ser definido como um conjunto de partes que se inter-relacionam (BERTALANFFY, 1973). Essa concepção permite que o conceito seja aplicado a um conjunto abrangente de fenômenos ocorrentes tanto em sistemas físicos quanto concretos, por exemplo, o sistema de distribuição de energia elétrica de uma cidade ou até mesmo o sistema fluvial (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

A partir de então o geossistema passou a ser uma ferramenta de trabalho da Geografia Física, visto que o conceito nos permite compreender a realidade como uma complexa organização espacial resultante da integração dos elementos e componentes físicos da natureza, possuindo assim uma expressão espacial funcionando por meio dos fluxos de matéria e energia (CHRISTOFOLETTI, 1999).

1.1 A bacia hidrográfica em uma perspectiva sistêmica

Apesar do conceito de bacia hidrográfica ser anterior ao de sistema, foi a partir do trabalho de Strahler (1952) que a pesquisa geomorfológica passou a entender a bacia hidrográfica como um verdadeiro sistema. Para Strahler (1952) a bacia hidrográfica se define melhor como um sistema aberto em estado constante, que difere de um sistema fechado em equilíbrio, pois o sistema aberto possui importação e exportação de componentes. Desde então, a bacia hidrográfica tornou-se o principal recorte espacial utilizado nos trabalhos de Geomorfologia e Geografia Física em geral, caracterizando-se como um sistema na medida em que qualquer alteração em um de seus elementos integrantes acarreta modificações nos outros elementos constituintes. Logo, aquilo que ocorre no alto curso de uma bacia certamente terá efeitos no baixo curso (e vice-versa) e qualquer mudança na forma do canal terá impactos sobre os parâmetros hidrológicos, sedimentológicos, etc. (CHORLEY, 1962; SCHUMM, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1981; SUMMERFIELD, 1991).

O caráter sistêmico da bacia hidrográfica torna-se evidente na medida em que se observa as diversas variáveis que a compõe, por exemplo, clima, relevo, geologia e neotectônica, que, juntas, formam um conjunto único e dinâmico de onde se derivam as características que distingue cada bacia. Atualmente existem diversas áreas do conhecimento que se propõem a estudar de forma individual e em conjunto as diversas variáveis que determinam a bacia hidrográfica, o que só enriquece a discussão, contribuindo diretamente para a sistematização do conhecimento a respeito do sistema fluvial e das variáveis que nele atuam.

Observe a definição que Bertrand (1968) utiliza quando se referir ao conceito de paisagem, o autor afirma que a paisagem:

[...] não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1968, p. 249-272).

Atualmente princípios sistêmicos como inter-relação e evolução apresentam-se como formas de análise essenciais para aqueles que buscam compreender a bacia hidrográfica de uma forma geral.

Por fim, partindo da concepção de que a bacia hidrográfica se caracteriza como “um conjunto único, indissociável, em perpétua evolução”, Stevaux e Latrubesse (2017) consideram a bacia hidrográfica como um sistema aberto, o que segundo esses autores:

[...] caracteriza-se pela troca de energia e massa com exterior, ao passo que um sistema fechado ocorre somente a troca de energia. A entrada (*input*) de massa e/ou energia é considerada a função controladora do sistema. A transferência (*throughput*) de massa e/ou energia cria as ligações ou relações entre os elementos do sistema, que se dão por meio de processos. Na saída (*output*), a depender das condições existentes, a massa e/ou a energia podem simplesmente deixar o sistema sem alterá-lo ou podem criar um novo estado (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017, p. 20-21).

O conceito de sistema aberto foi introduzido na Geomorfologia primeiramente por Strahler (1950) e desenvolvido posteriormente por seu discípulo Chorley (1967), todavia, segundo Stevaux e Latrubesse (2017), foi Schumm (1977) quem contribuiu de forma mais ampla em seu livro *The fluvial*

system. No Brasil o conceito de sistema foi trazido primeiramente por Christofolletti (1974).

Christofolletti (1980) ressalta a importância dos estudos geomorfológicos baseados na teoria sistêmica, presente nos trabalhos de Strahler em 1950 e 1952. Porém foi Culling (1957) o primeiro a discutir o perfil longitudinal de um rio no âmbito da Geomorfologia Fluvial em uma perspectiva sistêmica.

A partir da segunda metade do século XX, com o aumento do conhecimento em áreas como Hidrografia, Pedologia e Ecologia, a visão a respeito dos canais fluviais se tornou mais ampla, dando-lhe assim, uma ênfase até então inédita. Segundo Cunha (1996) foi a partir dessa época, que os estudiosos se dedicaram com mais afinco às mudanças temporais ocorridas nas bacias hidrográficas, visto que as ações antrópicas se intensificavam cada vez mais, principalmente na forma de grandes construções de obras de engenharia. Nesse sentido, Christofolletti (1980) argumenta que todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios.

Depreende-se que a partir de uma visão holística, a concepção sistêmica se aplica perfeitamente aos estudos de uma bacia hidrográfica, concepção essa que vem ganhando cada vez mais força nos trabalhos geomorfológicos e fluviais.

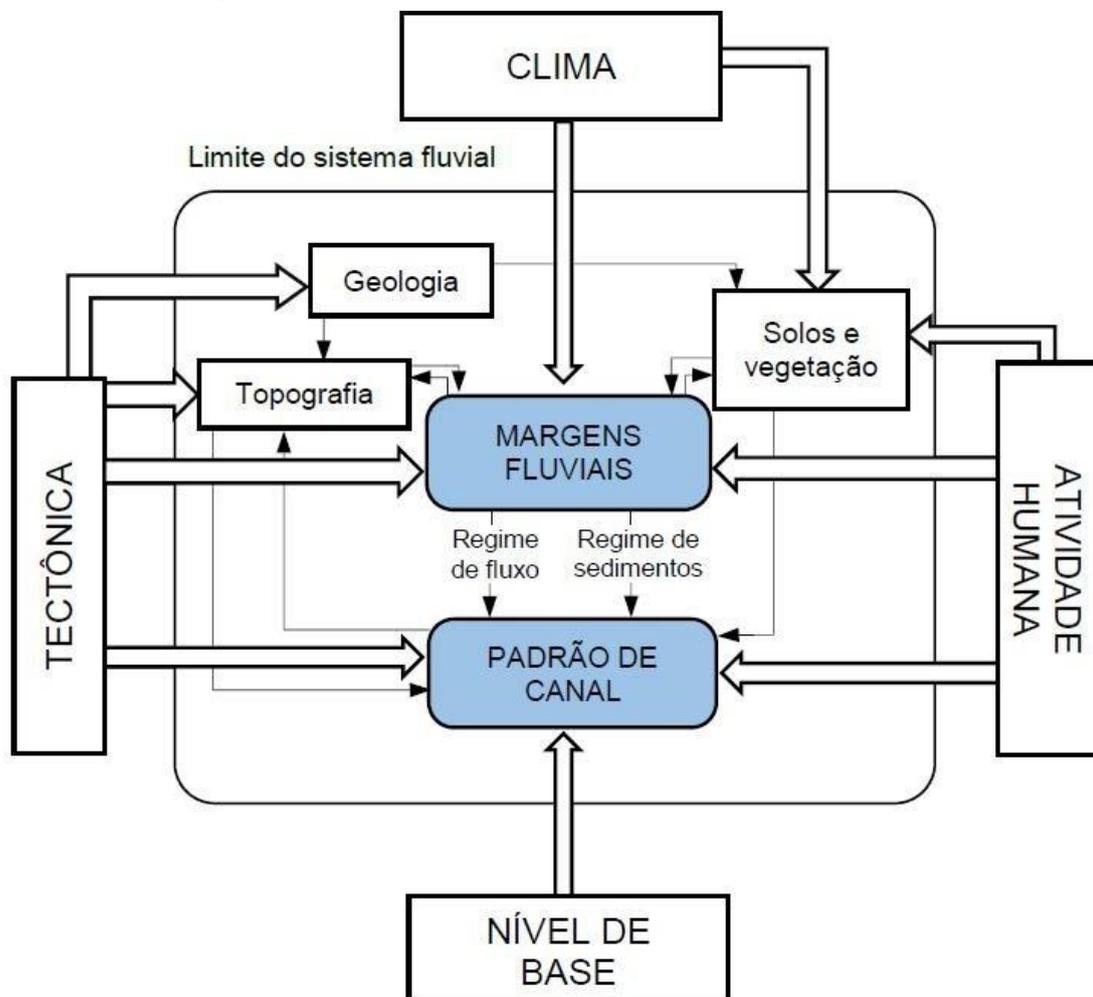
1.2 O sistema fluvial: variáveis internas e externas

Charlton (2008) em seu livro *Fundamentals of fluvial geomorphology*, postula a ideia de que o sistema fluvial é determinado por variáveis internas e externas. Segundo o mesmo autor as variáveis externas operam de forma independente, na medida em que não são influenciadas pelo que está acontecendo dentro do sistema fluvial. Em nível de bacia, essas variáveis seriam o clima, o nível de base, a tectônica e as atividades humanas. Já as variáveis internas são aquelas que acontecem essencialmente dentro do sistema fluvial, mas que também podem ser influenciadas por outras variáveis tanto internas quanto por variáveis que se originam fora do sistema.

Podemos perceber graus de independência entre as variáveis internas, isso porque algumas são afetadas parcialmente pelo sistema fluvial, como por exemplo, a geologia, os solos, a vegetação e a topografia (que inclui relevo, altitude e tamanho da bacia de drenagem). Essas variáveis, por sua vez, são controladas em parte por processos externos à própria bacia, todavia, a sua

principal influência sobre a dinâmica do sistema fluvial surge a partir de um controle mútuo, ou seja, as variáveis atuam por meio de processos contínuos de inter-relação (CHARLTON, 2008) (figura 3).

Figura 3: Representação simplificada do sistema fluvial.



Fonte: Adaptado de MARQUES (2017).

Ao observar a figura 3, nota-se o caráter hierárquico do sistema fluvial, onde variáveis que atuam em escalas maiores exercem influência sobre as variáveis que atuam em escalas menores dentro do sistema. Assim, a tectônica como variável externa afeta a topografia, o que implica de forma direta no regime de fluxo, que por sua vez, determina a intensidade dos processos de erosão e sedimentação em um determinado segmento de um canal fluvial. Esse comportamento não obedece a um sentido único e linear, pois os fluxos mantêm-se em perpétua interação.

Por fim, com base nos princípios sistêmicos até aqui apresentados, a bacia hidrográfica caracteriza-se por ser um sistema aberto, composto por outros

subsistemas como, por exemplo, as vertentes, os canais fluviais e as planícies de inundação (RODRIGUES; ADAMI, 2005) que, juntos, criam uma conjuntura em constante evolução que não pode ser plenamente compreendida a partir do isolamento de suas partes, mas sim dentro de um complexo conjunto de interações, variáveis, processos e formas que, ao se relacionarem entre si, produzem uma inteireza única e que se mantém em equilíbrio a partir da entrada, processamento e saída tanto de matéria quanto de energia.

1.3 O rio e a paisagem ribeirinha

Em se tratando de rios, esses sempre ocuparam um lugar de destaque quanto à organização do espaço geográfico no decorrer da história. Na antiguidade, por exemplo, estabelecer-se às margens de um grande rio era condição determinante para o despontar de uma grande civilização, outro exemplo seria a ocupação da Amazonia pelos portugueses, fato esse que se deu principalmente pela facilidade de navegação do rio Amazonas e seus afluentes, o que possibilitou a entrada das expedições portuguesas na região. Na atualidade, os rios são necessários principalmente para fins de navegação, irrigação e na produção de energia elétrica a partir de hidrelétricas (SUGUIO; BIGARELLA, 1990; CUNHA, 1996).

Em se tratando de Amazônia, a importância que têm os rios na constituição da paisagem fisiográfica regional é notória. Os rios são de longe os principais elementos que caracterizam a paisagem amazônica. Além disso eles servem como principal via de transporte e escoamento de mercadoria, bens e serviços na região, por conta disso as dinâmicas fluviais determinam diretamente o cotidiano da vida ribeirinha, seja no depósito de nutrientes na terra de várzea no período de cheia, tornando-a fértil e propícia ao plantio, ou quando de forma incansável, como um artista insaciável, modifica as margens a partir dos constantes processos de erosão, transporte e deposição.

Esses processos e dinâmicas que são próprias do canal fluvial e que determinam a paisagem ribeirinha, resultam da conjugação de diversos subsistemas naturais e antrópico que têm o rio e a paisagem fluvial como resultados diretos dessa interação, logo, as alterações que ocorrem dentro do sistema podem resultar tanto em modificações nas dinâmicas do canal fluvial, quanto nas margens atingindo diretamente a vida da população ribeirinha.

2. A Neotectônica

Sobre neotectônica a *Internacional Union For Quaternary Research* – INQUA - conceituou como sendo “Quaisquer movimentos ou deformações da crosta ao nível geodésico de referência, sua caracterização por meio de seus mecanismos, sua origem geológica, suas implicações para vários propósitos práticos e suas extrapolações futuras. Os movimentos neotectônicos englobam o acervo de deformações rúptil ou dúctil de um período Neotectônico”. Sobre o período não há um limite definido, sendo que a maioria dos autores determina o limite inferior do período neotectônico no início do Neógeno (Mioceno) há cerca de 20 milhões de anos.

Foi Obruchev (1948 apud SUGUIO, 1999) quem introduziu na literatura geológica o termo “neotectônico” como sendo “movimentos tectônicos recentes, ocorridos no Terciário Superior (Mioceno e Plioceno) e no início do Quaternário, os quais desempenham um papel fundamental na configuração topográfica atual” (FORTES, 2010, p. 193).

Desde então, o conceito de neotectônica sofreu várias alterações, principalmente no que se refere ao intervalo de tempo compreendido (SUGUIO, 1999).

Hasui (1990) considera a neotectônica como sendo manifestação dos processos de deriva continental (tectônico interplacas) que abrange o intervalo de tempo geológico que tem início a partir da intensificação dos processos de deriva continental (pós Terciário), e que se estende até os dias atuais.

Para a realização dessa pesquisa foi adotada a proposta de Igreja e Franzinelli (1987), que consideram a neotectônica como sendo o ramo da Geotectônica¹ que estuda a história estrutural da litosfera nos últimos 20 milhões de anos, ou seja, corresponde às deformações da crosta terrestre ocorridas do Mioceno (entre 24 a 5 milhões de anos) ao Quaternário (período atual).

¹ Geotectônica é o estudo das grandes estruturas terrestres tais como cadeias orogênicas, bacias geológicas, crátons, organização das geosferas terrestres e dos processos geológicos (geodinâmica) envolvidos na organização estrutural da Terra (WINGE et al. 2001, p. 21).

2.1 A influência tectônico-estrutural na drenagem dos rios amazônicos

Em 1950, o professor Hilgard Sternberg, publicou um trabalho intitulado - Vales tectônicos na Bacia Amazônica? - na Revista Brasileira de Geografia, edição de nº 4, onde, logo após analisar folhas da *Aeronautical Chart Service, U. S. Army Air Forces*, e cartas do Conselho Nacional de Geografia, ambas de escala de 1:1.000.000, sugeriu a hipótese da existência de vales tectônicos na bacia amazônica.

Essa conclusão teria surgido a partir da identificação de certos padrões de retinidade e paralelismo de certos rios regionais, com direções preferenciais NE-SW e NW-SE.

Para Sternberg:

Apenas a evidência fisiográfica bastaria para dar foros de plausibilidade à ideia de que a rede hidrográfica houvesse sido escavada nas formações sedimentárias horizontais ou sub-horizontais segundo linhas gerais ditadas por um sistema conjugado de juntas ou falhas (STERNBERG, 1950, p. 3).

Ainda em seu artigo, o autor cita relatos de possíveis sismos na região amazônica como forma de subsidiar sua interpretação geológica em favor da existência de falhas, precisamente nas formações sedimentares da terra-firme amazonense. Para o autor, a existência de tais falhas na região amazônica justificaria naturalmente possíveis atividades neotectônicas na bacia, assim sendo, torna-se plausível a ideia de que, ao menos algumas vezes, essas atividades teriam sido “acompanhadas de sismicidade mais ou menos intensas e mais ou menos localizadas” (STERNBERG, 1950, p. 5). Para ilustrar essa interpretação, o autor cita o que escreveu o padre Samuel Fritz no ano de 1690 em seu famoso Diário, quando reportava-se ao paredão de terra-firme que perlonga a margem esquerda do rio Amazonas, entre as bocas dos rios Urubu e Negro, segue o relato:

A 6, pela manhã, surgiram ao lado do Norte as terras em que, no ano passado de 1690, pelo mês de junho ocorreu um grandíssimo tremor. Pareciam ruínas de grandes cidades: penhascos caldos, árvores grossíssimas desarraigadas e lançadas ao rio; terras muito altas desmoronadas; outras brancas, vermelhas, amarelas, no meio de pedras e árvores, amontoadas sobre as margens; por toda parte lagoas abertas, bosques destruídos, e tudo sem ordem misturado. Onde havia terra arenosa ou lodosa o estrago se não fizera sentir. [...] Continuavam as ruínas por umas quatro léguas de rio; terra a dentro tinha sido maior o estrago; e o terremoto foi caminhando por umas trezentas léguas para cima até as ilhas dos Omaguas onde depois me disseram que as casas

tinham abalado. (Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, tomo 81, 1917, p. 391).

A recorrência dos desabamentos nas terras ribeirinhas, solapadas pelo caudal das águas turbulentas às margens do rio Amazonas, mesmo nos casos mais violentos como no relato do padre Fritz, geralmente são associados ao fenômeno das “terras caídas”, todavia, o autor chama a nossa atenção para a parte final do trecho onde segundo ele o padre descreve a “ocorrência de um verdadeiro terremoto, de âmbito dilatado, a sacudir as terras do vale” (STERNBERG, 1950, p. 8).

Sternberg conclui:

[...] os tremores são, via de regra, causa e não consequência dos desmoronamentos. É perfeitamente admissível, portanto, que a derrocada de terras descrita pelo padre Fritz tenha tido por origem um movimento tectônico, um deslocamento ao longo de falhas como as que parecem recortar a região (STERNBERG, 1950, p. 8).

Sternberg (1950) sugere o princípio da isostasia² para explicar o arcabouço geológico, sendo os sismos, o fenômeno das terras caídas e o controle estrutural das várzeas reflexos diretos da neotectônica. Muitos autores como por exemplo, Silva e Rosseti (2009), consideram Sternberg como pioneiro nas investigações sobre a neotectônica na Amazônia. Seus trabalhos são até hoje uma das principais referências quando se trata do assunto. Desde então as influências da neotectônica na região vem sendo estudada de uma forma cada vez mais frequente. Atualmente, a Amazônia e a região Sudeste são as mais pesquisadas em relação a esse tema.

² Isostasia, ou movimento isostático, é o termo utilizado em Geologia para se referir ao estado de equilíbrio gravitacional, e as suas alterações, entre a litosfera e a astenosfera da Terra. Esse processo resulta da flutuação das placas tectônicas sobre o material mais denso da astenosfera, cujo equilíbrio depende das suas densidades relativas e do peso da placa (WATTS; ANTHONY, 2001, p. 12).

Figura 4: Paralelismo em afluentes da margem esquerda do rio Amazonas.



Fonte: STERNBERG (1950).

Já na década de 70, fotografias aéreas da planície amazônica, bem como os mosaicos de radar provenientes do Projeto RADAM BRASIL foram interpretadas por Jean Tricart (1977) em seu trabalho - Tipos de planícies aluviais e de leitos fluviais na Amazônia brasileira. A partir de sua interpretação, Tricart (1977) postula a hipótese de que certos números de anomalias de dissecação fluvial na Amazônia tiveram origem neotectônica. Observe o momento em que o autor se refere a alguns trechos do rio Negro como expansões flúvio-lacustres colmatadas:

Rigidamente orientado para NWSE, o rio Negro ocupa, a NW de Manacapuru, uma fossa de afundamento em ângulo de falha (microfossa tectônica). A tectônica favoreceu o esvaziamento de uma vasta e profunda depressão, cuja colmatagem exige quantidades de aluviões muito maiores que as do estreito vale do Trombetas inferior. (TRICART, 1977, p. 31).

Em seu trabalho Tricart (1977) aponta quatro grupos de fatores como sendo os que determinam a geomorfogênese recente dos fundos de vales amazônicos, são eles: o quadro estrutural, as oscilações climáticas, as flutuações do nível de base oceânico e a tectônica, sendo esse último, segundo o autor, o de mais difícil análise visto que:

O estado atual dos conhecimentos estratigráficos, a escassez de afloramentos, a ausência de nivelamentos torna difícil o estudo da tectônica na região amazônica. No entanto, a existência de espessos depósitos de evaporitos e a existência de uma fraca sismicidade na região de Manaus, apesar da data muito recente do início das observações, permitem admitir prováveis movimentos. [...] Os mosaicos de radar se prestam admiravelmente ao estudo da dissecação, onde quer que as vertentes sejam bastante inclinadas, como é o caso no Neogeno amazônico. Levantamos um bom número de anomalias de dissecação, cuja origem parece ser tectônica (TRICART, 1997, p. 6).

Desde então, o estudo da neotectônica na Bacia Amazônica vem recebendo diversas contribuições de inúmeros pesquisadores que vêm se debruçando cada vez mais sobre a árdua tarefa de interpretar as feições e processos superficiais a partir das dinâmicas internas. Sem sombra de dúvidas autores como Franzinelli (1987), Franzinelli e Igreja (1987, 2003, 2005), Igreja (1988), Eiras e Kinoshita (1990), Cunha (2007, 2009), Bemerguy e Costa (1991), Costa et al. (1993, 1996), dentre outros, contribuíram de forma vital para sistematização do conhecimento que hoje temos sobre a neotectônica regional.

Um desses trabalhos foi o de Iriondo (1982) que, ao caracterizar a geomorfologia da várzea do rio Amazonas, apontou a existência de lineamentos estruturais que controlam, não apenas a rede de drenagem dos rios amazônicos, mas “movimentos de subsidências e levantamentos, sendo reflexos da subsidência, a existência de alargamento da planície aluvial, divagação do canal, abundância de lagos e grandes curvaturas de bancos e meandros, já os indícios de levantamento são o estreitamento da planície, trechos retos ou pouco divagantes do canal, mudanças irregulares de direção, ausência de lagos e bancos com fraca curvatura” (IRIONDO, 1982 apud FORTES, 2010, p. 210).

Igreja e Franzinelli (1987) ao analisarem aspectos da neotectônica no baixo rio Negro, apontaram para uma possível movimentação da margem esquerda com deslocamento para o sul em relação à margem direita (movimento destal), e que, por sua vez, não é o único, visto que pulsos horizontais e verticais (predominantemente horizontal outra vez, predominantemente verticais) são comuns na bacia.

Fernandes Filho (1996) ao estudar o arcabouço geológico da região de Manaus assinala a presença de falhas normais de sentido NW-SE e NE-SW e falhas transcorrentes destrais NE-SW e E-W, cuja inter-relação teria gerado a bacia que controla a sedimentação cenozoica na região.

Segundo Costa et al. (1993, apud FORTES, 2010, p. 210) existem três aspectos importantes para a compreensão da neotectônica da Amazônia brasileira, são eles “a tectônica ressurgente, que são as estruturas pré-formadas que se comportam como zonas de fraqueza; as zonas sismogênicas, que correspondem a verdadeiros epicentros, revelando áreas de alívio de tensão interplaca; e a compartimentação tectono-estrutural, abrangendo domínios marcado pela presença de falhas”.

Por sua vez, Igreja, Fortes e Toledano (1999) afirmam serem quatro os grupos que controlam o sistema fluvial amazônico, são eles: climato-ambiental, ciclo-hidrológico, erosionais/deposicionais sazonais e topográfico-tectônicos, sendo estes dois últimos os que, segundo os autores, controlam os padrões de direcionamento dos principais rios amazônicos.

Ranzi (2000) e Rozo (2004) dentre outros, postulam a ideia de que o atual sistema fluvial amazônico é resultado direto das complexas variações paleoclimáticas que ocorrem principalmente no Quaternário, e aos fatores estruturais e tectônicos que, agindo em conjunto, desempenhando um papel fundamental na morfogênese dos vales que controlam os principais rios da bacia.

Para além desses, outros trabalhos como o desenvolvidos na microbacia do rio Puraquequara (FERNANDES, 2000; FORTES, 2001; IGREJA; FORTES, 2002), também contribuíram bastante a partir da constatação de um sistema destal de direção E-W, “com componentes transpressiva, na direção NE-SW, o qual é responsável pelos processos de estruturação, morfogênese e sedimentação” (FORTES, 2010, p. 211).

Fortes (2010, p. 213) afirma que “o relevo regional tem diferentes ordens de grandeza e sua elaboração é peculiar a maior atuação do arranjo neotectônico, fundamentalmente transcorrente”.

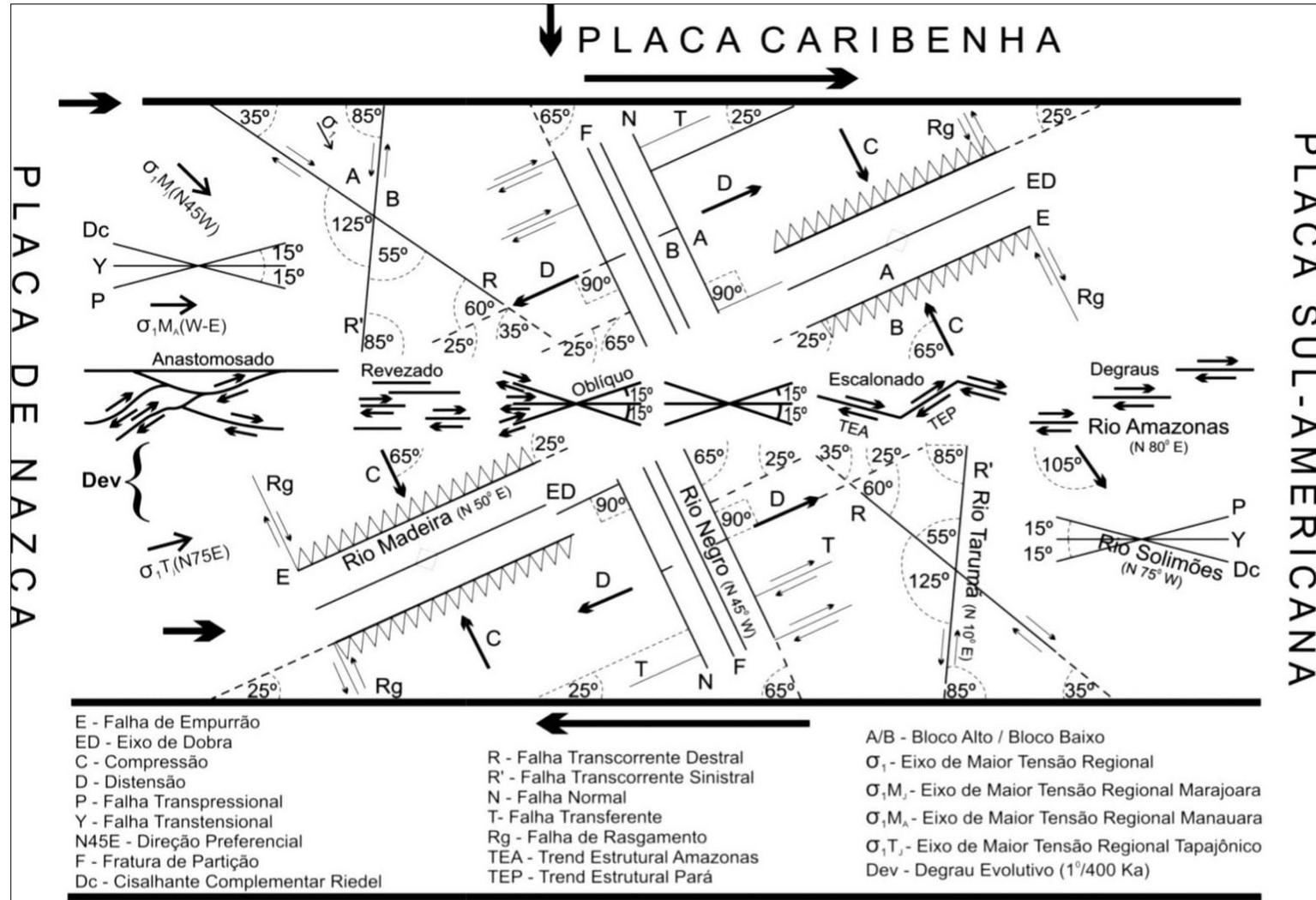
Silva e Rosseti (2009) corroboram a ideia de que a atuação das falhas geológicas causa significativas mudanças na paisagem amazônica, inclusive influenciando na dinâmica fluvial dos rios.

Todavia, para Fortes (2010) “o esforço para ultrapassar o nível descritivo dos estudos neotectônicos na Amazônia vem de Igreja (1988), que desenvolveu o modelo denominado Sistema Neotectônico Atual Amazônico (SNAA) ou Transcorrente Destral (SNTD), de direção ENE-WSW. Este modelo, também interpretado como Sistema Direcional Destral Este-Oeste, origina-se por tensões compreensivas e transcorrentes, resultantes da movimentação das placas

litosféricas Sul-Americana, Nazca e Caribenha” (IGREJA; CATIQUE, 1997 apud FORTES, 2010, p. 210-211).

Fortes (2010) afirma que os principais rios da bacia amazônica são determinados por extensos elementos tectônicos, isso porque suas planícies de inundação apresentam características morfoestruturais e sedimentares que convergem exatamente com a evolução do SNAA.

Figura 5: Modelo Neotectônico Amazônico Atual (Modificado de IGREJA, 2003).

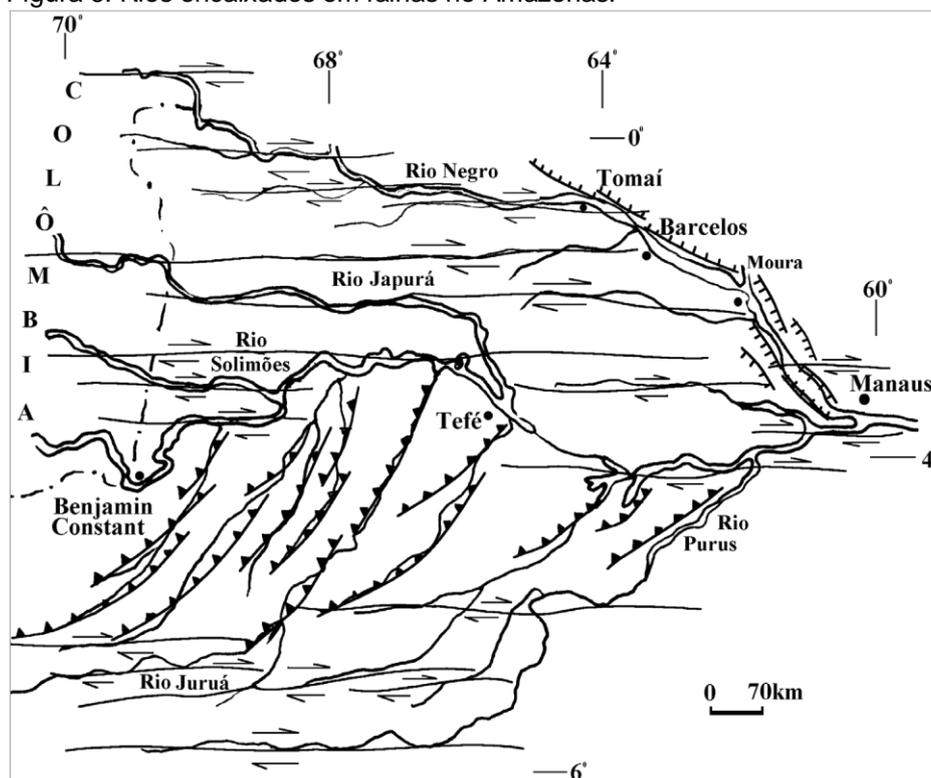


Fonte: IGREJA (2012).

Com o intuito de reafirmar a relevância do controle tectônico-estrutural sobre os principais rios da Bacia Amazônica, observe o trabalho desenvolvido por Costa et al. (1996), que nos apresenta de uma forma geral o encaixe de trechos do Solimões/Amazonas, bem como de diversos afluentes em falhas associados a um padrão de drenagem paralelo como pode ser observado na figura 6.

Sendo assim, muitos dos rios amazônicos encontram-se sobre lineamentos secundários; falhas transtensionais e transtracionais; blocos subsidentes quaternários sintectônicos³ reativados; cruzamentos de falhas, fraturas e juntas neotectônicas quaternárias e antigas reativadas (COSTA et al.1996).

Figura 6: Rios encaixados em falhas no Amazonas.



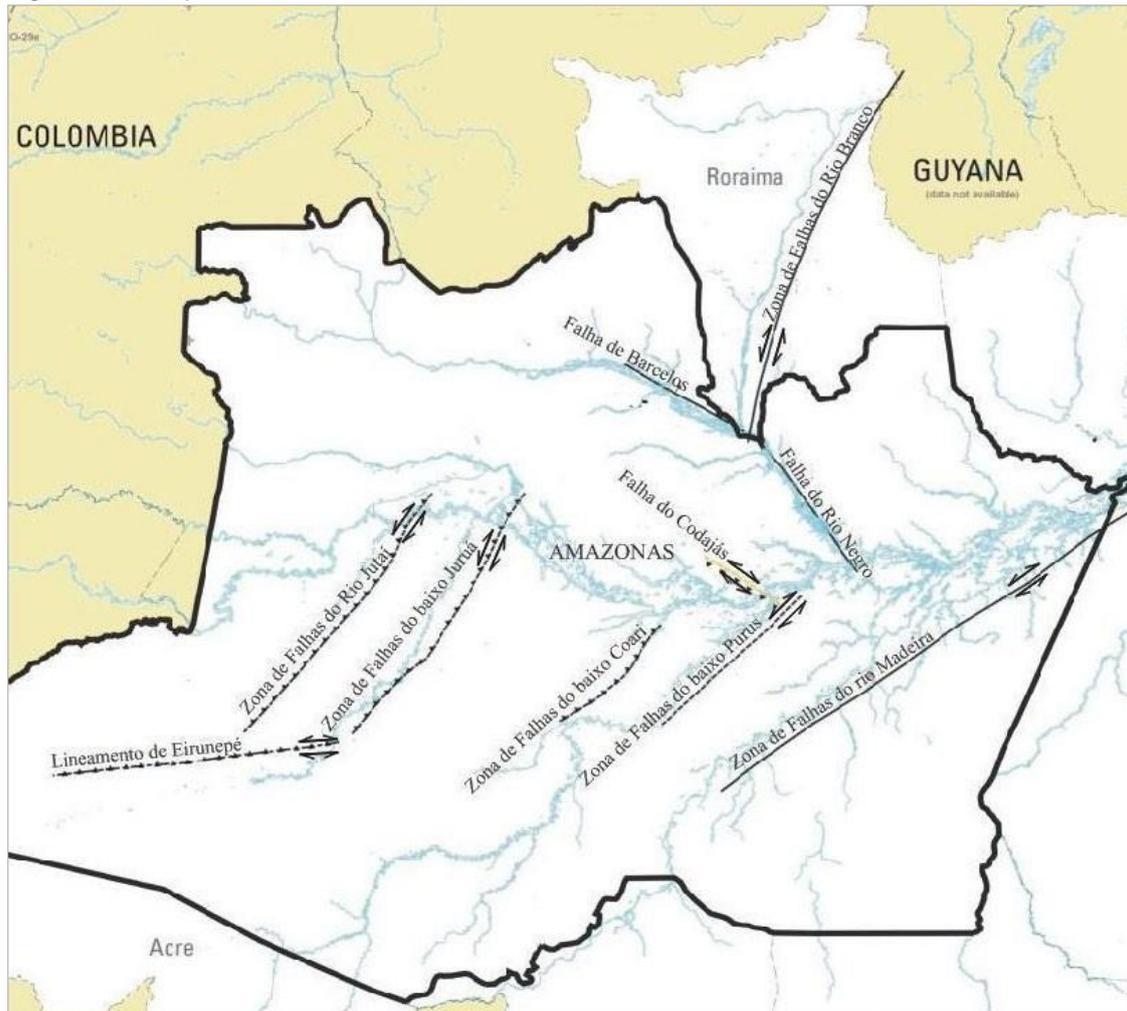
Fonte: COSTA et al. (1996).

Costa et al. (1996, p. 29) também aponta a presença de “falhas geológicas ativas na região leste do Amazonas, sobretudo na área compreendida entre as cidades de Manaus e Juruti”, onde segundo o autor, existem dois conjuntos de estruturas decorrentes de movimentos do Terciário Superior e do Quaternário.

³ Adjetivo que descreve um processo geológico que é contemporâneo a orogênese.

A figura 7 mostra as principais falhas e lineamentos quaternários no Amazonas. Segundo Simas (2008) “as falhas do rio Negro e Barcelos são normais. As Falhas do rio Madeira podem ser consideradas como transcorrente destrais, já as demais apresentam movimentação inversa com componente transcorrente” (SIMAS, 2008, p. 42).

Figura 7: Principais falhas e lineamentos Quaternários do Amazonas.



Fonte: SIMAS (2008).

A par da existência de um arcabouço geológico caracterizado por um conjunto de juntas e falhas que controlam a rede de drenagem amazônica, autores como Franzinelli e Igreja (2005), com o intuito de facilitar o estudo da neotectônica e dos demais fatores que afetam diretamente a paisagem fluvial da região, classificaram os aspectos que a determinam em nível regional e local segundo alguns parâmetros de escala como se pode observar no quadro a seguir:

QUADRO 1: FATORES QUE AFETAM A PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA.

FATORES	Regional	Local	Parâmetros
Hidrodinâmicos	Diminuição do relevo (altitudes e profundidades e desníveis em leque de oeste para leste, de noroeste para sudeste, de sudoeste para nordeste. Variação sazonal do nível d'água (e também da pressão hidrostática).	Corrente fluvial solapando o barranco; Pressão hidrostática do fluxo subterrâneo, promovendo a fratura das margens dos rios amazônicos, dos lagos, paranás, furos e igarapés, perenes e temporários, antigos e jovens.	Corrente: volume, velocidade, carga sólida, profundidade, vórtice, variação dos níveis sazonais. Fluxo subterrâneo sub ou sobre-pressionado, níveis anômalos, voçorocas naturais.
Litológicos	Condição essencialmente sedimentar das formações geológicas cujos tipos de rochas e depósitos e solos derivados tem idade e relação direta com a erosão.	Composição e compactação de solos e sedimentos expostos. Descontinuidades estruturais como estratificações, falhas, fraturas e juntas, que junto ao tamanho das exposições favorecem a ação dos demais agentes.	Compactação/coesão, porosidade, permeabilidade idade, conteúdo de matéria orgânica, composição textural, estratificação e laminação.
Climáticos	Estiagem e insolação prolongada com chuvas torrenciais ao redor do meio dia. Ventanias (ocasionalmente com grandes velocidades: ondas proporcionais nos rios). Mudanças globais com secas e enchentes "anormais".	Temperaturas elevadas nos cinturões arenosos quaternários expostos (desagregação das areias e ressecamento das argilas), chuvas locais grossas e repentinas.	Estágio do Ciclo de Milankovich. Chuvas: volume, frequência, distribuição; Temperaturas, Atividades orgânicas aquosas e subterrâneas.
Antropogênicos	Mudanças globais a partir da era industrial: Aquecimento global. Intensificação do efeito estufa regional. Ondas e micro-marés provocadas por grandes navios e barcos de alta potência.	Desmatamentos; Monocultura de malva e juta, seringueira. Embarcações: ondas, intensidade de fluxo; Impermeabilização urbanas e rurais. Drenagens alteradas artificialmente.	População: números, atividades, conhecimento/cultura, necessidades, migração. Desmatamento: dimensão, repetição; Voçorocas tecnológicas.

FATORES	Regional	Local	Parâmetros
Neotectônicos	Tensão intraplaca litosféricas; Ciclos de compressão e distensão tectônicas; Sistema Neotectônico Transcorrente Destral Atual (Estrutura fractal); Zona Principal de Deformação Solimões-Amazonas; Cruzamento de grandes lineamentos; Lineamentos Neotectônicos ativos e inativos principalmente NO-SE, E-O, NE-SO. Conjunção tríplice: máxima erosão (pouco investigada).	Lineamentos secundários; falhas transtensionais e transtracionais; Blocos subsidentes quaternários; Depósitos quaternários tectônicos; Cruzamento de falhas, fraturas e juntas neotectônicas quaternárias e antigas reativadas.	Sismos: ciclicidade, frequência, intensidade, magnitude. Relevo: altitude e inclinação. Falhas e juntas: distribuição, dimensões, idades, tamanho dos traços e rejeitos.
Fonte: IGREJA; FRANZINELLI (2005). Org.: O autor, 2019.			

Pode-se dizer que, tanto as macroformas, quanto as formas menores do relevo que determina os vales que controlam a rede de drenagem da bacia Amazônica, estão diretamente relacionadas a um complexo sistema conjugado de juntas e falhas com direção preferencial ENE-WSW, fundamentalmente transcorrente/destral que controlam os principais rios amazônicos, bem como muitos dos seus afluentes, definindo assim o controle estrutural e a neotectônica como variáveis fundamentais dentro do sistema fluvial amazônico.

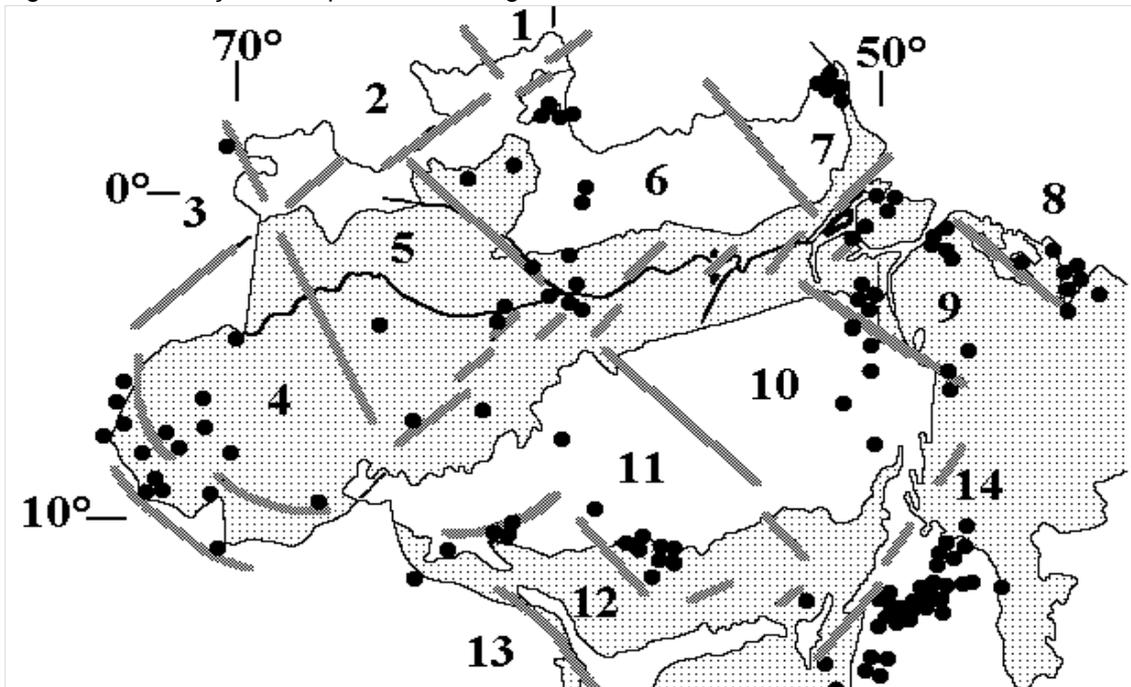
2.2 Sismicidade na Amazônia

Segundo Costa et al. (1996, p. 40) os sismos que acontecem em domínios intraplaca, como os que ocorrem na Amazônia brasileira, representam zonas de “alívios de tensão ao longo de descontinuidades preexistentes reativadas, ou pelo menos neoformadas, identificando, pois, a movimentação tectônica atual”.

A distribuição dos epicentros da região mostra concentração em áreas limitadas, que correspondem a zonas sismogênicas, separadas por vastas extensões onde apenas alguns epicentros aparecem esparsamente representando alívios locais de tensão (COSTA et al. 1996, p. 40).

Observe a distribuição dos epicentros na região amazônica em uma delimitação de oito zonas sismogênicas (figura 8).

Figura 8: Distribuição dos epicentros na região amazônica.



Fonte: COSTA et al. (2008) baseado em MIOTO (1993). Círculos pretos: epicentros. Traços em cinza: suturas. Pontilhado: coberturas fanerozoicas. Zonas sismogênicas: (1) Boa Vista, (2) Manaus, (3) Belém, (4) São Luís, (5) Itacaúnas, (6) Porangatu, (7) Aripuanã, (8) Cruzeiro do Sul.

Hasui et al. (1993) relaciona as zonas sismogênicas da bacia amazônica às zonas de fraqueza crustal que influenciam nos processos de reativação posteriores, e ainda hoje são palcos de manifestações neotectônicas ressurgentes.

2.3 Sobre a erosão fluvial

A erosão é um processo natural que desempenha um papel fundamental na dinâmica fluvial dos rios amazônicos. Considere como via de regra o processo erosivo como sendo um agente ativo na transformação do relevo terrestre e fluvial, agindo de forma contínua, seguido por mecanismos de transporte e deposição.

Segundo Christofolletti (1981, p. 235), “a erosão fluvial engloba os processos de retirada de detritos do fundo do leito e das margens, fazendo com

que possam se integrar à carga sedimentar”, portanto, a erosão fluvial acontece essencialmente dentro do canal fluvial, podendo ocorrer de duas formas distintas: erosão vertical, que provoca o aprofundamento do leito, e erosão lateral, que provoca o alargamento das margens.

A partir desse princípio, autores como Christofolletti (1981); Suguio e Bigarella (1990); e Cunha (1996), apontam a corrosão, corrasão e cavitação como sendo os processos responsáveis pela erosão fluvial.

QUADRO 2: PROCESSOS QUE DESENCADAIAM A EROSÃO FLUVIAL

Processo	Características
Corrosão	Compreende processos que envolvem reações químicas entre a água e as rochas presentes na margem, resultando na dissolução de material solúvel e por ocasião da percolação da água nos depósitos de transbordamento. A carga transportada pelo rio compreende não somente o material detrítico carreado no fundo ou em suspensão, como também o material dissolvido de origem diversa.
Corrasão	Ação abrasiva que ocorre através do atrito mecânico das partículas transportadas pelas águas dos rios. Sendo um agente que depende das condições do fluxo do transporte fluvial, esse processo irá contribuir tanto para o desgaste das margens quanto do leito dos canais.
Cavitação	Ocorre somente quando as águas dos rios apresentam condições de velocidade elevada, proporcionando assim, variações de pressão sobre as paredes do canal fluvial.
Fonte: MARQUES (2017). Org.: O autor, 2019.	

2.3.1 Erosão lateral de margem: o fenômeno das terras caídas na Amazônia

São nos rios de águas brancas (barrentas) da Amazônia onde ocorrem com maior frequência e intensidade o processo de erosão lateral de margens, regionalmente denominado de “terras caídas”.

Na região amazônica a erosão lateral de margem provoca diversas implicações sociais, como por exemplo, a perda de terras por parte da população que reside nas margens, o que reduz o valor das propriedades.

Em outros casos, mesmo com toda sua experiência, o morador da margem afetada pela erosão não pode em nenhum momento se descuidar, visto

que a falta de vigilância pode lhe custar até mesmo a vida, nas palavras de Labadessa (2011):

Alguns ainda tentam permanecer, mas já se encontram em áreas de risco, infelizmente com uma única certeza, mais cedo ou mais tarde terão que desocupar a área, isto se um escorregamento repentino não os pegar desprevenidos, e neste sentido, o prejuízo pode ser mais do que material, ou seja, vidas podem ser perdidas, não são raros os relatos de tragédias ocorridas entre as comunidades ribeirinhas relacionadas ao processo de erosão nas margens (LABADESSA, 2011, p. 47).

Carvalho (2006) define as principais implicações aos moradores dessas áreas atingida como perda de propriedade, mudanças de residências, risco de morte, dificuldade de embarque e desembarque e riscos de navegação.

Figura 9: Erosão lateral de margem na Costa do Carauari - AM.



Fonte: Arquivo pessoal de José Alberto Lima de Carvalho.

Carvalho (2006) afirma que o fenômeno das terras caídas:

[...] envolve desde os processos mais simples a altamente complexos, englobando indiferenciadamente escorregamento, deslizamento, desmoronamento e desabamento que acontece às vezes em escala quase que imperceptível, pontual, recorrente e não raro, catastrófico, afetando em muitos casos distâncias quilométricas (CARVALHO, 2006, p. 55).

Para a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, as terras caídas que acontecem com frequência nas margens dos rios da grande planície fluvial amazônica, estão associadas às quedas de barrancos que acontecem essencialmente nas margens dos rios que possuem declives acentuados de até

80° por se tratarem de taludes e, que estão sob a ação constante dos processos erosivos fluviais.

Figura 10: Erosão lateral em talude fluvial holocênico no rio Amazonas.



Foto: MARQUES (2017) por NASCIMENTO, D. G. 2015.

Até o fim da década de 1990, os principais trabalhos que trataram sobre erosão de margem não tinham como objetivo principal o estudo desse processo, porém, as suas contribuições foram de extrema relevância para os estudos posteriores. Autores como Monteiro (1964); Meis (1968); Tricart (1977); Sioli (1985); e Sternberg (1998) se destacam nesse aspecto.

Segundo Marques (2017) a temática passou a ser bastante estudada principalmente a partir de trabalhos de pós-graduação. Autores como: Lima (1998) que estudou os movimentos de massa no rio Acre; Rozo (2004) que estudou a evolução holocênica do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a foz do rio Madeira; Carvalho (2006) que estudou as terras caídas e suas implicações sociais na costa do Miracauera; Carneiro (2009) que buscou entender a morfodinâmica fluvial do rio Solimões, no trecho que vai de Tabatinga a Benjamin Constant (AM); e Freitas (2009) que fez uma análise multitemporal das terras

caídas no rio Solimões, município de Coari (AM); e Carvalho (2012) que defendeu a primeira tese sobre o fenômeno das terras caídas e suas implicações para os moradores das margens do rio Amazonas.

2.3.2 Fatores causadores da erosão lateral de margem

Ao observar a região amazônica verifica-se que o fenômeno das terras caídas está diretamente relacionado à composição do material das margens, geralmente ocorrendo em trechos margeados por depósitos holocênicos e em depósitos mais antigos das formações Alter do Chão (Cretáceo/Terciário), Solimões (Neógeno) e Içá (Plio/Pleistocênico).

Carvalho (2006, 2012) postula em seus estudos que o processo de erosão de margem ocorre por meio da ação conjugada dos seguintes fatores: pressão hidrodinâmica; pressão hidrostática; neotectônica; fatores climáticos; composição do material das margens; e fatores humanos. Abaixo podemos ver uma tabela com as principais características de cada um desses fatores:

QUADRO 3: PROCESSOS QUE DESENCADAIAM A EROSÃO DE MARGEM.

Processo	Características
Pressão hidrodinâmica	É a pressão da água corrente imprimida pela velocidade e por uma descomunal descarga fluvial que varia de 90.000m ³ /s na vazante, a mais de 250.000m ³ /s na enchente. Além da pressão hidráulica, considera ainda a turbulência do fluxo que ocorre em determinados trechos do rio.
Pressão hidrostática	É a pressão da água retida na planície de inundação (holocênica) e nos terraços fluviais (pleistocênicos). A retenção de água de transbordamento no pacote sedimentar desempenha papel importante no processo erosivo. A importância dessa pressão acontece devido a sua imensa área de transbordamento, cuja planície é formada por uma complexa rede flúvio-lacustre com grande capacidade de retenção de água na superfície e no seu interior.

Processo	Características
Neotectônica	A interpretação mais recente sobre a depressão amazônica é que os aspectos fisiográficos dos rios, suas anomalias de drenagem, a formação das ilhas, o processo de deposição dos sedimentos na bacia e a erosão acelerada do rio Amazonas são processos influenciados pela neotectônica.
Fatores climáticos	A chuva desempenha um papel importante no processo de erosão nas margens do rio Amazonas. Observações mostram que quanto maior e mais concentradas forem as chuvas, maior é o desmonte do material das margens, principalmente onde o material depositado é composto predominantemente de areia solta. O vento também desempenha um papel importante no processo de erosão das margens ao produzir ondas de altura e intensidade elevadas, que, solapando continuamente as margens provoca o abatimento do pacote sedimentar.
Composição do material de margem	A composição do material depositado na planície de inundação dos rios de água branca é constituída basicamente por areia, silte e argila inconsolidada, oferecendo pouca resistência. A composição do material que se encontra nas margens de um rio é um elemento importante no processo de erosão, pois de certa forma, a competência do rio em retirar material depende muito do tipo e do grau de coesão do material que constituem as mesmas.
Fatores humanos	Aponta-se duas situações em que o homem, ainda que em escala diminuta, vem contribuindo com a erosão das margens: o desmatamento das margens do rio Amazonas e os banheiros provocados por embarcações que, cada vez mais numerosas e mais potentes.
Fonte: MARQUES (2017). Org.: O autor, 2019.	

O processo de erosão lateral de margem se dá por meio de uma ação conjunta entre diversos fatores físicos e humano caracterizando-se como um problema que historicamente vem preocupando a população ribeirinha, pois, além de transformar a paisagem fluvial em diferentes escalas de intensidade, também provoca diversas implicações sociais.

2.4 A influência da neotectônica no fenômeno das terras caídas

Ao analisar os trabalhos que tratam sobre o fenômeno das terras caídas na região amazônica, nota-se a existência de um ponto de convergência, que se assenta exatamente sobre a ideia de que se trata de um fenômeno bastante complexo e multicausal. Segundo Igreja, Carvalho e Franzinelli (2010), dentre os aspectos que desencadeiam os processos erosivos das terras caídas, destacam-se: os hidrodinâmicos, relacionados às características hidrológicas dos rios; os litológicos, associados à estrutura geológica; os climáticos, decorrentes da constituição climática na região amazônica; os neotectônicos, relativos às movimentações tectônicas recentes; e os antropogênicos, originários da ação humana. A maioria dos trabalhos que tratam do assunto geralmente apontam os fatores hidrodinâmicos como sendo os principais responsáveis pelo fenômeno das terras caídas. Nota-se singelas menções a neotectônica. Poucos são os trabalhos que associam o desmonte de material de margem à presença de falhamentos ativos.

Partindo da premissa de que a Região Amazônica é palco constante de atividades neotectônicas, Silva e Rosset (2009, p. 1) afirmam que “[...] as falhas geológicas produzem deslocamento de camadas e superfícies topográficas que alteram a morfologia da paisagem amazônica”.

A atuação das falhas geológicas causa significativas mudanças na paisagem amazônica, inclusive influenciando a dinâmica fluvial dos rios amazônicos. Mega migrações do rio Solimões, surgimento e o desaparecimento de bancos de areia, o desmoronamento de margens (fenômeno de terras caídas), e o abandono de leito são, muitas vezes, consequência indireta de processos tectônicos. (SILVA; ROSSET, 2009, p. 01).

Marques (2017) afirma que “as interpretações mais recentes sobre a depressão amazônica concluem que os aspectos fisiográficos dos rios, suas anomalias de drenagem, a formação das ilhas, o processo de deposição dos sedimentos na bacia e a erosão acelerada do rio Amazonas são processos influenciados pela neotectônica” (MARQUES, 2017, p. 50).

Segundo Igreja, Carvalho e Franzinelli (2010) a estrutura do arcabouço geológico amazônico é marcada pela presença de grandes falhas (figura 11), nas quais os desbarrancamentos nas margens dos rios têm se expressado de forma mais intensa e em grandes dimensões.

2.4.1 Classificação das terras caídas em função do tempo e amplitude

Os escorregamentos que ocorrem ao longo dos rios amazônicos são bastante complexos, geralmente são originados por movimentos rotacionais, translacionais e roto-translacionais, sendo estes últimos mais frequentes e caracterizados pela combinação simultânea de três tipos de deslocamentos de massas (deslizamentos, desabamentos e desmoronamentos), principalmente naqueles com catalizador sísmico (IGREJA et al. 2004).

Para facilitar a compreensão, Igreja et al. (2010) classifica o processo de terras caídas a partir da função do tempo e da amplitude do fenômeno como podemos ver no quadro a seguir:

QUADRO 4: CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS CAÍDAS POR TEMPO E AMPLITUDE.

Tipo	Características
Terras Caídas Lentas	Ocorrências alinhadas, pequenas (áreas e blocos métricos) e contínuas, que podem alcançar grandes áreas, mas somente percebidas no decorrer de dezenas de anos (sismos humanamente imperceptíveis).
Terras Caídas Moderadas	Deslocamentos médios (áreas e blocos de dezenas de metro), localizados, distribuição esparsa, destruição progressiva e facilmente observável ao longo de dois anos.
Terras Caídas Rápidas	Deslocamentos destrutivos e catastróficos, em geral localizados, quilométricos, perceptíveis em alguns dias (inclusive sismos), nas margens dos rios, associadas aos macroturbilhonamentos, das correntes fluviais.
Terras Caídas Abruptas	São de ocorrência rara, instantâneas, repentinas, destrutivas e catastróficas, atingem áreas de dimensões quilométricas da margem do rio e estão nitidamente associadas a eventos sismogênicos (estrutura geológica e fragmentação), amplamente perceptível.
Fonte: IGREJA; CARVALHO; FRANZINELLI (2010). Org.: O autor, 2019.	

Os autores associam o fenômeno das terras caídas do tipo abrupto às atividades neotectônicas que ocorrem nas zonas sismogênicas da bacia. Essas

zonas geralmente são caracterizadas pelo cruzamento de lineamentos (nós) tectônicos e estruturais (*trends*).

Por sua vez, o fenômeno das terras caídas do tipo abrupto é amplamente perceptível por seu caráter catastrófico (não são raros casos com fatalidades), bem como por sua intensidade (destruição), velocidade (instantânea) e amplitude (quilométrica). A seguir alguns dos principais casos de terras caídas do tipo abrupto dos quais se tem registro.

2.4.2 Casos de terras caídas do tipo abrupto na região amazônica

Apesar de se tratar de um processo de extrema relevância para a construção da paisagem fluvial amazônica, a busca pela sistematização do conhecimento sobre o fenômeno das terras caídas é recente, no entanto os registros históricos e até mitológicos sobre o fenômeno são fartos.

O livro - Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física -, organizado pela professora doutora Adoréa Rebello, traz em seu quinto capítulo um trabalho intitulado - Aspectos das terras caídas na região amazônica - onde se faz associação entre a neotectônica e alguns dos principais casos catastróficos de terras caídas dos quais se tem registro.

Segue uma síntese dos casos:

Caso 1 - Há cerca de 40 anos na microrregião do Alto Solimões, Sudeste do Amazonas, mais precisamente na confluência dos rios Solimões e Iça, um grande escorregamento atingiu em cheio o município de Santo Antônio do Iça chegando a destruir um bairro inteiro. O escorregamento foi antecedido pelo aparecimento de diversas fendas com aproximadamente 10 centímetros de largura e centenas de metros de comprimento, no terraço fluvial de aproximadamente 30 metros de altura há pelo menos 20 metros de distância da margem. A população assustada com o aparecimento repentino dos feixes de fendas abandonou em tempo a área que poucos dias depois foi colapsada, sendo rebaixada à uma altura de cerca de 2 metros acima do nível do rio Iça.

Toda a área é composta por sedimentos silte-argilosos e arenosos vermelhos (Formação Iça). Um fato curioso é que todas as fendas obedeciam a uma mesma direção, sendo todas paralelas ao rio Iça. Vale ressaltar que a área colapsada é caracterizada pelo cruzamento de lineamentos neotectônicos.

Caso 2 - Um outro caso de terras caídas do tipo abrupto que chamou muita atenção por conta da sua intensidade e repercussão nos meios de comunicação, foi o caso ocorrido dessa vez na confluência do rio Japurá com o rio Solimões, onde uma série de extensos deslizamentos, desmoronamentos e desabamentos, aconteceram de forma simultânea. Segundos relatos, a água teria ficado extremamente turva com a presença de tantos sedimentos. O acúmulo de sedimentos no rio foi de tamanha intensidade que acabou por provocar alterações no próprio canal.

O evento também teve como consequência o assoreamento de lagos e canais secundários, provocando uma grande mortandade, tanto da fauna quanto da flora local. Por se tratar de uma área pouco habitada praticamente não houveram implicações sociais, todavia, aqueles que presenciaram o caso narram com detalhes a ocorrência repentina dos episódios de desbarrancamentos, sempre marcados pela presença de fortes ruídos e vibrações no solo, o que lhes causou intenso medo por não saberem de fato o que realmente estava acontecendo.

Segundo Igreja et al. (2010) a região é composta por sedimentos holocênicos (argilo-arenoso) e também está em um cruzamento neotectônico.

Caso 3 – Por último, em 2002 um episódio devastador de terras caídas do tipo abrupto impressionou a população manauense ao provocar um desmoronamento de grande porte, atingindo diretamente um porto próximo a feira da Panair no bairro do Educandos na cidade de Manaus. O evento se deu na margem esquerda do rio Negro onde repentinamente, grandes blocos de solo e rocha da formação Alter do Chão, com cerca de 20 metros de altura, colapsaram nas águas do rio Negro. As ondas geradas pelo impacto provocaram o afundamento de barcos e balsas que estavam no local. Infelizmente houveram vítimas humanas. Igreja et al. (2010) imputa o trágico episódio a neotectônica, visto que a área é marcada pela presença de dobras e falhas transcorrentes como também assinala Franzinelli e Igreja (1990).

É evidente que a ação erosiva provocada pelos processos hidrodinâmicos superficiais e a nível freático, a energia e a correnteza dos rios, bem como possíveis ações antrópicas, contribuíram de maneira significativa para o acontecimento dos casos citados, todavia, não podemos de forma alguma menosprezar a influência da neotectônica, não apenas nos casos catastróficos

de terras caídas, mas como fator fundamental na configuração da paisagem fluvial amazônica.

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FÍSIOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

O capítulo trata das características fisiográficas concernentes a área de estudo, abordando aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, hidrológicos e vegetação. A caracterização foi embasada em literaturas clássicas e atuais. Ressalta-se a importância de ser compreender a atuação dos elementos naturais, visto que, a paisagem fluvial é fruto da interação desses componentes que, por sua vez, atuando de forma conjugada, fazem da paisagem fluvial uma inteireza em constante evolução.

1. A bacia sedimentar amazônica

Pode-se dizer que a base da bacia amazônica é muito antiga, datada do Pré-Cambriano e está relacionada a dois eventos principais: o primeiro resultou na composição de terrenos granito-greenstones e cinturões de alto grau metamórfico; o segundo foi responsável pelos vários bancos de sedimentos que caracterizam a bacia (ARAÚJO, 2018). Segundo Cunha et al. (2007) a bacia amazônica tem sua origem associada diretamente ao fechamento do Ciclo Brasileiro⁴.

A bacia do Amazonas está inserida numa região acidentada que delimita uma série de megaestruturas, diversificando o continente sul-americano. Silva (2013) defende a ideia de que:

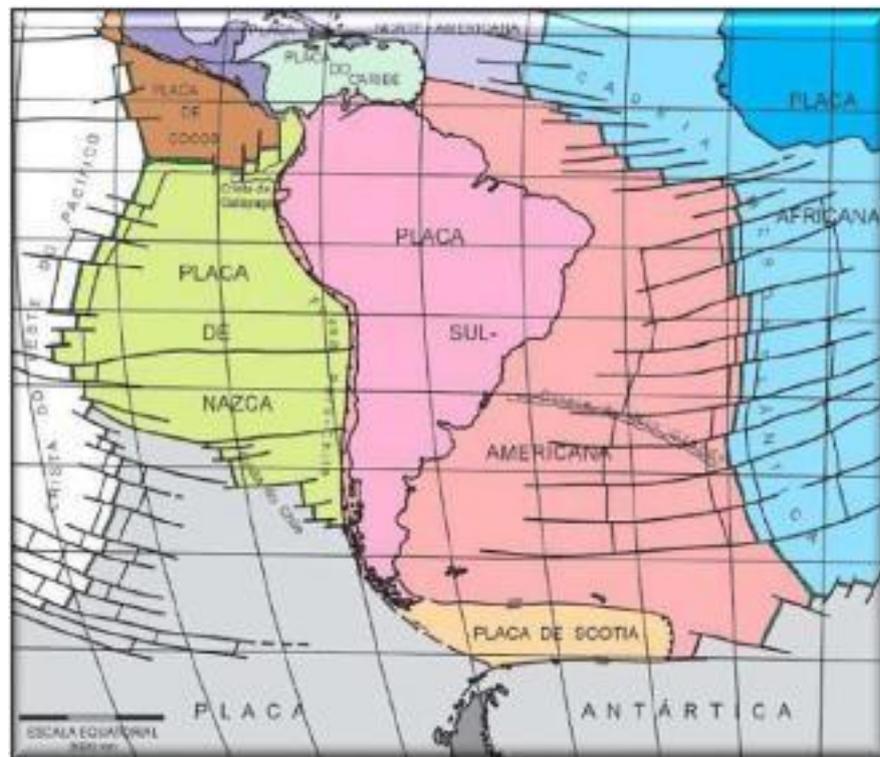
Durante o Proterozoico, quando os protótipos dos continentes atuais da África e da América do Sul estavam reunidos na parte ocidental do supercontinente Gondwana, o rio Amazonas primordial fluía do leste ao oeste, desembocando no Oceano Pacífico. O final do Paleozoico e início do Mesozoico é marcado, na Bacia do Amazonas, pela Orogênese Gondwanide, relacionada à colisão dos continentes Laurásia e Gondwana, que provocou uma forte atividade plutônica que resultou em uma gigantesca cobertura de diabásico (SILVA, 2013, p. 5).

Segundo Cunha (1994) uma consequência desta colisão, foram fraturamentos e soerguimentos no embasamento. Ainda no Mesozoico a bacia sofreu distensão na direção leste-oeste gerando fraturamentos regionais e um intenso magmatismo básico na forma de solteiras e enxame de diques de

⁴ Ciclo geodinâmico desenvolvido de forma diacrônica na Plataforma Sul-Americana, entre o Toniano e o Cambriano, através de diversos eventos tectônicos, sedimentares, magmáticos e metamórficos. (CPRM, 2003).

diabásico (CUNHA, 1994). A abertura de espaço preenchidos pelos diques de diabásicos está relacionado ao final dos esforços Gondwanide no Permo-Triássico. Após a ruptura de Gondwana e a abertura do oceano Atlântico, durante o Mesozoico, a Placa Sul-americana se movimentava a oeste, onde houve colisão com a placa pacífica Nazca, o que causou o levantamento dos Andes, originando a formação de grandes lagos na parte oriental da bacia (CUNHA, 1994).

Figura 12: Zona de contato da placa Sul-americana



Fonte: SCHOBENHAUS; NEVES (2003).

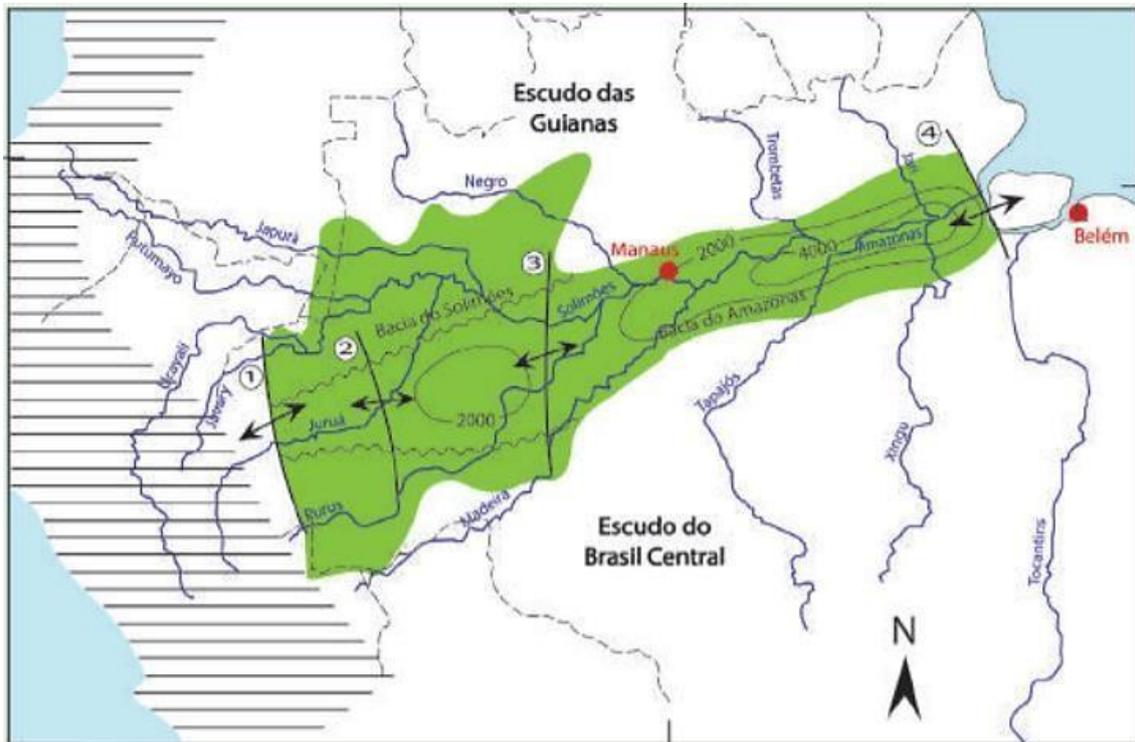
Com o soerguimento dos Andes uma grande bacia foi criada em um lago fechado, a saber, Bacia do Solimões. Nos últimos 5 a 10 milhões de anos, essa acumulação de água rompeu o Arco de Purus, juntando-se em um fluxo único em direção ao leste do Atlântico (o oceano Atlântico surgiu do processo de afastamento das placas Sul-Americana e Africana).

Durante o Cenozoico, o rio Amazonas e seus tributários, gradualmente esculpiram a bacia atual da Amazônia atualmente composta por planaltos, planícies e depressões (ANDRADE; CUNHA, 1971; LANDIN et al. 1978; COSTA et al. 2001).

É possível classificar a Bacia Sedimentar do Amazonas como sendo uma bacia intracratônica, com cerca de 500.000 km². A bacia abrange parte dos

estados do Amazonas e Pará, também compreende de Oeste para Leste as Sub-Bacias do Alto, Médio e Baixo Amazonas, separadas dos embasamentos pelos Arcos de Iquitos, Purus, Monte Alegre e Gurupá (SILVA, 2013).

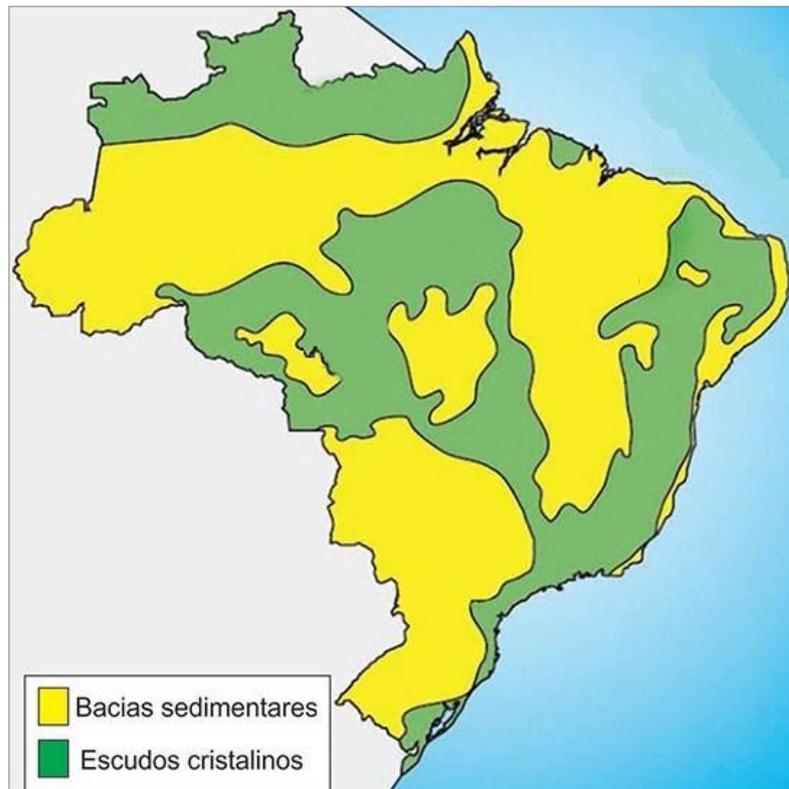
Figura 13: Compartimentação tectônica do rio Amazonas.



Arcos tectônicos: (1) Arco de Iquitos, (2) Arco de Carauari, (3) Arco de Purus, (4) Arco de Gurupá. Fonte: BARTORELLI (2012) modificado de MILANI; THOMAZ (2000).

Segundo Almeida (1978) a bacia limita duas principais áreas de embasamento Arqueano-Proterozoico. A maior entidade tectônica está representada pelo Cráton Amazônico e corresponde às duas principais áreas pré-cambrianas: O Escudo das Guianas, ao Norte da bacia Amazônica, e o Escudo Brasil-Central, ao Sul.

Figura 14: Bacias sedimentares e escudos cristalinos no território brasileiro.

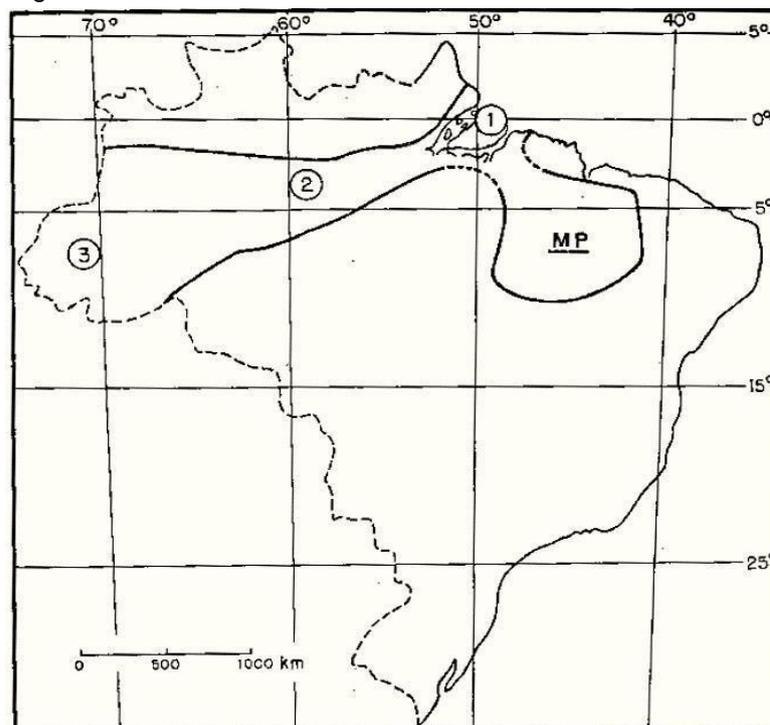


Fonte: Google Imagens.

Há uma convergência entre os estudiosos em admitir que a origem da bacia sedimentar esteja relacionada à dispersão de esforços no fechamento do Ciclo Proterozoico Brasileiro. Segundo Silva (2013) possivelmente o *rift* precursor do Amazonas teve origem devido a esforços compressoriais na direção leste-oeste controlados pela reativação de fraturas pré-cambrianas e esforços de alívio Norte-Sul (ANDRADE; CUNHA, 1971; AMARAL, 1974). Logo após, houve o resfriamento das massas plutônicas e desenvolvimento de uma sinéclise intracontinental, predominância de movimentos verticais e atividade vulcânica continental associados à sedimentação em *onlap* a partir do Neo-Ordoviciano, originando assim, a sucessão sedimentar da Bacia do Amazonas que se inicia com o Grupo Purus (CORDANI et al. 1984; PETRI; FÚLFARO, 1988; CUNHA et al. 1994).

A bacia sedimentar amazônica é vasta em sedimentos, atualmente abrange uma área de mais de 2 milhões de quilômetros quadrados. Segundo Mendes (1957) a área da bacia que se estende pelo território brasileiro pode ser dividida em pelo menos três partes, são elas: parte ocidental, parte central e parte oriental como podemos observar na figura 15.

Figura 15: Bacia sedimentar amazônica e Bacia Maranhão-Piauí.



Fonte: MENDES (1957). Em 3, 2 e 1 correspondem às partes ocidental, central e oriental da bacia respectivamente.

A parte ocidental corresponde o Estado do Acre e a porção Centro-Oeste do Estado do Amazonas. A parte central estende-se desde o leito do Amazonas até a desembocadura do rio Xingu. Por último temos a parte oriental também chamada de marajoara que corresponde a região da foz do rio Amazonas (MENDES, 1957).

2. A evolução da bacia hidrográfica amazônica

A bacia amazônica é a maior bacia hidrográfica do mundo, com superfície estimada em 6,5 milhões de km² (CARVALHO, 2006), compreendendo muitos países sul-americanos (Bolívia, Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Venezuela, Suriname e Guiana). Seu regime hidrológico é determinado pela pluviosidade; pelo degelo andino (o que lhe caracteriza como uma bacia de regime pluvio-nival ou misto, sendo a maior bacia de regime misto do mundo); e flutuações do nível de base oceânico. Composta por rios, lagos, furos, igarapés e paranás, a bacia hidrográfica amazônica destaca-se por ter um dos sistemas fluviais mais complexos e dinâmicos do planeta. Além disso, a bacia tem como rio principal o maior e mais imponente rio do mundo, o Amazonas que, por sua vez, possui

mais de mil afluentes sendo que alguns deles, como o Madeira, o Negro e o Japurá, estão entre os dez maiores rios do planeta.

Figura 16: Trecho do rio Amazonas em Fonte Boa - AM.



Fonte: Agência Espacial Internacional (2018).

Bemerguy e Costa (1991) postulam a ideia de que no Paleozoico, o arcabouço geológico (tectônico) amazônico era composto por zonas estruturais que determinavam a conjuntura de toda a drenagem, sendo o Arco do Purus na direção NW-SE e as bacias do Solimões e Amazonas, na direção ENE-WSW. Segundo os autores, nesse momento o Arco do Purus funcionava como um verdadeiro divisor natural entre o rio Amazonas, que corria para o leste, e o rio Solimões que corria para o oeste.

Já durante o Mesozoico o sistema da rede de drenagem do Amazonas sofreu uma série de modificações por conta de alterações estruturais, todavia, sem alterar sua orientação.

Na era Cenozoica (que teve início há aproximadamente 65,5 milhões de anos e se estende até a atualidade) a bacia hidrográfica passou a sofrer significativas modificações graças ao soerguimento da Cadeia Andina e a propagação de falhas transcorrentes ao longo do eixo das bacias sedimentares do Solimões e do Amazonas. Essas alterações modificaram o relevo e a organização da rede de drenagem. O traçado do rio Amazonas adaptou-se completamente a essa nova conjuntura estrutural como podemos perceber ao

observarmos as abruptas inflexões que aparecem ao longo do seu curso (BEMERGUY; COSTA, 1991).

Sem sobra de dúvidas, o soerguimento dos Andes foi um “divisor de águas” na história da evolução do sistema fluvial amazônico. Roza (2004 apud MARQUES, 2017) associa o soerguimento da Cordilheira dos Andes ao final do período Cretáceo, passando pelo terciário chegando até o início do Quaternário. Ao longo de todo esse período a bacia sofreu intensas transformações, não apenas nos padrões de drenagem, mas também no clima e principalmente no regime sedimentológico.

Roza (2004) sugere quatro marcos evolutivos que podem ser associados à Amazônia:

1° - Terciário: Os rios que corriam ao norte da América do Sul corriam em direção ao Caribe, já no noroeste do continente os rios corriam em direção ao Oceano Pacífico em um padrão de drenagem conhecido como Sanozama com cabeceira na região do Arco do Purus; nesse período o Amazonas corria para leste.

2° - Neo-Oligoceno e início do Meso-Mioceno: A parte central da cordilheira andina (parte colombiana) delimitava um sistema fluvial com migração para leste, ao passo que se iniciava o soerguimento da porção oriental da cordilheira. Ao mesmo tempo, na parte intracratônica do Solimões-Amazonas desenvolvia uma drenagem com baixa sinuosidade com direção preferencial para noroeste. Pertenciam a essa drenagem os antigos afluentes do rio Orinoco e tinham como principal fonte de sedimentos o Escudo Cristalino das Guianas.

3° - Meso-Mioceno: O soerguimento da parte oriental da cordilheira andina modificou completamente o antigo rio Solimões-Amazonas, cujo padrão de drenagem e origem dos sedimentos passaram a ser NW.

4° - Entre o Neo-Mioceno e o Holoceno: Ergue-se ainda mais a parte oriental da cordilheira andina (parte venezuelana). O soerguimento da cadeia montanhosa aliado a queda no nível do mar provocou o fim da conexão do Amazonas com o Caribe, estabelecendo assim, um novo padrão de drenagem ao sistema fluvial amazônico, dessa vez com migração para oceano Atlântico.

Após essas quatro fases, a drenagem da bacia continuou sofrendo várias alterações, dessa vez associadas principalmente às oscilações climáticas que marcaram o limiar do Terciário com o Quaternário. Essas variações climáticas provocaram alterações no nível dos oceanos ao longo das eras glaciais e

interglaciais, o que também interferiu bastante na drenagem amazônica, visto que nos períodos glaciais os oceanos e mares sofreram uma diminuição natural do seu volume por conta do aumento das geleiras nos polos terrestres. Suguio (2010) afirma que há cerca de 18 mil anos (período do Último Máximo Glacial), o nível dos oceanos encontrava-se 80 a 130 metros abaixo do atual, nesse período as Plataformas Continentais estavam quase totalmente emersas (SUGUIO, 2010).

Por sua vez, o recuo do mar e o efeito da gravidade fizeram com que o rio Amazonas começasse a erodir e encaixar o seu leito com maior intensidade, ao passo que a declividade ao longo do seu perfil longitudinal só aumentava.

Figura 17: Variações do nível relativo do mar de cerca de 30.000 anos A.P.



Fonte: SUGUIO (2010).

Com o aumento no nível dos oceanos devido à elevação da temperatura térmica do planeta nos períodos interglaciais, os rios da bacia perderam velocidade, as bacias exorréicas passam a preencher os seus vales com seus próprios sedimentos, afogando-os, elevando, assim, seu nível de base e aumentando a área de transbordamento. Alguns dos principais rios da bacia não conseguiram até hoje colmatar completamente seus vales afogados, é o caso do rio Tapajós, Xingu e Negro, que, por serem rios com baixa velocidade, apresentam poucos sedimentos em suspensão, por isso os cursos inferiores desses rios apresentam profundidade e largura que não condiz com a quantidade de água transportada (JUNK, 1983).

Já os rios de águas barrentas como o Purus, Madeira e o próprio Amazonas, por transportarem grande quantidade de sedimentos, colmataram completamente seus vales, sendo a profundidade e largura dos seus leitos compatíveis com a quantidade de água transportada. Os leitos antigos desses

rios erodidos na última era glacial (há 18 mil anos) e preenchidos há cerca de 15 mil anos, acabaram se tornando planícies de alagação, que, por sua vez, são inundadas completamente periodicamente durante a cheia (JUNK, op. cit.).

Diante do exposto, conclui-se, que, tanto a gênese, quanto a atual configuração da bacia hidrográfica e do sistema fluvial amazônico, são resultados da interação de diversos fatores como clima, oscilação do nível oceânico, geologia, tectônica, erosão de margem e os processos deposicionais ao longo dos diferentes tempos geológicos.

3. Os tipos de rios da Amazônia

Ao examinarmos a evolução do sistema fluvial amazônico percebemos a importância de se considerar cada rio como produto único, derivado da interação de inúmeros fatores que sofreram intensas transformações ao longo dos períodos geológicos. Por exemplo, antes da evolução da Cordilheira dos Andes o rio Amazonas tinha como principal fonte de sedimentos o próprio cráton amazônico. Atualmente 90% dos sedimentos transportados pelo rio Amazonas são de origem andina (FIGUEIREDO et al. 2009; HOORN et al. 2010; MEADE, 2008).

Muitos são os fatores que determinam as características fisiográficas de um canal fluvial, como por exemplo: o ponto de origem, velocidade, capacidade de erosão, temperatura, composição química, gradiente, geologia e quantidade de sedimentos em suspensão entre outros. Baseado na classificação pela coloração, há de se considerar pelo menos três tipos de rios na bacia amazônica, são eles: rios de água branca (barrenta), rios de água clara (esverdeada) e os rios de água preta, praticamente os dois últimos não carregam material em suspensão (SIOLI, 1985).

QUADRO 5: TIPOS DE RIOS DA AMAZÔNIA.

Tipos de rios	Exemplos	Descrição
Rio de águas claras	 <p data-bbox="582 790 895 824">Rio Tapajós (foto) e Xingu.</p>	<p data-bbox="1002 349 1342 815">Caracterizam-se pela transparência o que lhes confere uma cor esverdeada. Tem suas nascentes no Planalto do Brasil Central (formação terciária). Por percorrerem um relevo muito antigo e com pouca declividade, os rios de águas claras possuem pouca força, o que faz com que tenham um baixo poder erosivo possuindo assim, poucos sedimentos em suspensão.</p>
Rios de águas pretas	 <p data-bbox="518 1283 954 1346">Rio Negro (foto), rio Preto da Eva, rio Urubu, rio Uatumã.</p>	<p data-bbox="1002 887 1342 1323">São rios menores que nascem geralmente no Planalto das Guianas ou no interior da própria floresta. Seu pH é elevado devido ao acúmulo de matéria orgânica. Seu poder erosivo é baixo o que faz com que transportem pouco material em suspensão. Sua coloração é fruto do acúmulo de ácidos oriundos da decomposição de material orgânico e da formação geológica.</p>
Rios de águas brancas	 <p data-bbox="571 1771 906 1834">Rio Madeira (foto), Solimões, Amazonas, Purus e Juruá.</p>	<p data-bbox="1002 1393 1342 1830">Esses rios possuem nascentes nas elevações Andina e pré-andina, regiões geologicamente recentes (mais altas), sujeitas a intensos processos erosivos, por esse motivo são rios que possuem forte gradiente, o que lhes confere um forte poder erosivo. Sua coloração se dá devido a elevada carga de sedimentos em suspensão, dando-lhes uma cor amarelada (turva).</p>

Fonte: JUNK (1983). Org.: O autor, 2019.

Por conta do seu elevado poder erosivo, os rios de água branca promovem naturalmente um intenso fluxo de sedimentos que modificam continuamente a paisagem por onde passam, o que faz desses rios os mais

relevantes para aqueles que buscam estudar as dinâmicas e processos fluviais, dentre eles o fenômeno das terras caídas. Também por esse motivo, faz-se necessário a compreensão das tendências que norteiam o regime sedimentológico do rio Amazonas próximo à área de estudo.

De um modo geral, os rios de água branca que percorrem a região amazônica apresentam um alto índice de magnésio - Mg e cálcio - Ca, as mesmas são neutras ou pouco ácidas com pH 6,5 a 7 (JUNK, 1983). Os principais sedimentos carregados por esses rios são: argila, silte e areia fina, que aproximadamente chega a 37 mg/L no período de seca e no período da cheia do Amazonas chega a 165 mg/L (SIOLI, 1984).

4. Regime hidrológico do rio Amazonas

Dados disponibilizados pela estação de monitoramento da Agência Nacional de Águas – ANA, localizada na sede do município de Parintins. A agência coleta dados de cotas médias diárias desde 1967, o que permitiu a verificação da distribuição mensal dos níveis máximos e mínimos anuais na região. Os dados referentes a vazão do rio Amazonas foram coletados no programa HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica.

TABELA 1: DISTRIBUIÇÃO DAS COTAS MÁXIMAS DO RIO AMAZONAS EM PARINTINS

Mês	Quantidade de vezes que atingiu a cota máxima
Junho	30
Maio	14
entre julho e agosto	2
Fonte: Agência Nacional de Águas (1967-2015). Org.: O autor, 2019.	

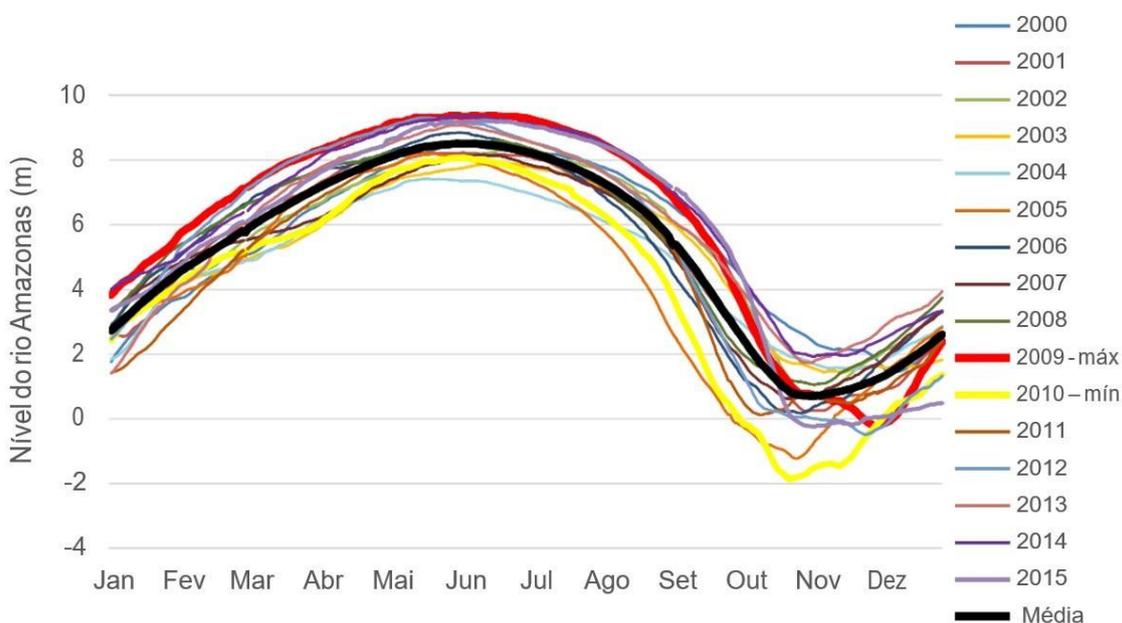
TABELA 2: DISTRIBUIÇÃO DAS COTAS MÍNIMAS DO RIO AMAZONAS EM PATINTINS

Mês	Quantidade de vezes que atingiu a cota mínimas
Novembro	22
Outubro	12
Janeiro	8
Dezembro	4
Setembro	1
Fonte: Agência Nacional de Águas (1967-2015). Org.: O autor, 2019.	

Observou-se que ao longo das últimas décadas que o rio Amazonas vem alcançando com mais frequência níveis extremos de enchentes e vazante. Cada vez mais o intervalo de tempo entre as cotas extremas vem diminuindo, o que faz com que casos que antes eram encarados como excepcionais passem a ser vistos como comuns.

Durante os últimos 17 anos na sede de Parintins, as maiores cotas ocorreram nos anos de 2009, 2012, 2014 e 2015, todas ficando com nível acima dos 9 m, enquanto que as menores atingiram valores negativos e ocorreram em 2005, 2012 e 2015 (figura 18).

Figura 18: Comportamento fluviométrico do rio Amazonas entre 2007 e 2015 em Parintins/AM



Fonte: Agência Nacional de Águas. Org.: O autor, 2019.

O comportamento dos níveis do rio nas últimas décadas, revela uma crescente tendência ao aumento de enchentes acima da cota dos 9 m. Já as vazantes alcançaram seus maiores níveis nos anos de 1997, 2005 e 2010.

Eventos extremos de vazante e cheia podem muitas vezes causar diversas implicações sociais às populações ribeirinhas. Em eventos extremos de cheias, por exemplo, quando ocorre o alagamento dos chamados leitos excepcionais, provocando alagamento de localidades em áreas de terra firme. Já os períodos de estiagem extrema fazem com que muitas vilas e comunidades fiquem isoladas.

Figura 19: Vazantes e cheias históricas no Amazonas.



A – Cheia histórica de 2015 atinge o centro histórico de Manaus; B – Cheia de 2015 atinge o município de Anamá; C – Cheia no Careiro da Várzea em 2019. Fonte: Rede Amazônica – Portal G1-AM; D – Vazante em Silves em 2005. Fonte: Jornal Acrítica; Portal Amazônia; G1-AM; Ana Cintia Gazzelli/WWF.

No que concerne ao regime de vazão, o rio Amazonas supera em muito os valores apresentados pelos rios de água preta e clara. O programa HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica, aponta que o volume da vazão do rio Amazonas, mesmo no período de estiagem, consegue superar os valores de vazão dos outros rios da região.

TABELA 3: DADOS DE VAZÃO E MATERIAL EM SUSPENSÃO EM RIOS AMAZÔNICOS.

Rio	Localidade	Data/ano Enchente	Vazão (m ³ /s) Enchente	Data/ano Vazante	Vazão (m ³ /s) Vazante	MES (mg/L) 12/2003
Solimões ¹	Manacapuru	17/05/2000	117.342	08/12/2003	75.285	167
Negro ²	Paricatuba	16/05/2000	45.709	09/12/2003	17.547	6,6
Madeira ¹	Foz	18/05/2000	33.450	11/12/2003	12.354	96,5
Amazonas ¹	Itacoatiara	03/06/2005	192.167	11/12/2003	107.845	87,0
Amazonas ¹	Parintins	17/06/2005	192.262	12/12/2003	107.393	81,7
Trombetas ²	Oriximiná	20/05/2000	17.447	13/12/2003	148	7,0

Rio	Localidade	Data/ano Enchente	Vazão (m ³ /s) Enchente	Data/ano Vazante	Vazão (m ³ /s) Enchente	MES (mg/l) 12/2003
Amazonas ¹	Óbidos	21/05/2000	206.117	16/12/2003	117.916	98,1
1 – água branca; 2 – água preta. Medições de vazão realizadas em 05/2000, 12/2003 e 06/2005. Fonte: HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. Org.: O autor, 2019.						

Os dados mostram que mesmo nos períodos de vazante, a vazão do rio Amazonas varia de 107.393 m³/s na estação de Parintins a até 117.916 m³/s na estação de Óbidos. Os técnicos do HiBAm indicam que nesse mesmo período, os rios Madeira e Negro representam apenas 26% da vazão total do rio Amazonas na estação de Óbidos.

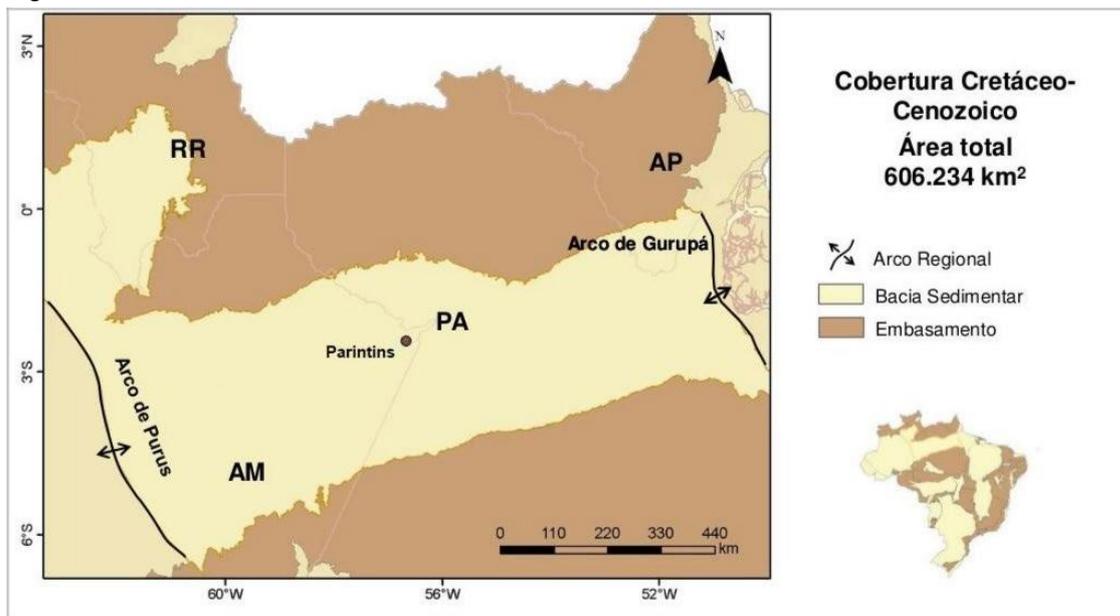
5. Geologia

Com uma área de aproximadamente 5.952 km², o município de Parintins está inserido na parte central da bacia do Amazonas, uma área de aproximadamente 606.234 km², em uma porção deprimida na parte norte do Brasil.

A bacia sedimentar do Amazonas caracteriza-se por ser uma bacia Paleozoica, intracratônica, tendo como limites naturais os arcos do Purus (N-S) e Gurupá (NNW-SSE), respectivamente a oeste e leste, o que lhe separa das bacias do Solimões e Marajó.

Segundo Silva (2005) a bacia do Amazonas comporta sequências sedimentares continentais, marinhas, marinhas rasas e fluviais, e rochas intrusivas.

Figura 20: Bacia Paleozoica Intracratônica do Amazonas.



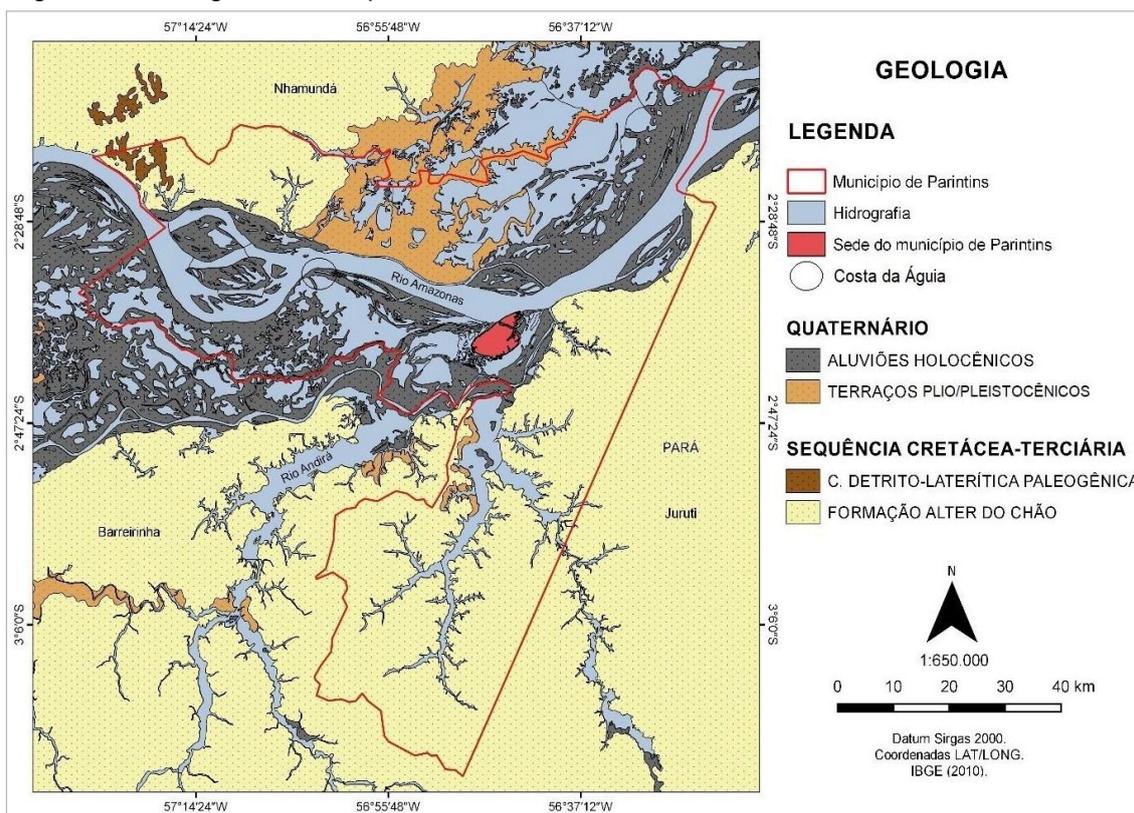
Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2011). Org.: O autor, 2019.

Na parte mais superficial, a bacia é composta por unidades morfoestruturais onde se destaca a Formação Alter do Chão, datada do final do Mesozoico (Cretáceo) estendendo-se pelo Terciário, composta por uma diversidade de arenitos e argilitos (incluindo caulins). Também se destacam os espessos depósitos holocênicos (quaternários) distribuídos ao longo da calha do rio Amazonas e seus afluentes (EIRAS et al. 1994).

Putzer (1984) associa a origem da bacia intracratônica do Amazonas a existência de uma possível zona de fraqueza dentro do escudo Pré-Cambriano, o que fez com que o mesmo se dividisse em dois, formando assim, a bacia do Amazonas.

Por sua vez, a Costa da Águia localiza-se no extremo leste da Enseada da Saracura na margem direita do rio Amazonas em uma concavidade meandrante com abertura para noroeste, que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, é composta por aluviões holocênicos.

Figura 21: Geologia do município de Parintins.



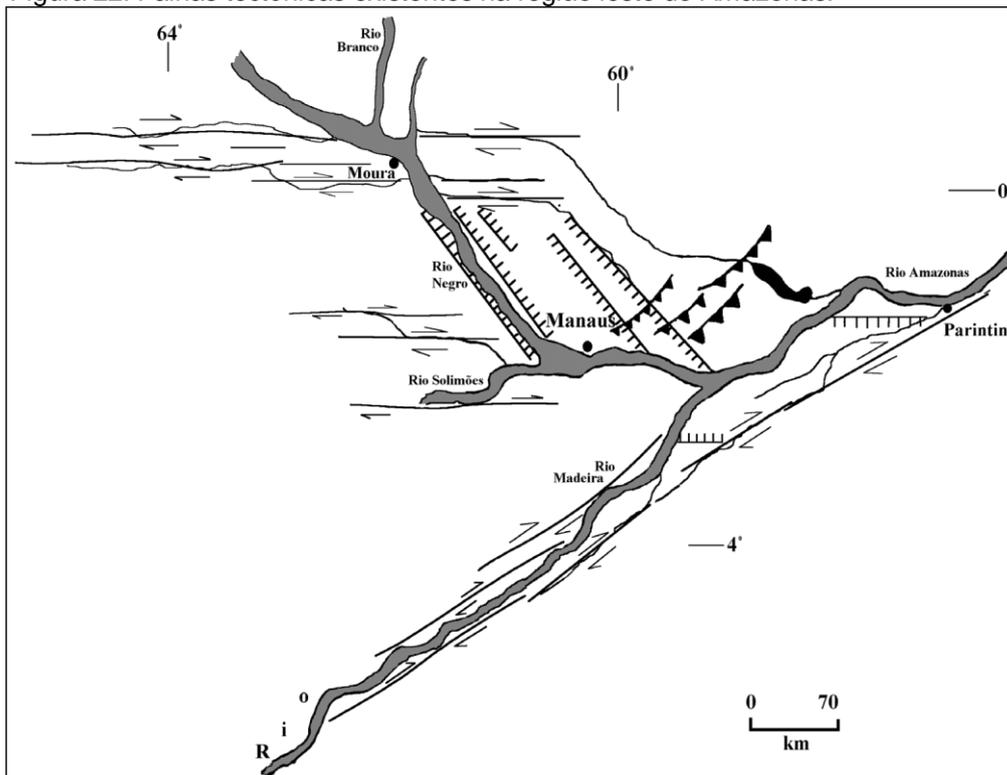
Fonte: IBGE (2013). Org.: O autor, 2019.

A região também é caracterizada pelo contato entre duas estruturas geológicas, sendo a parte norte (margem esquerda) composta material holocênico (próximo a margem) e terraços plio/pleistocênicos (Terciário), enquanto a parte sul (margem direita) é composta por aluviões holocênicos (Quaternário).

6. Tectônica

De acordo com Costa et al. (2008) a estrutura da área onde se localiza o município de Parintins é caracterizada pela presença de meso-estruturas com falhas de direção preferencial NE-SW compondo dois feixes que se ligam através de falhas normais de direção E-W, e que configuram o grande Lineamento Tupinambarana. Por sua vez, essas falhas formam um romboedro transtensivo que acolhe extensos depósitos do Quaternário, controla o traçado do rio Amazonas e encaixa o rio Madeira. A figura 22 mostra as principais falhas geológicas existente nessa região, sobretudo a falha do Madeira que alcança as proximidades do município de Parintins-AM passando pelo Paraná do Ramos (COSTA et al. 2008).

Figura 22: Falhas tectônicas existentes na região leste do Amazonas.



Fonte: COSTA et al. (2008).

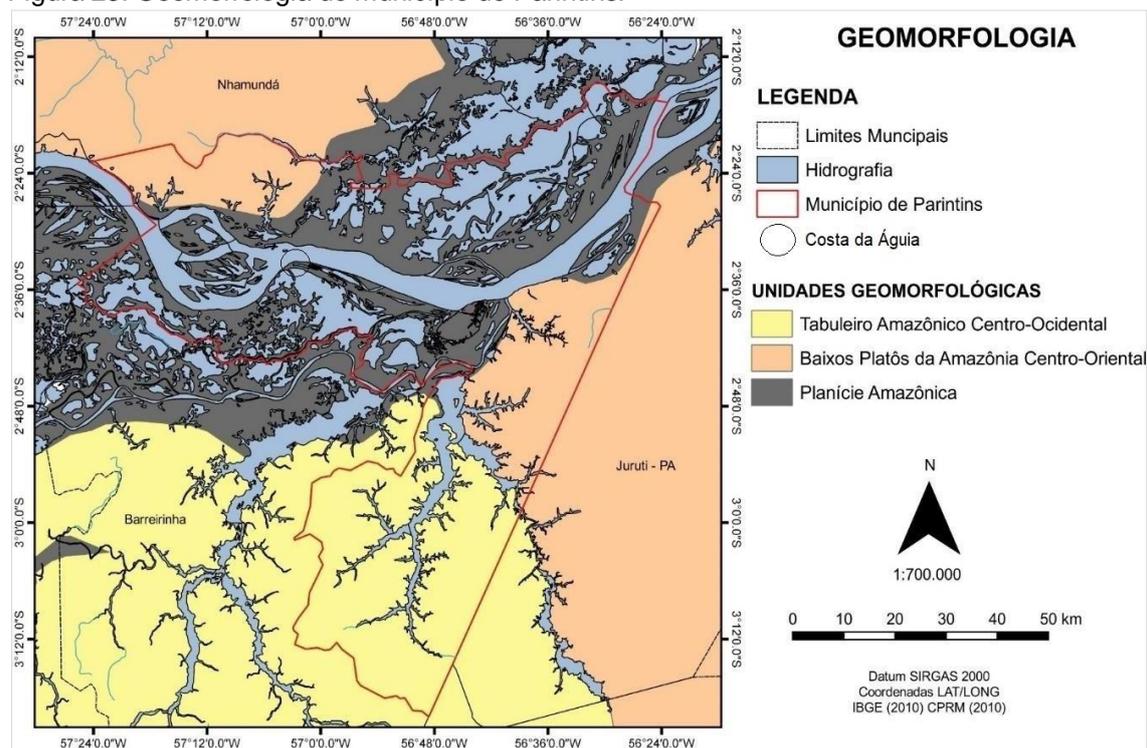
A Costa da Águia está inserida em uma zona cuja falha geológica controla tanto o rio, quanto o seu complexo sistema flúvio-lacustre composto por ilhas, lagos, canais, furos e paranás. A região também é marcada pelo cruzamento de *trends* estruturais e grandes lineamentos (IGREJA et al. 2010).

7. Geomorfologia

Analisando as folhas SA-21-Santarém compartimentada na folha SA-21-Z-A, Nascimento, Mauro e Garcia (1976) classificam a região de Parintins nos seguintes compartimentos: Planalto Rebaixado da Amazônia, Planície Amazônica e Planalto Dissecado Rio Trombetas/Rio Negro.

A região da Costa da Águia situa-se na Planície do rio Amazonas (ROSS, 2004), área correspondente ao Domínio Morfoclimático Amazônico das Terras Baixas (AB'SABER, 2003).

Figura 23: Geomorfologia do município de Parintins.



Fonte: CPRM (2010); IBGE (2013). Org.: O autor, 2019.

A Planície Amazônica representa uma área alongada que se estende na Folha SA-21-Z-Parintins no sentido E-W, tendo o rio Amazonas como seu eixo principal (MARQUES, 2017). Pode ser classificada em planícies de inundação e terraços fluviais, esses últimos geralmente muito amplos, podendo apresentar dezenas de quilômetros de largura que ocorrem na maioria das vezes ao longo dos principais canais da bacia hidrográfica dos rios Negro-Solimões e Amazonas. As planícies e os terraços fluviais consistem nas únicas zonas deposicionais atualmente ativas na Amazônia (CPRM, 2010).

A partir dos parâmetros hidrológicos de Nascimento, Mauro e Garcia (1976), podemos classificar a planície quaternária do rio Amazonas como “planície fluvial alagada” e “planície inundável”. Nessa mesma linha de pensamento Marques (2017) aponta que:

[...] várzea baixa corresponde a “planície fluvial alagada”, que em condições consideradas normais do regime hidrológico do rio Amazonas, começa a ser transbordada nos três primeiros meses do ano, enquanto que a várzea alta foi classificada como “planície inundável”, cujo transbordamento total pelas águas do rio só acontece durante as grandes enchentes (MARQUES, 2017, p. 68).

Ab'Saber (2002) argumenta que:

O Amazonas permanece centralizado no meio da grande planície que construiu ou (re) elaborou no decorrer do Holoceno. O rio se destaca bem no meio das terras baixas, parcialmente submersíveis, embutidas entre tabuleiros. Sem a planície aluvial, o rio tem de quatro a seis quilômetros de largura; a planície que ele elaborou por processos hidrogeomorfológicos possui de 14 a 35 quilômetros de extensão lateral. Trata-se de um mosaico terra -água labiríntico, extremamente diversificado (AB'SABER, 2002, p. 9).

Iriondo (1982) a partir de uma descrição genética, considera a planície fluvial amazônica como uma faixa deprimida pela qual corre o rio, e que abriga os espessos depósitos de sedimentos aluviais, formando assim as várzeas que permeiam as margens do grande rio Amazonas. Vale salientar que as várzeas amazônicas se caracterizam pela notável diversidade morfológica, reflexo principalmente dos diversos tipos de sedimentação aluvial.

Entende-se, pois, que, a Planície Amazônica é formada por sedimentos atuais e subatuais, que, por sua vez, compõem tanto os terraços fluviais datados do Pleistoceno Superior, quanto a planície de inundação datada do Holoceno, resultando assim em uma diversidade de formas deposicionais, o que justifica a ocorrência de furos, áreas de acreção em barras de pontal, planícies de decantação, ilhas fluviais, barras arenosas, lagos e diques marginais (CPRM, 2010).

8. Regime climático

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), o clima da Amazônia pode ser classificado como Equatorial Quente e Quente Super Úmido, sendo esse último o clima característico do município de Parintins. Essa conjuntura climática se deve pelo fato de a região estar localizada na Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, uma zona de baixa pressão caracterizada pela convergência dos ventos alísios vindos de zonas de alta pressão e que trazem continuamente umidade para a bacia. O clima Equatorial abrange uma parte significativa do território brasileiro, englobando principalmente a região da Floresta Amazônica (IBGE, 2010).

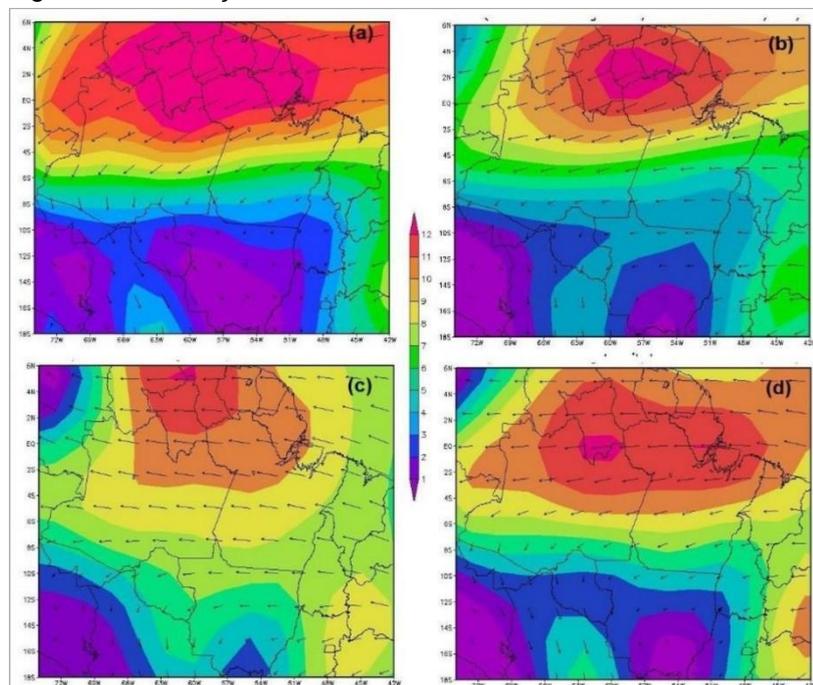
Figura 24: Os tipos climáticos brasileiros.



Fonte: IBGE (2006).

Os ventos alísios que circulam na baixa troposfera na região amazônica são oriundos do Atlântico Equatorial que adentram na Amazônia e se movem em sentido anti-horário para leste da Cordilheira dos Andes (NOBRE et al. 2009).

Figura 25: Circulação atmosférica sobre a bacia Amazônica.



Legenda: (a) dez, jan, fev. (b) mar, abr, mai. (c) jun, jul, ago. (d) set, out, nov. Fonte: NCEP/NCAR.

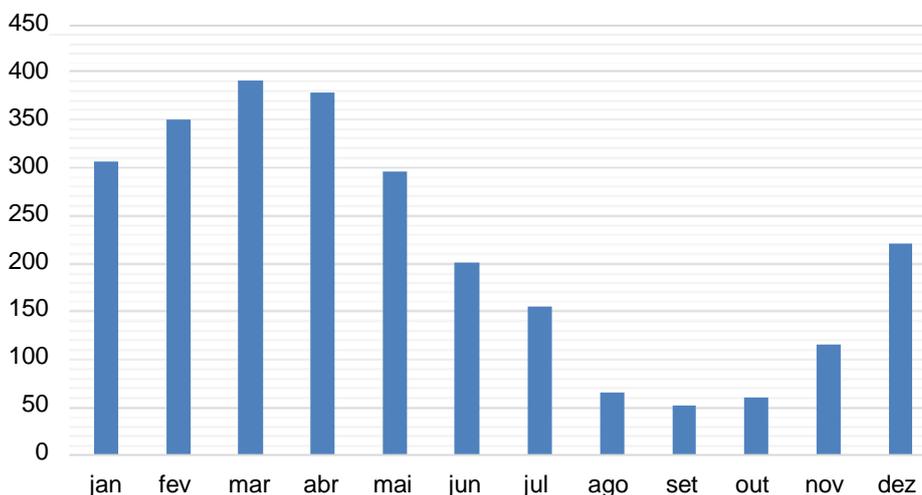
A circulação atmosférica na bacia (figura 25) mostra que os ventos alísios ao encontrarem os Andes, mudam de direção provocando o deslocamento das

nuvens para oeste até seu barramento pela cordilheira andina, o que justifica os elevados índices pluviométricos no oeste da bacia Amazônica.

As nuvens carregadas de umidade no centro-oeste da bacia formam uma massa de ar denominada de Massa Equatorial Continental – mEc. Essa massa de ar possui uma temperatura elevada, e atua principalmente na zona de baixa pressão da Amazônia Ocidental. Essa massa é a grande responsável pelo intenso nível de pluviosidade nos meses de março e abril sobre a Amazônia Central. Esses ventos de chuva adentram no município de Parintins por volta dos primeiros seis meses do ano, com direção preferencialmente de nordeste, e nos demais meses, de leste.

Com base nos dados disponibilizados pela estação do Instituto de Meteorologia – INMET, localizada na sede do município de Parintins, elaboramos uma série histórica entre 1985 e 2015 para mostrar a média de precipitação na área de estudo. De antemão, podemos afirmar com base nos dados que o município de Parintins apresenta uma precipitação média superior a 2.000 mm/ano.

Figura 26: Média mensal de chuvas em Parintins entre 1985 e 2015. Precipitação (mm).



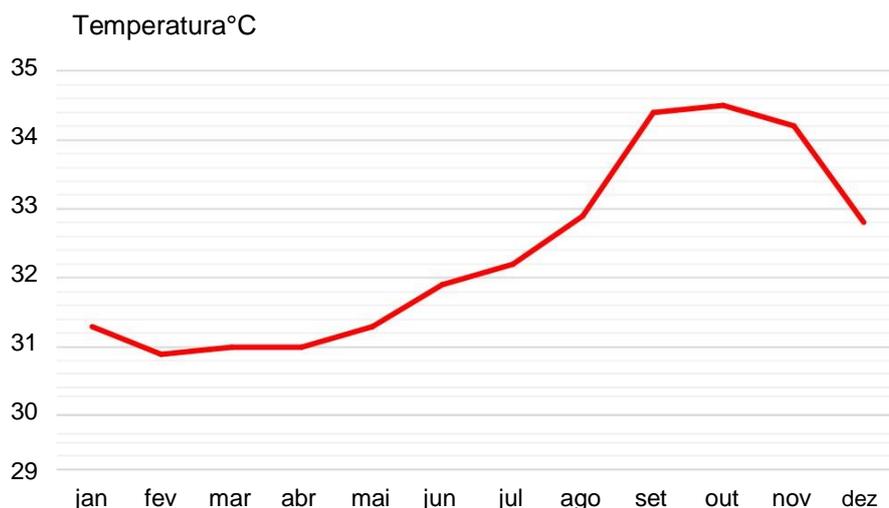
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org.: O autor, 2019.

Constata-se no gráfico acima que o período chuvoso tem seu início no mês de novembro e se intensifica entre janeiro e abril, alcançando o máximo no mês de março, quando se registrou uma média superior a 300 mm/mês, enquanto que os períodos com as menores médias começam em maio e

alcançam a mínima entre os meses de setembro e outubro, quando se registram valores com médias em torno de 70 mm/mês.

Utilizando o mesmo período da série anterior, verificou-se que as médias de temperatura do ar no município de Parintins ficaram em torno de 32,3°C, onde os maiores valores foram atingidos entre os meses de setembro e outubro.

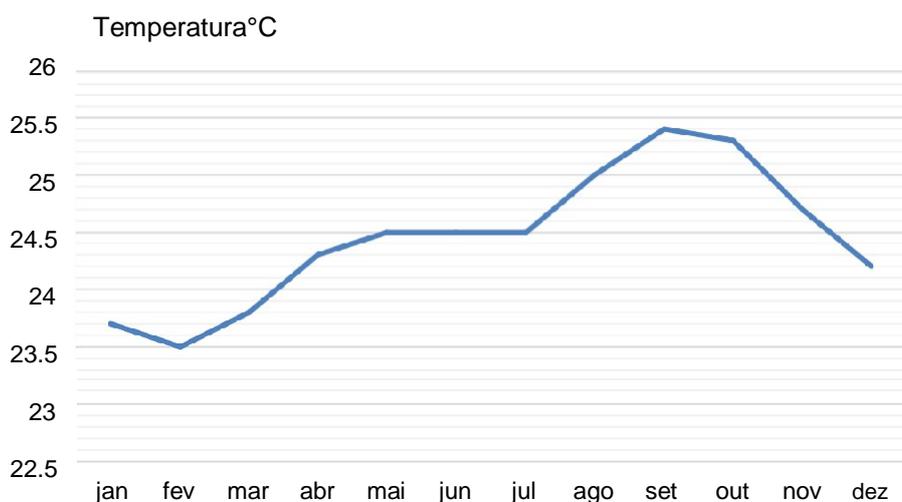
Figura 27: Variação mensal da temperatura máxima em Parintins (1985-2015).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org.: O autor, 2019.

Já a média das mínimas foi de 24,4°C, com os menores valores incidindo nos meses de fevereiro, março e abril.

Figura 28: Variação mensal da temperatura mínimas em Parintins (1985-2015).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org.: O autor, 2019.

Vale ressaltar que em 2007, ano em que ocorreu o Evento Saracura da Costa da Águia, a região amazônica sofreu oscilações climáticas

desencadeadas pelo El Niño, um fenômeno provocado pelo aquecimento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial, fazendo com que o nível de precipitação do leste da Amazônia fosse reduzido consideravelmente (MOLION, 2006).

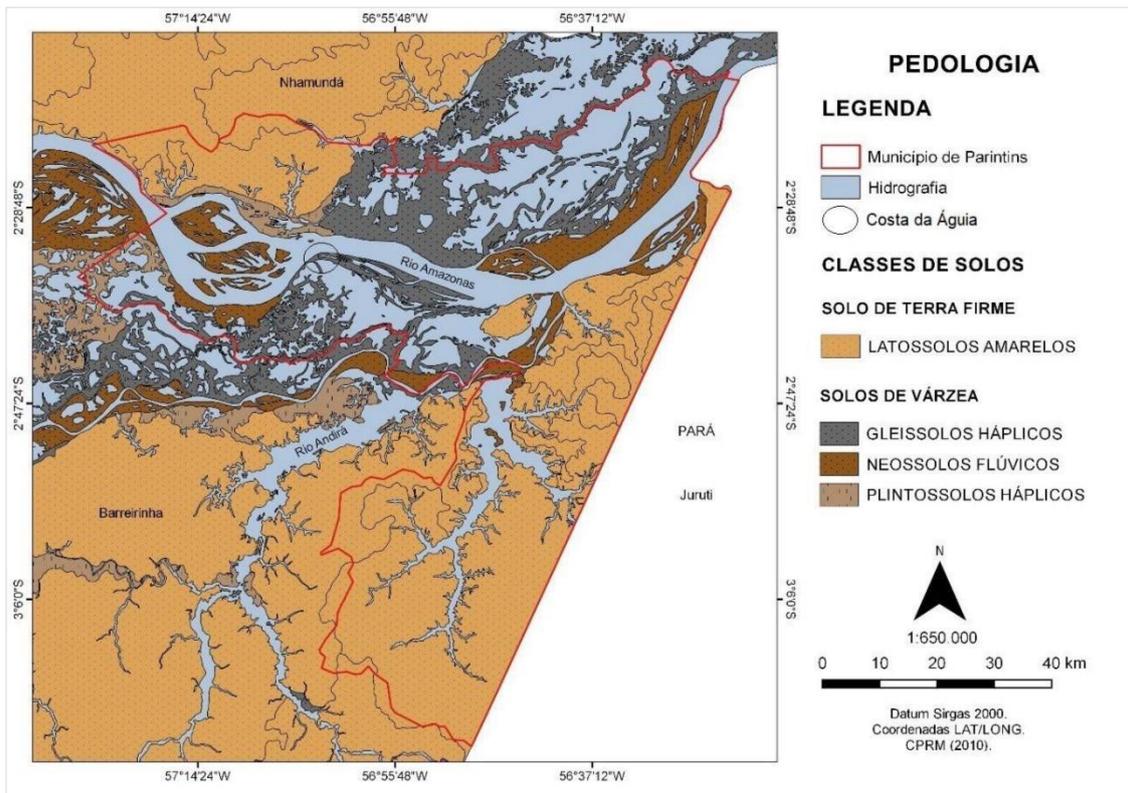
9. Pedologia

A folha SA-21 Santarém do Projeto Radam Brasil procurou estabelecer uma classificação para os solos amazônicos. Essa classificação foi realizada com base em amostras coletadas em campo e pelos resultados de laboratório. A partir do resultado, foram identificadas as seguintes unidades taxonômicas: Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, Podzóico Vermelho Amarelo, Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Areias Quartzosas Distróficas, Areias Quartzosas Hidromórficas Distróficas, Solos Hidromórficos Gleyzados Eutróficos, Laterita Hidromórfica Distrófica, Solos Aluviais Eutróficos, Solos Litólicos Distróficos e Depósito Areno Fluviais.

No Estado do Amazonas, a Companhia de Pesquisa e Recursos Naturais – CPRM (2010), procurou identificar os principais tipos de solo estimando sua porcentagem, bem como a área de ocorrência. As principais classes de solos identificadas foram: Argilosos 45%, Latossolos 26%, Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos 9%, Espodossolos 7%, Plintossolos 3,5% (CPRM, 2010).

Com bases nesses levantamentos, os principais solos que podem ser encontrados no município de Parintins são: Latossolos Amarelos, Gleissolos Háplicos, Neossolos Flúvicos e Plintossolos Háplicos (figura 29).

Figura 29: Pedologia do município de Parintins.



Fonte: CPRM (2010). Org.: O autor, 2019.

Já a Costa da Águia (figura 30), caracteriza-se por ser uma várzea baixa, frágil, subsidente, formada principalmente por feixes de cinturões holocênicos, incoesos, trazidos pelo próprio rio.

Figura 30: Margem na Costa da Águia.



Foto: O autor, 2029.

A análise granulométrica de um perfil coletado na própria margem, revela uma predominância de material franco siltoso, conforme mostra a tabela 4.

TABELA 4: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS AVALIADOS.

Horizonte	Prof. (cm)	Densidade do solo	Argila	Silte	Areia	Classe Textural
		g/cm ³	-----%-----			
A	0 - 2	0,89	10,5	67,95	21,55	Franco siltosa
C1	2 - 45	0,90	5,5	73,8	28,5	Franco siltosa
C2	45 - 58	-	5,5	79,1	15,4	Franco siltosa
Cg	58 - 69	-	23	73,8	3,2	Franco siltosa
Cg2	69 - 85	-	25,5	71,05	3,45	Franco siltosa
Cg3	85 - 102	-	28	70,6	1,4	Franco argilo siltosa
Cg4	105 - 150	1,04	30,5	68,15	1,35	Franco argilo siltosa

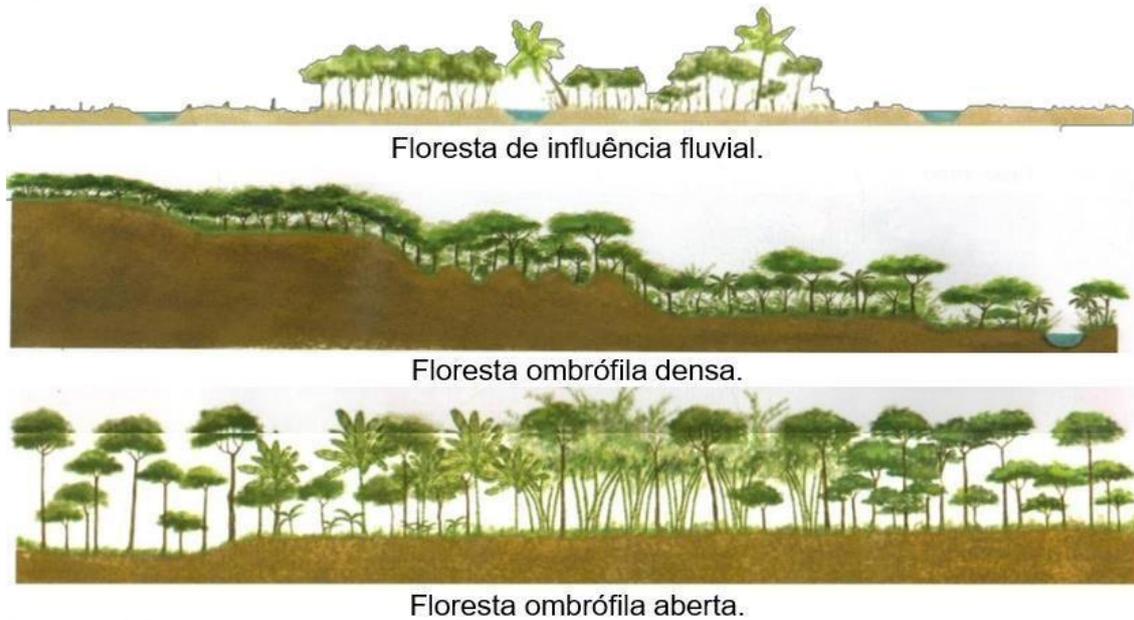
Org.: O autor, 2019.

Em linhas gerais a região é composta por Gleissolos Háplicos, solos minerais e hidromórficos, que apresentam horizonte A (mineral) ou H (orgânico), seguido de um horizonte de cor cinzento chamado glei, derivado das modificações sofridas pelos óxidos de ferro existentes no solo (redução) em condições de encharcamento. O horizonte glei pode começar a 40 cm da superfície. São solos que podem apresentar diversas texturas ao longo do seu perfil. Geralmente os solos do tipo glei estão localizados em áreas de várzea, normalmente em relevo plano o que permite o acúmulo de água durante todo o ano ou na maior parte dele (EMBRAPA, 2013).

10. Vegetação

O município de Parintins apresenta dois tipos principais de vegetação, são eles: a floresta existente na própria planície fluvial que preenche as formações holocênicas localizadas próximo às margens do rio Amazonas; e as formações de florestas da terra firme, que, em geral, são ombrófilas densas ou abertas e localizadas sobre os terraços Quaternários e platôs Terciários (figura 31).

Figura 31: Fisiografia da vegetação de várzea e terra firme.



Fonte: IBGE (2009).

Analisando a Folha SA.21-Santanrém percebe-se que a Costa da Águia apresenta uma vegetação de influência fluvial edáfica, ou seja, resultam da decomposição de material aluvionar, variando sua composição conforme o tipo de material transportado e depositado. Coêlho et al. (1976) ao caracterizar essa vegetação, aponta para a incidência de espécies mais evoluídas nas áreas onde predomina argila, em virtude da maior riqueza de nutrientes no solo.

Figura 32: Vegetação na Costa da Águia.



Foto: O autor, 2019.

Já nos terraços antigos e resses e platôs Terciários, predominam as florestas densas com dois estratos distintos: um emergente e outro uniforme. As principais espécies emergentes na região são: *Dinizzia excelsa*, *Bertholletia excelsa* e *Cedrellinga catanaeformis*. Quanto ao estrato uniforme, é caracterizado por *Manilkara*, *Protuim* e *Pouteria*. Estas florestas apresentam espécies de grande valor comercial madeireiro (COÊLHO et al. op. cit.).

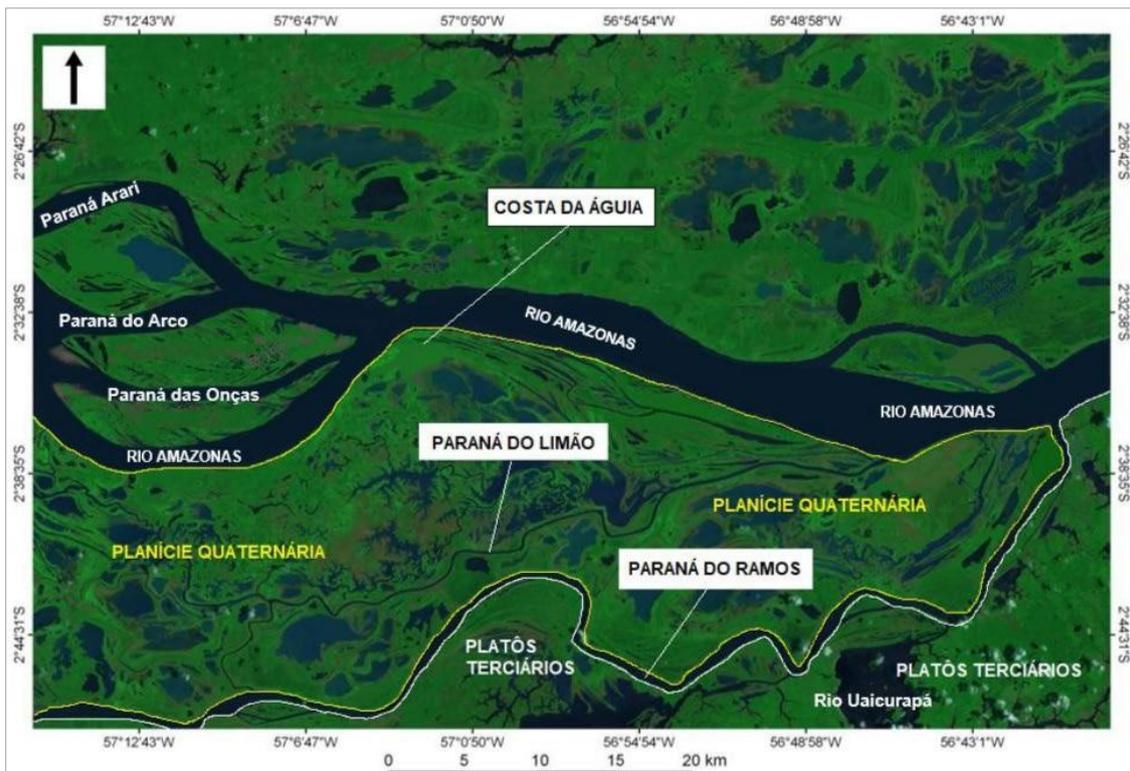
Já na várzea destacam-se as seguintes espécies: marizeiro (*Geoffroea striata*), embaúba (*Cecropia*), munguba (*Pseudobombax munguba*), aninga (*Montrichardia linifera*) e canarana (*Hymenachne applexicauli*). Na terra firme, algumas das espécies mais comuns são: seringueira (*Havea brasilienses*), castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*), maçaranduba (*M. huberi*), itaúba (*Mezilaurus itauba*), andiroba (*Carapa guianenses*), copaíba (*Copaifera*) e cedro (*Cedrella odorata*) (COÊLHO et al. op. cit.).

11. Aspectos hidrográficos

As margens do rio Amazonas delimitam dois grandes sistemas fluviais, um ao norte e outro ao sul do município de Parintins. A margem esquerda limita uma planície de inundação formada desde a confluência do rio Amazonas com a foz do rio Nhamundá. Pela margem direita, a planície quaternária e os platôs terciários são delimitados pelo paraná do Ramos (MARQUES, 2017).

Mais ao Sul do paraná do Ramos, a terra firme compreende formações terciárias que comportam áreas drenadas pelas bacias do rio Uaicurapá, Mamuru, Tracajá e Zé Açú. O paraná do Ramos recebe a maior parte do volume desses rios desaguando a jusante da cidade de Parintins (MARQUES, 2017).

Figura 33: Características da drenagem próxima a Costa da Águia.



Fonte: LANDSAT-7: DGI, INPE, 2007; Google Earth, 2016. Org.: O autor, 2019.

A Comunidade da Costa da Águia encontra-se no extremo leste da Enseada da Saracura, em uma concavidade meandrante com abertura para nordeste inserida em planície fluvial alagada constituída por um complexo de ilhas, lagos, canais, furos e paranás dentre outras feições, que ficam periodicamente alagadas ou expostas de acordo com o movimento ascendente e descendente do nível das águas. À montante da área afetada podemos perceber a presença de uma variedade de processos fluviais, principalmente deposicionais, o que fez com que o rio Amazonas se bifurque, todavia, ao chegar na Costa da Águia o rio novamente se entrelaça, provocando assim, o aumento da velocidade do canal, intensificando sua capacidade erosiva, tanto lateral, quanto vertical, principalmente à jusante da área afetada.

CAPÍTULO III – FUNDAMENTAÇÃO TEORICO-METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

O presente capítulo apresentará a fundamentação teórico-metodológica da pesquisa, assim como os procedimentos técnicos empregados. Na fundamentação teórico-metodológica, destaca-se a paisagem como categoria de análise e a percepção sistêmica como forma de interpretação do ambiente fluvial. Dentre os procedimentos técnicos, destacam-se a batimetria, análise granulométrica do solo, o uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e interpretação de imagens de satélite e dados de SRTM.

1. Fundamentação teórico-metodológica

1.1 A abordagem sistêmica

Foi em um seminário de Filosofia em Chicago no ano de 1937 que o biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy apresentou ao mundo a sua Teoria Geral dos Sistemas (TGS). O autor lança as bases de sua teoria salientando que:

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1973, p. 53).

Bertalanffy nos apresenta o esgotamento do modelo cartesiano que norteava a ciência clássica até então. O autor propunha uma metodologia que objetivasse o estudo integrado dos fenômenos que compunham a realidade que se mostrava cada vez mais complexa, em detrimento de uma óptica reducionista e fragmentada. Nessa perspectiva Bertalanffy justifica que:

A necessidade resultou do fato do esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes ter se mostrado insuficiente para atender aos problemas teóricos, especialmente nas ciências bio-sociais, e os problemas práticos propostos pela moderna tecnologia. A viabilidade resultou de várias novas criações – teóricas, epistemológicas, matemáticas, etc. – que, embora ainda no começo, tornaram progressivamente realizável o enfoque dos sistemas (BERTALANFFY, 1973, p. 29).

A partir daí, a realidade passa então a ser vista como “um conjunto de partes interagentes e interdependentes que, conjuntamente, formam um todo unitário com determinado objetivo e efetuam determinada função” (OLIVEIRA, 2002, p. 35).

Alvarez (1990), define um sistema como um:

[...] conjunto de elementos interdependentes que interagem com objetivos comuns formando um todo, e onde cada um dos elementos componentes comporta-se, por sua vez, como um sistema cujo resultado é maior do que o resultado que as unidades poderiam ter se funcionassem independentemente. Qualquer conjunto de partes unidas entre si pode ser considerado um sistema, desde que as relações entre as partes e o comportamento do todo sejam o foco de atenção (ALVAREZ, 1990, p. 16).

Branco (1989) afirma que a interpretação da natureza deve ser feita a partir de uma visão abrangente que escapa da lógica reducionista, em suas palavras, “o todo deve ser considerado como sendo algo mais que a simples soma das partes, e a fragmentação do objeto implica num obscurecimento das relações de interdependência entre as partes de um todo (BRANCO, 1989, p. 27).

A partir de então, os diversos ramos científicos passam a acoplar o conceito sistêmico às delimitações de seus objetos de estudo. Na Geografia, por exemplo, surge o conceito de geossistema, já os biólogos passam a utilizar o conceito de ecossistema, assim como o corpo humano passa a ser visto pela Medicina como um organismo composto por subsistemas em constante interação, e assim por diante (BRANCO, 1989).

1.2 A inserção da abordagem sistêmica na Geografia Física

A abordagem sistêmica foi perfeitamente aderida como método de pesquisa pela ciência geográfica, principalmente pela Geografia Física.

Segundo Neto (2008):

A concepção sistêmica em Geografia, pode ser detectada já nos primórdios de sua sistematização por Humboldt no final do século XVIII, o qual, por intermédio do conceito de *Landschaft*, considerava o meio geográfico em sua totalidade, funcionando mediante as interações vigentes entre seus componentes, delineando-se assim as primeiras rupturas com o paradigma mecanicista e reducionista na interpretação do meio (NETO, 2008, p. 7).

Neto (2008) faz menção a uma passagem onde o próprio Humboldt (1808) refere-se ao universo a partir da visão sistêmica, discutindo a paisagem com base nos elementos físicos em interação com às organizações humanas ao longo da história:

[...] o mundo físico se reflete no mais íntimo do nosso ser, em toda a sua verdade. Tudo quanto dá caráter individual a uma paisagem: o contorno das montanhas que limitam o horizonte num longínquo indeciso, a escuridão dos bosques de pinheiros, a corrente que se escapa de entre as selvas e bate com estrépito nas rochas suspensas, cada uma destas coisas tem existido, em todos os tempos, em misteriosas relações com a vida íntima dos homens (HUMBOLDT, 1808, p. 212).

Todavia, foi a partir de 1935, com o surgimento do conceito de ecossistema, a abordagem sistêmica ganha força na Geografia Física, sendo então incorporada definitivamente em 1971 com a obra - *Physical Geography: a system approach* - de Chorley e Kennedy, seguindo a partir daí indiscutivelmente como uma das principais metodologias que norteiam o âmbito da pesquisa em Geografia Física (GREGORY, 1992).

Foi uma questão de tempo para a Geografia formular seu próprio conceito adaptando a percepção sistêmica ao seu objeto. É então que entre os muros da Escola Soviética, surge em 1962, o conceito de geossistema por Viktor Borisovich Sochava.

Segundo Sochava (1978, p. 292) um geossistema “é uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana”.

Embora muito se associe a gênese do conceito de geossistema ao meio físicos, Sochava ao formular o conceito, tinha em vista o reconhecimento de uma conexão real entre os elementos físicos e humanos.

Troppmair e Galina (2006) definem geossistema como:

[...] um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem. Pela ação antrópica poderão ocorrer pequenas alterações no sistema, afetando algumas de suas características, porém estes serão perceptíveis apenas em micro-escala e nunca com tal intensidade que o Geossistema seja totalmente transformado, descaracterizado ou condenada a desaparecer (TROPPEMAIR; GALINA, 2006, p. 81).

A partir das revoluções industriais, o avanço da cibernética e o advento da globalização, a realidade torna-se cada vez mais complexa, novas formas de

interação entre o homem e a natureza são evidenciadas, os resultados fragmentados das ciências a respeito da complexa realidade se revelam cada vez mais insuficientes, tornou-se necessária uma visão interdisciplinar da realidade, uma nova forma de interpretação da realidade, uma nova visão de mundo (WEBER, 1967).

Vale salientar que, se olharmos por esse ponto de vista, podemos dizer que a Geografia leva uma vantagem natural em relação a outras ciências, pois tem como um de seus objetivos a produção de uma análise sintética da Terra (GOMES, 1996).

É então que, a partir da década de 60 com o advento da Teoria Geral de Sistemas, o espaço passa a ser compreendido definitivamente como um conjunto estruturado de objetos e atributos, no qual as inter-relações estruturais e funcionais criam uma inteireza que não se encontraria quando desagregadas.

Nesse contexto Christofolletti (1999) acredita que o geossistema passa a ser o principal objeto de trabalho da Geografia Física e representaria uma organização espacial resultante da integração dos elementos e componentes físicos da natureza, possuindo assim expressão espacial, funcionando por meio dos fluxos de matéria e energia (CHRISTOFOLETTI, 1999).

1.3 A Geomorfologia e a abordagem sistêmica

A abordagem sistêmica das manifestações geográficas constitui um método de grande valia para o estudo do meio físico, nesse sentido, o método sistêmico encontrou um vasto campo de aplicação nos estudos ambientais, entre eles aqueles sob a alçada da Geografia Física e da Geomorfologia (NETO, 2008).

Chorley (1962) acredita que a Geomorfologia não teve dificuldade de absorver a Teoria Geral dos Sistemas como metodologia.

Os primeiros trabalhos interpretativos com bases sistêmicas dentro da Geomorfologia podem ser vistos na Teoria do Ciclo Geográfico de William Davis (1899), onde o mesmo considera, ainda sob uma óptica de um sistema fechado, o relevo comandado por agentes endógenos responsáveis pelo soerguimento do volume crustal, e por fatores exógenos encarregados de arrasar paulatinamente o modelado até as condições de peneplanície (PEREZ FILHO, 2003).

Outros autores como Howard (1973) entendem que o equilíbrio dos sistemas geomorfológicos funciona a partir do ajustamento completo das variáveis internas em face às condições externas.

Partir disso muitos outros autores também aplicaram o método sistêmico em seus trabalhos de geomorfologia, dentre eles destacam-se: Chorley (1962); Chorley e Kennedy (1971); Howard (1973); Christofolletti (1979, 1987, 1999); Chorley e Hagget (1975); Schumm (1977); Hagget (1979).

Trazendo essa perspectiva para o âmbito da Geomorfologia Fluvial, passamos a entender que os rios, ao serem considerados como agentes modeladores do relevo terrestre, alteram conseqüentemente a paisagem por onde passam (ARAÚJO, 2017). Além disso, própria evolução dos sistemas de drenagens ao longo do tempo está diretamente relacionada à própria compreensão evolutiva da paisagem (SILVA; SANTOS, 2010).

1.4 A paisagem como categoria de análise

Segundo Vitte (2007) a paisagem é um conceito que apresenta diversos significados (polissemia), isso porque sua utilização e concepção passaram por diversas alterações ao longo do desenvolvimento dos sistemas técnicos no decorrer da história.

Porém, para a Geografia o conceito de paisagem trata-se de uma categoria chave, não apenas por se tratar de uma categoria de análise essencial para se entender o espaço, mas também por se tratar de um dos objetos de estudo da própria ciência geográfica. Segundo Vitte (2007) o conceito de paisagem nos remete a uma reflexão sobre os fundamentos do conhecimento geográfico como projeto da modernidade. Por outro lado, o conceito de paisagem na Geografia, fortalece ainda mais o debate sobre a complexidade da abordagem integrada entre os objetos da natureza e a cultura nas ciências sociais.

Nesse sentido Troppmair (2004) afirma que: “a estrutura, as interrelações e a dinâmica que ocorrem em determinada área [...], dão a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem, que se apresenta como unidade real e integrada” (TROPPMAIR, 2004, p. 9). Logo, a própria paisagem seria “um fato concreto, um termo fundamental e de importante significado para a Geografia, pois a paisagem é a própria fisionomia do geossistema” (TROPPMAIR, 2004, p. 9).

Para Bertrand (1971) “estudar uma paisagem é antes de tudo apresentar um problema de método” (BERTAND, 1971, p. 2), nesse sentido até aqui a percepção sistêmica se apresenta como o melhor método, visto que:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1971, p. 2).

Santos (1988) afirma que a paisagem é um recorte em constante mudança, por ser resultado de adições e subtrações sucessivas e constantes. O autor acrescenta que a paisagem seria uma espécie de marca da história do trabalho anterior a que esta foi submetida.

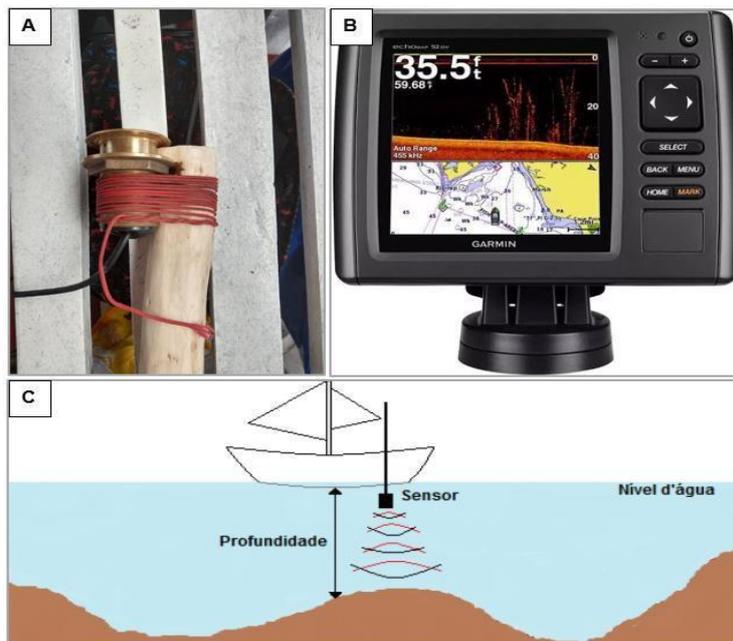
Por fim, pode-se dizer que a paisagem como categoria de análise da Geografia, detém todos os requisitos necessários para a compreensão do sistema fluvial, na medida em que nos possibilita estudar o ambiente fluvial em sua totalidade (passado e presente) a partir de uma perspectiva integrada dos elementos que o compõem, o que nos permite fazer uma associação das dinâmicas físicas às implicações oriundas da ação antrópica.

2. Procedimentos técnico-metodológicos

2.1 Medições batimétricas do rio Amazonas

Para o mapeamento do leito do rio Amazonas foram produzidos perfis transversais e longitudinal a partir de dados coletados por meio de um ecobatímetro digital da marca GPS/sonar Garmin Echomap 52dv. A escolha dos trechos para as batimetrias foi feita a partir da localização da Costa da Águia. Utilizou-se uma embarcação de pequeno porte, onde em sua lateral foi instalada uma peça de madeira na posição vertical para que o sensor do aparelho fosse submerso a uma profundidade de aproximadamente 40 cm.

Figura 34: Equipamento utilizado na batimetria.



A – Haste de madeira com o sensor amarrado; B – Ecobatímetro Garmin Echomap 52dv; C – Aquisição dos dados batimétricos. Fonte: ARAÚJO (2017). Org.: O autor, 2019.

A velocidade da embarcação variou entre 5 e 6 Km/h, onde a cada 10 segundos se registrava em uma caderneta de campo os dados de profundidade do rio mostrados no monitor do aparelho.

As medições batimétricas foram realizadas em frente a Costa da Águia no dia 09/02/2018, quando o rio estava no início da estação da cheia, com o nível de 7,12 m.

O ecobatímetro é um aparelho que produz um feixe de ondas sonoras em sentido vertical a partir de um emissor que atravessa o meio líquido até atingir o fundo do rio, onde é refletido (figura 34). O sinal retorna à superfície onde é detectado por um receptor. O intervalo de tempo entre a emissão do pulso e a recepção do eco é transformado diretamente em dados de profundidade que são apresentados no monitor de forma numérica ou gráfica (GAGG, 2016).

De acordo com Gagg (2016) o levantamento batimétrico tem como objetivo conhecer o comportamento da geomorfologia (geometria) do canal fluvial, a partir das medições de profundidade em relação a uma posição da embarcação na superfície da água.

2.2 Coleta de material das margens para análise granulométrica

As amostras de sedimentos foram coletadas na Costa da Água por meio de um trado de compartimentações que variam de 50 centímetros a 1,5 metros de comprimento. A análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal do Amazonas tendo como base o cálculo do teor granulométrico a partir do método da pipeta proposto pela EMBRAPA (1997) – ver anexo 1.

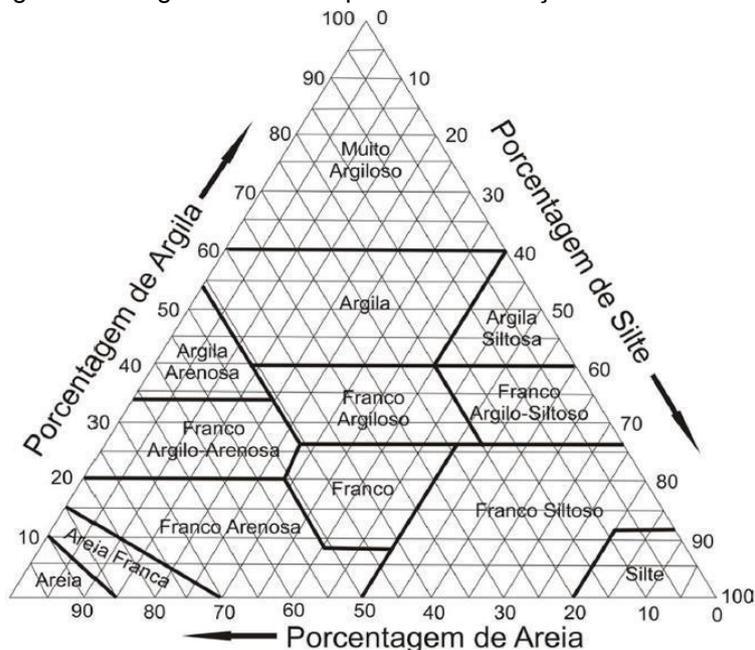
Figura 35: Amostras de solo coletadas em campo.



Foto: O autor, 2019.

Após os cálculos de identificação do teor percentual das frações de argila, silte e areia de cada amostra, foi utilizado o diagrama de Atterberg para a classificação textural do solo (figura 36).

Figura 36: Diagrama utilizado para a classificação textural do solo.



Fonte: LEMOS; SANTOS (1996).

A escolha desse diagrama se deu pelo nível de detalhamento que o mesmo possui em comparação com os demais.

2.3 Análise multitemporal por sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto consiste em um conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre (objetos, áreas, fenômenos), através do registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície, realizado por sensores distantes, remotos, como por exemplo, satélites.

Com o surgimento e o aprimoramento dessa tecnologia, as fotografias aéreas passaram a dar lugar às imagens de satélites adquiridas através de sensores orbitais, dentre estes destaca-se os satélites da série Landsat, desenvolvidos pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA). Até hoje foram lançados 8 satélites da série *Landsat*, todos com imagens multiespectrais, e que possuem sistemas de sensores responsáveis por levantar informações, tanto espectrais como espaciais da superfície da Terra.

Desde então, os satélites passaram a se dedicar principalmente à observação dos recursos naturais terrestres, nesse sentido, Novo (2008, p. 233) afirma que a tecnologia dos satélites é capaz de tornar possível, “não apenas o registro das formas dos objetos da superfície terrestre, mas também de algumas de suas propriedades biológicas, físicas e químicas”.

Bertani (2015, p. 52) afirma que “a utilização de dados de sensoriamento remoto para a caracterização de morfologias fluviais teve início na década de 1950 e 1960 com a difusão de fotografias aéreas”.

Novo (2008) postula a ideia de que o sensoriamento remoto passou a ser uma ferramenta muito útil na obtenção de dados a respeito da dinâmica fluvial, como áreas de erosão e deposição, assim como identificar mudanças temporais nas feições geomorfológicas em determinado trecho do canal fluvial.

2.3.1 Seleção das imagens

As imagens de satélites utilizadas para análise multitemporal da área de estudo foram adquiridas de forma gratuita no acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e no acervo do *Instituto U.S. Geological Survey*.

Foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 5* e *8*, sensor *ETM+*, banda 3, 4 e 5 referentes à órbita/ponto 229/062 dos anos de 1985, 1998 e 2015 e com 30 m de resolução espacial.

TABELA 5: DADOS DAS IMAGENS LANDSAT SELECIONADAS PARA O ESTUDO.

Série Landsat	Data de passagem	Órbita/ponto	Cota (m)	Diferença de cota (cm)
LANDSAT 5	09/08/1985	229/ 62	5,77	-
LANDSAT 5	13/08/1998	229/ 62	6,08	31
LANDSAT 8	09/08/2015	229/ 62	6,55	47

Fonte: INPE; U.S. Geological Survey. Org.: O autor, 2020.

Procurou-se selecionar imagens com a mínima cobertura de nuvens possível. As imagens foram feitas no período de vazante, isso para evitar possíveis interferências da variação no nível do rio.

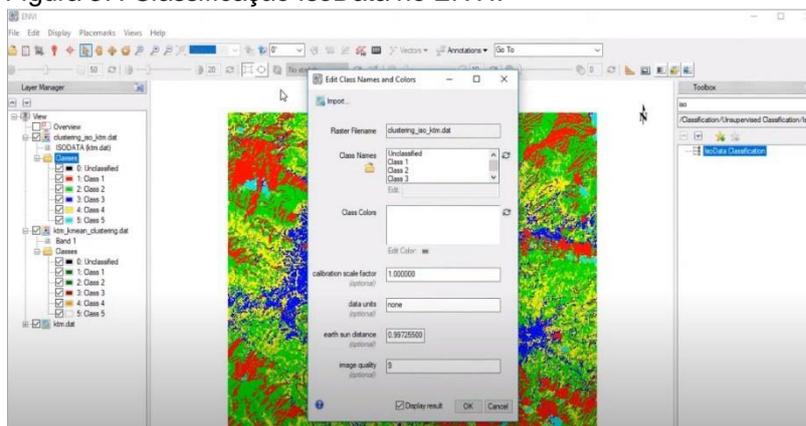
2.3.2 Pré-processamento

Essa etapa consistiu no encadeamento das imagens e da realização de correções geométricas, isso para evitar qualquer tipo de erro no reajuste final entre as imagens. O recorte das imagens e o georreferenciamento foram realizados no *software* ArcGIS 10.7 a partir das imagens de satélites com projeção métrica UTM, datum SIRGAS 2000 e zona 21S.

2.3.3 Classificação e vetorização das imagens

Foi utilizado o *software* ENVI 5.1 por meio do classificador IsoData para classificar as imagens. A partir disso, foram feitas combinações entre as classes afim de restar apenas as classes terra e água.

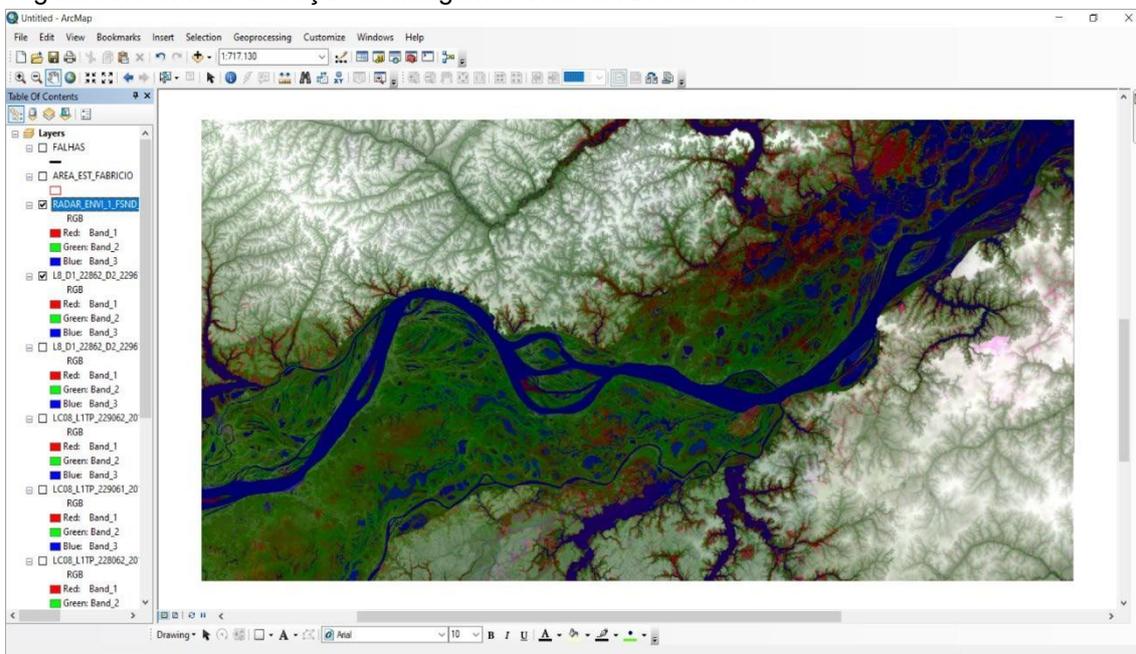
Figura 37: Classificação IsoData no ENVI.



Org.: O autor, 2020.

O software utilizado para o tratamento desses dados foi o ArcGIS 10.7, um software desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) (figura 39).

Figura 39: Perfil de elevação de imagem SRTM no ArcGIS 10.7.



Org.: O autor, 2020.

O software nos permite manusear, analisar, organizar e criar mapas de forma padronizada e georreferenciada a partir dos dados provenientes do modelo SRTM.

2.5 Interpretação de imagens multiespectrais do satélite Landsat 8

Um dos principais métodos utilizados nesse trabalho consistiu na interpretação visual de imagens da área de estudo provenientes do satélite *Landsat 8*, sensor ETM, banda 3, 4 e 5 referentes à órbita/ponto 229/062, tomada em 05/11/2019, o que nos permitiu identificar as principais feições neotectônicas na área de estudo.

Para cobrir toda a área disposta no mapa, são necessárias 3 cenas do sensor OLI, a bordo do satélite *Landsat-8*. Todas as imagens foram adquiridas gratuitamente, mediante o cadastro junto a instituição científica *United States Geological Survey* (USGS).

O primeiro critério adotado no momento de seleção das imagens foi o de céu limpo ou até 10% coberto de nuvens. Em seguida foi observado as datas

das imagens, pois, como a região apresenta intensa dinâmica fluvial, as datas de passagem do satélite não poderiam ser longas (TABELA 6).

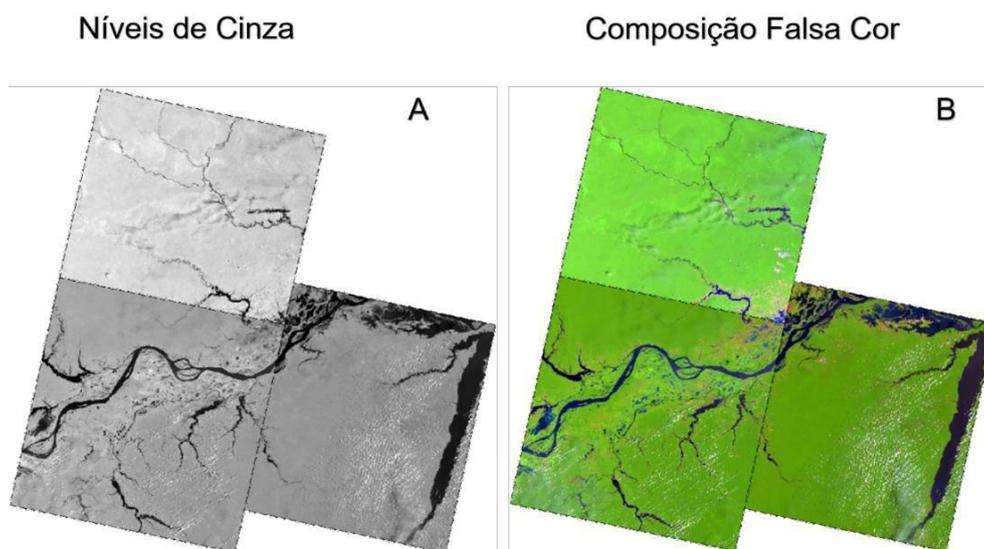
TABELA 6: SATÉLITE, SENSOR E DATA DE PASSAGEM DAS IMAGENS

SATELITE/SENSOR	ÓRBITA/PONTO	DATA DE PASSAGEM
Landsat-8/OLI	228/062	11/09/2017
Landsat-8/OLI	229/061	05/11/2017
Landsat-8/OLI	229/062	05/11/2017

Org.: O autor, 2020.

Após a realização do *download* de cada cena, entre as 11 bandas espectrais, foram selecionadas as bandas 6, 5 e 4 para a combinação da composição falsa cor, isso porque apresenta aos olhos humanos a melhor distinção entre os alvos da superfície terrestre (ALVES, 2018). A composição colorida entre bandas foi realizada no *software* ENVI 5.3 (figura 40).

Figura 40: Resultado da Composição colorida falsa cor.



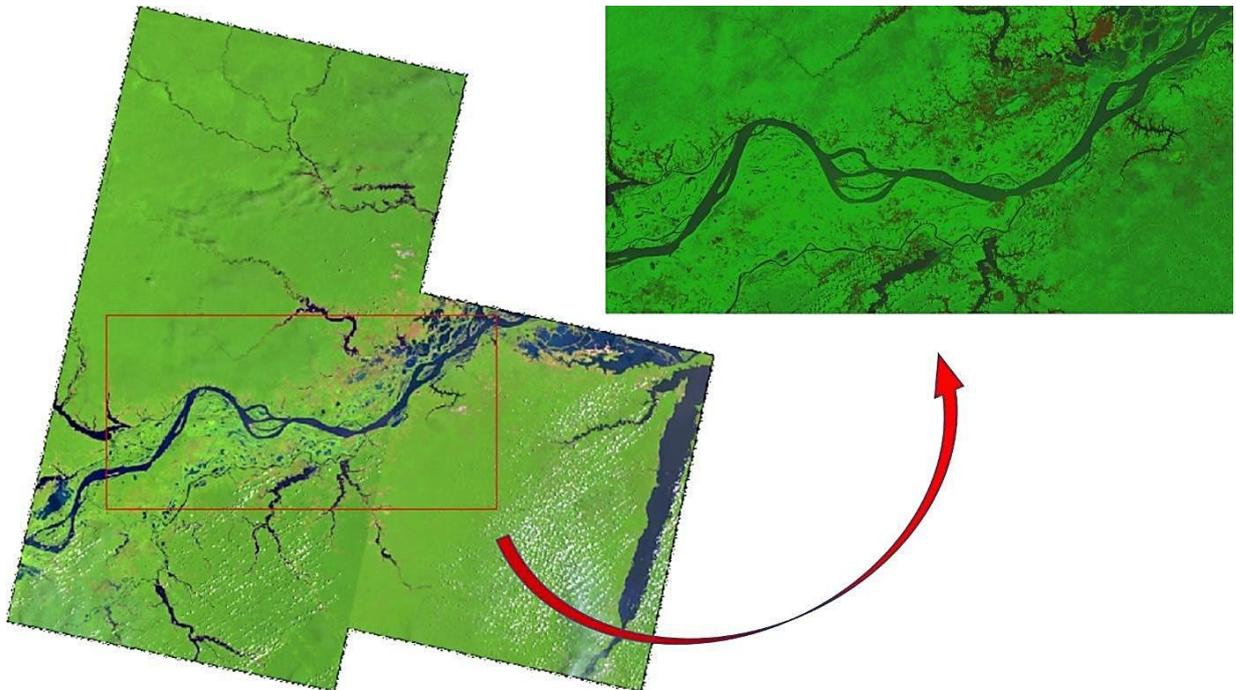
Legenda: A) Banda 5; B) Composição R-6, G-5, B-4. Org.: O autor, 2020.

Após a composição colorida foram feitas mudanças da superfície de referência (Datum) para todas as imagens. Para a América do Sul, por convenção, o Datum Geocêntrico utilizado é o SIRGAS 2000. Por se tratar de uma representação bidimensional, as imagens foram projetadas para o sistema de coordenadas cartesianas *Universal Transversa de Mercator* (UTM), zona 21 Sul.

O passo seguinte é o mosaico das imagens, técnica que consiste em unir as imagens a partir da localização geográfica. A realização desse procedimento foi realizada no *software* ENVI 5.3. O mosaico resultou em um arquivo de pouco

mais de 4 gigas. Portanto, para dar prosseguimento as etapas posteriores, optou-se pelo recorte da imagem, utilizando como referência um arquivo vetorial em formato retangular de 24.620 km² (figura 41).

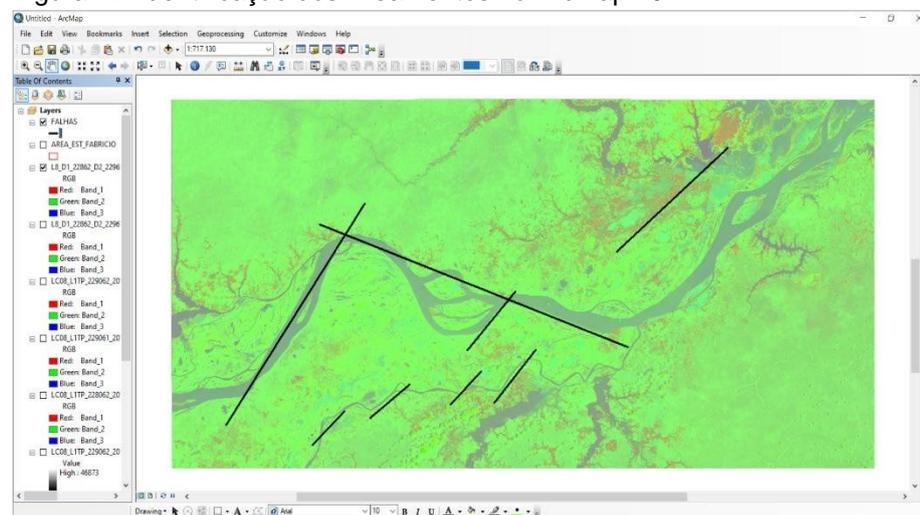
Figura 41: Resultado do mosaico e recorte da imagem.



Org.: o autor, 2020.

O arquivo vetorial do tipo linha, que diz respeito aos lineamentos, foi feito a partir da descrição de artigos e observação da área de estudos. A confecção dos mapas, o *layout* final, foi realizada no *software* ArcMap 10.7.

Figura 42: Identificação dos lineamentos no ArcMap 10.7.



Org.: O autor, 2020.

Com a intenção de detalhar a rede de drenagem da área de estudo, optou-se pela fusão do recorte em uma imagem SRTM, também disponível no endereço eletrônico da USGS.

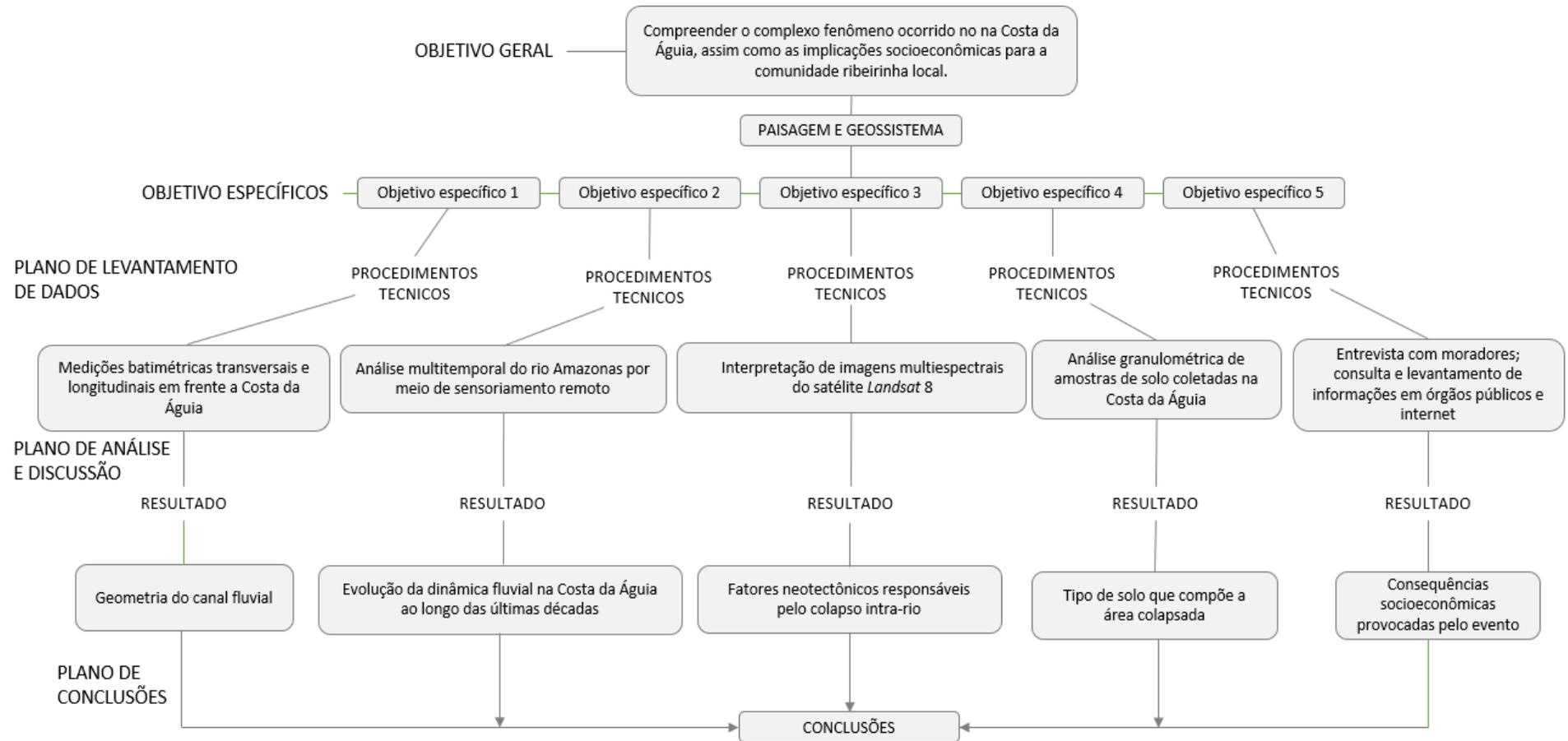
2.6 Entrevista com os moradores

A percepção que os moradores têm a respeito do fenômeno ocorrido na Costa da Águia foi de extrema relevância para a interpretação do Evento Saracura. Para a obtenção dessas informações foram realizadas 7 entrevistas juntamente com a aplicação de um questionário aos entrevistados (ver apêndice 2). O questionário apresenta questões objetivas e subjetivas, afim de que os moradores pudessem respondê-las com base na sua vivência na localidade. Para auxiliar nessa etapa, foi utilizado um gravador de campo para o registro dos depoimentos.

2.7 Levantamento de informações em órgãos públicos e internet

Também foram realizados levantamento de informações junto a órgãos públicos como a Agência Fluvial de Parintins, órgão vinculado a Marinha do Brasil CPRM, Defesa Civil de Parintins, assim como reportagens disponíveis na internet. A figura 43 mostra um fluxograma síntese dos objetivos e procedimentos metodológicos que levaram aos resultados e conclusões desde trabalho.

Figura 43: Fluxograma dos procedimentos metodológicos.



Org.: O autor, 2020.

CAPÍTULO IV – COLAPSO SÍSMICO NO LEITO DO RIO AMAZONAS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A COMUNIDADE DA COSTA DA ÁGUIA

Neste capítulo, onde foram inseridos, analisados e debatidos os resultados da pesquisa, pretende-se expor nossa interpretação sobre os fatores responsáveis por desencadear o Evento Saracura da Costa da Águia, e suas implicações para a comunidade ribeirinha local.

1. Cronologia dos acontecimentos

A partir dos relatos dos ribeirinhos e dos relatórios produzidos pelos professores da UFAM e técnicos da CPRM, tornou-se possível organizar em ordem cronológica os acontecimentos que desencadearam o Evento Saracura da Costa da Águia como veremos a seguir.

O primeiro fato teria acontecido às 11 horas da manhã do dia 02 de março de 2007, quando um estrondo muito forte que parecia vir do rio, pôde ser ouvido juntamente com alguns tremores de terra, o que fez com que os ribeirinhos imaginassem que, em suas palavras, “a terra estava se quebrando”. Segundo relatos, o estrondo pôde ser ouvido a quilômetros de distância do local.

Subsequente a isso, pôde ser visto, erguendo-se do meio do rio, uma onda de 6 metros⁵ de altura que se chocou contra a margem direita, que, seguida por outras menores, persistiram até as 17 horas do mesmo dia, provocando uma grande devastação na margem direita do rio Amazonas.

⁵ Os professores da Universidade Federal do Amazonas José Alberto Lima de Carvalho e Hailton Siqueira da Igreja que estiveram presentes no local 7 dias após o evento, estimaram a altura da onda em 6 metros tomando como base a cota do rio no dia do acontecido, bem como os capins que ficaram nos galhos das árvores.

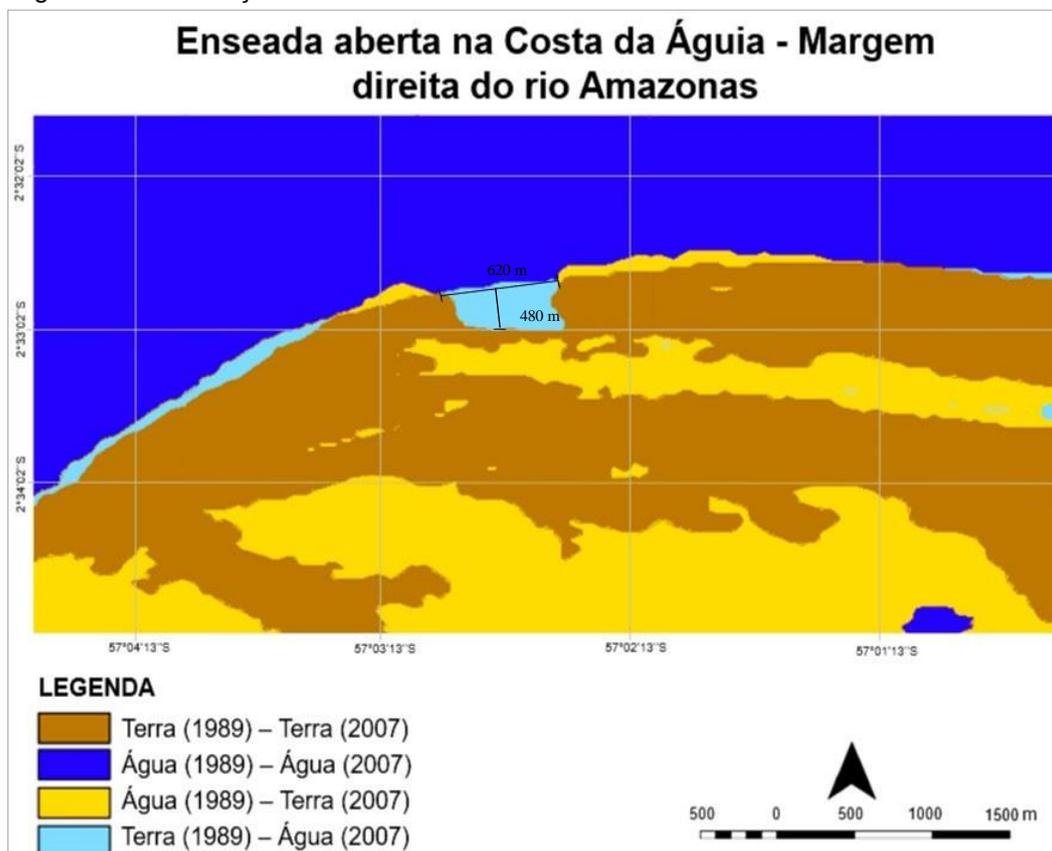
Figura 44: Efeito das ondas na margem.



Fonte: Arquivo pessoal de José Alberto Lima de Carvalho, tiradas em 10/03/2007.

O efeito provocou o abatimento de um grande volume do pacote sedimentar da margem direita, abrindo assim, uma enseada semicircular com 620 m de frente por 480 m de fundo dando origem a uma área de 297.600 m² como podemos observar na figura 45.

Figura 45: Modificações ocorridas na área afetada entre os anos de 1989 e 2007.

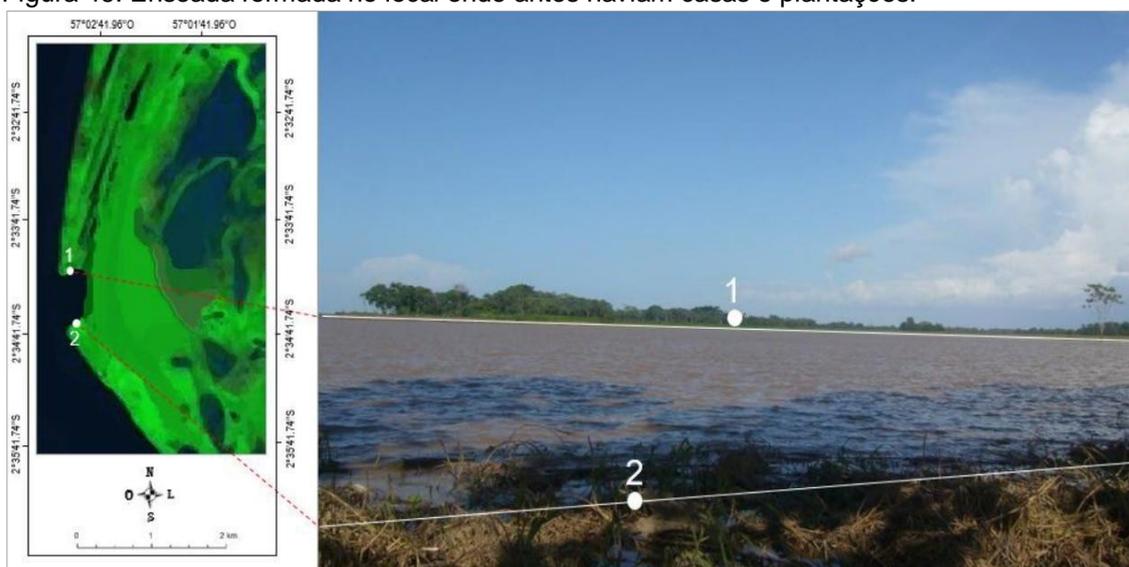


Fonte: Modificado de CARVALHO et al. (2010).

O relatório⁶ de vistoria produzido pelos técnicos da CPRM que estiveram na Costa da Águia poucos dias após o evento, sugere que a profundidade do rio Amazonas no local no momento do evento estava entorno de 70 m, sendo assim, calcula-se que o volume de sedimentos abatido tenha alcançado a marca de 17.856.000 m³ (CPRM, 2007). Esse material seria constituído principalmente de sedimentos organizados em extratos horizontais e semi-horizontais argilosos, silto-argilosos e silto-arenosos não consolidados (CPRM, 2007).

A enseada aberta na Costa da Águia passou a ser popularmente chamada pelos ribeirinhos locais de “bocão”, assim como também se tornou um popular ponto de referência para aqueles que sobem ou descem o rio Amazonas na região de Parintins.

Figura 46: Enseada formada no local onde antes haviam casas e plantações.



Fonte: Arquivo pessoal de José Alberto Lima de Carvalho, tiradas em 10/03/2007.

Na ocasião, sete dias após o evento, uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal do Amazonas composta pelo geólogo Hailton Luiz Siqueira da Igreja e o geógrafo José Alberto Lima de Carvalho estiveram por dois dias no local coletando dados para avaliação do evento, o que muito contribuiu para o presente trabalho.

⁶ Ver relatório da CPRM sobre a vistoria do Evento Saracura/Costa da Águia, município de Parintins, Estado do Amazonas, 2007.

2. Perfis batimétricos e a geometria do canal

A equipe de pesquisadores da Universidade Federal do Amazonas que estiveram presente no local sete dias após o evento, realizaram uma série de levantamentos que muito contribuíram para a interpretação do evento, dentre eles destaca-se os dados batimétricos do leito do rio. Segue abaixo o perfil construído pela equipe na ocasião.

Figura 47: Perfil batimétrico transversal no local afetado sete dias após o evento.



Fonte: Acervo pessoal do Prof. Dr. José Alberto Lima de Carvalho.

A geometria do canal na área afetada pós colapso mostra que o gigantesco volume de sedimentos abatidos da margem direita, onde se formou a enseada, não aparece no perfil batimétrico, aventando a possibilidade de a margem não ter desbarrancado, mas sim afundado.

Para a realização dessa pesquisa e comparação com os dados anteriores, foram realizados novos levantamentos batimétricos no trecho do rio Amazonas em frente a comunidade da Costa da Águia, no dia 09/02/2019, quando o rio inicia seu período de cheia. A partir dos dados coletados em campo na data citada foram produzidos quatro perfis batimétricos de toda a área em frente a Costa da Águia, segue abaixo o trajeto percorrido para a obtenção dos dados batimétricos.

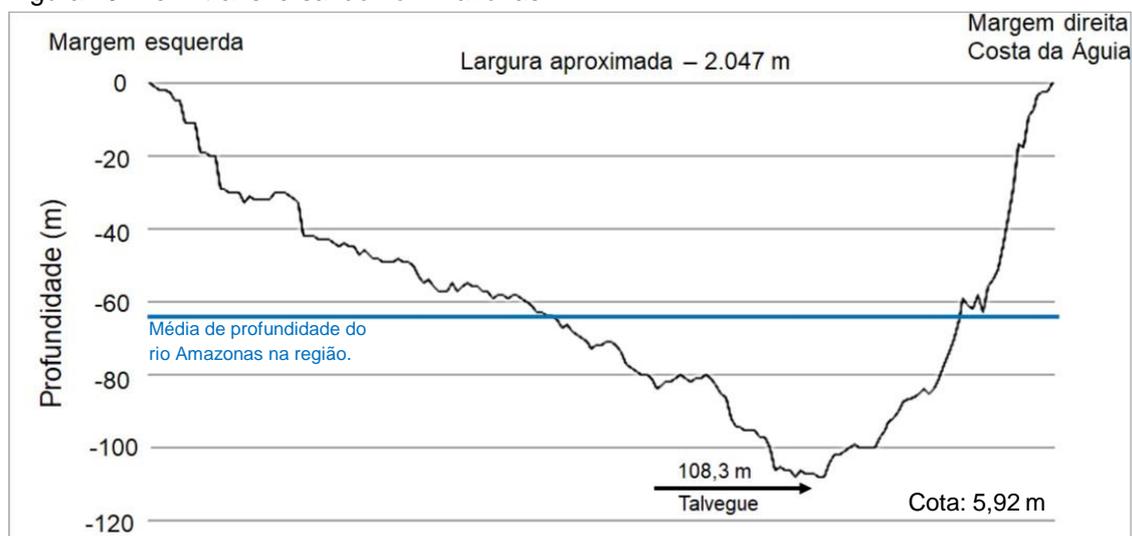
Figura 48: Batimetrias realizadas em frente a Costa da Águia.



Fonte: LANDSAT-7: DGI, INPE, 2007. Org.: O autor, 2020. Legenda: 1 - Perfil batimétrico transversal nº01; 2 - Perfil batimétrico transversal nº02; 3 - Perfil batimétrico transversal nº03; 4 - Perfil batimétrico longitudinal nº01.

O perfil transversal nº 01 partiu da margem direita ($2^{\circ}33'17.94''S$ e $57^{\circ}02'51.31''W$) em direção a margem esquerda ($2^{\circ}32'14.28''S$ e $57^{\circ}2'53.59''W$) partindo exatamente da enseada aberta na Costa da Águia. Nesse ponto o rio Amazonas possui cerca de 2.047 m de largura.

Figura 49: Perfil transversal do rio Amazonas nº1.

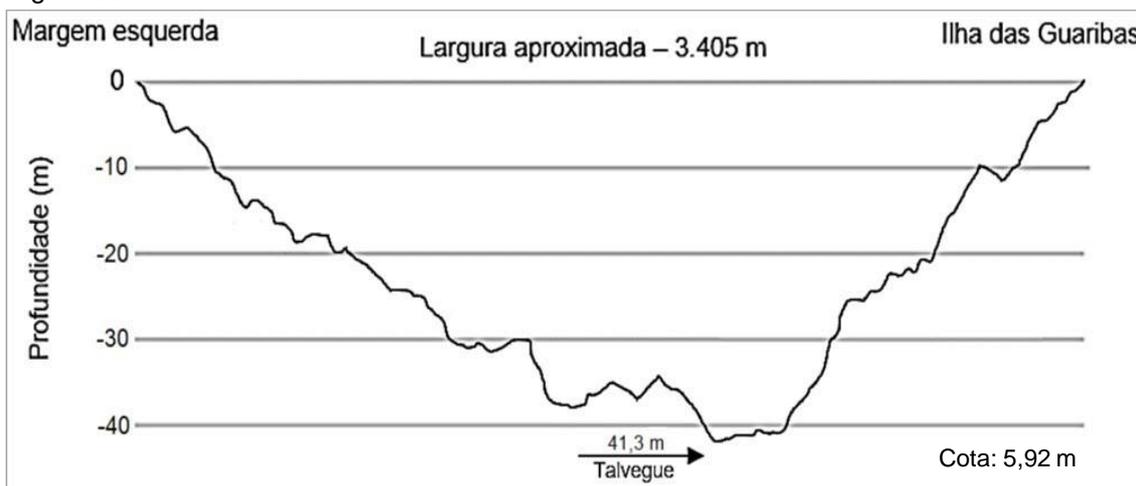


Fonte: Trabalho de campo, 09/02/2019. Org.: O autor, 2020.

Analisando o perfil transversal nº 01, percebemos uma assimetria no leito do rio que se acentua ao passo que nos aproximarmos do talvegue que se encontra encaixado a aproximadamente 450 m da margem direita, exatamente onde teria eclodido o colapso intra-rio. A profundidade alcançada chega a ultrapassar a expressiva marca dos 100 m de profundidade, o que é bastante incomum para os padrões de profundidade do rio Amazonas na região.

O perfil transversal nº 02 partiu da margem esquerda ($2^{\circ}32'18.53''S$ e $57^{\circ}03'37.07''W$) em direção ao extremo leste da Ilha das Guaribas ($2^{\circ}33'32.31''S$ e $57^{\circ}04'51.30''W$). A largura alcançada pelo rio Amazonas neste trecho foi de 3.405 m, tendo o talvegue encaixado próximo à Ilha das Guaribas, alcançando uma profundidade de 41,3 m.

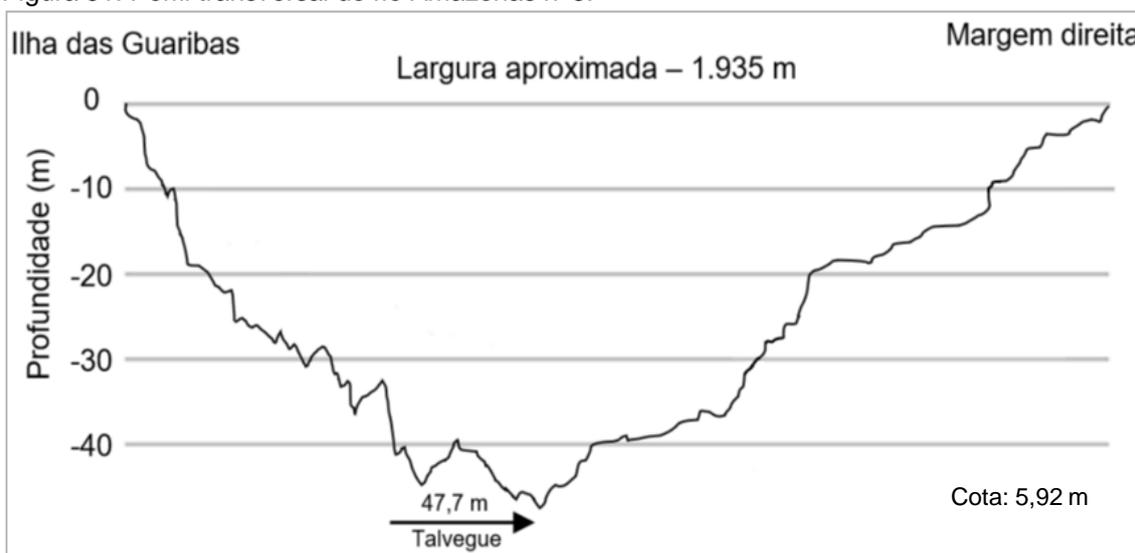
Figura 50: Perfil transversal do rio Amazonas nº2.



Fonte: Trabalho de campo, 09/02/2019. Org.: O autor, 2020.

O perfil transversal nº 03 partiu do extremo leste da Ilha das Guaribas ($2^{\circ}33'30.42''S$ e $57^{\circ}04'50.91''W$) em direção a margem direita ($2^{\circ}33'52.32''S$ e $57^{\circ}04'08.37''W$). Nesse ponto o rio Amazonas mantém uma profundidade média que varia entre 20 e 40 m possuindo cerca de 1.935 m de largura como pode-se observar na figura 55.

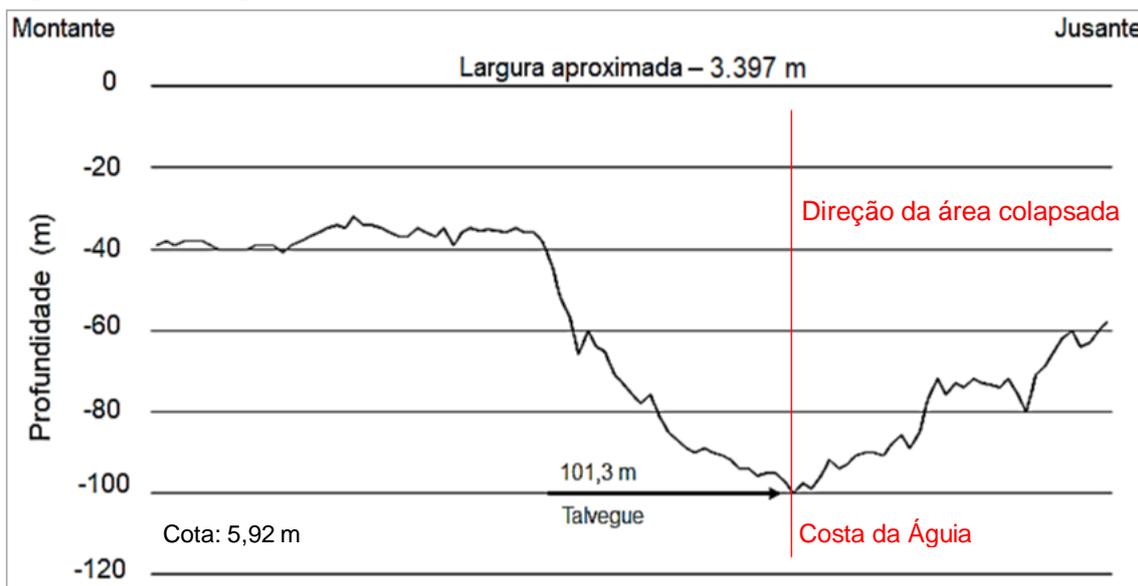
Figura 51: Perfil transversal do rio Amazonas nº3.



Fonte: Trabalho de campo, 09/02/2019. Org.: O autor, 2020.

O perfil longitudinal nº 1 partiu do meio do rio, 2.289 m à montante da Costa da Águia ($2^{\circ}33'2.79''S$ e $57^{\circ} 3'29.33''W$) seguindo em sentido jusante estendendo-se até 1.108 m abaixo da área colapsada ($2^{\circ}33'0.80''S$ e $57^{\circ} 2'20.65''W$).

Figura 52: Perfil longitudinal do rio Amazonas nº1.

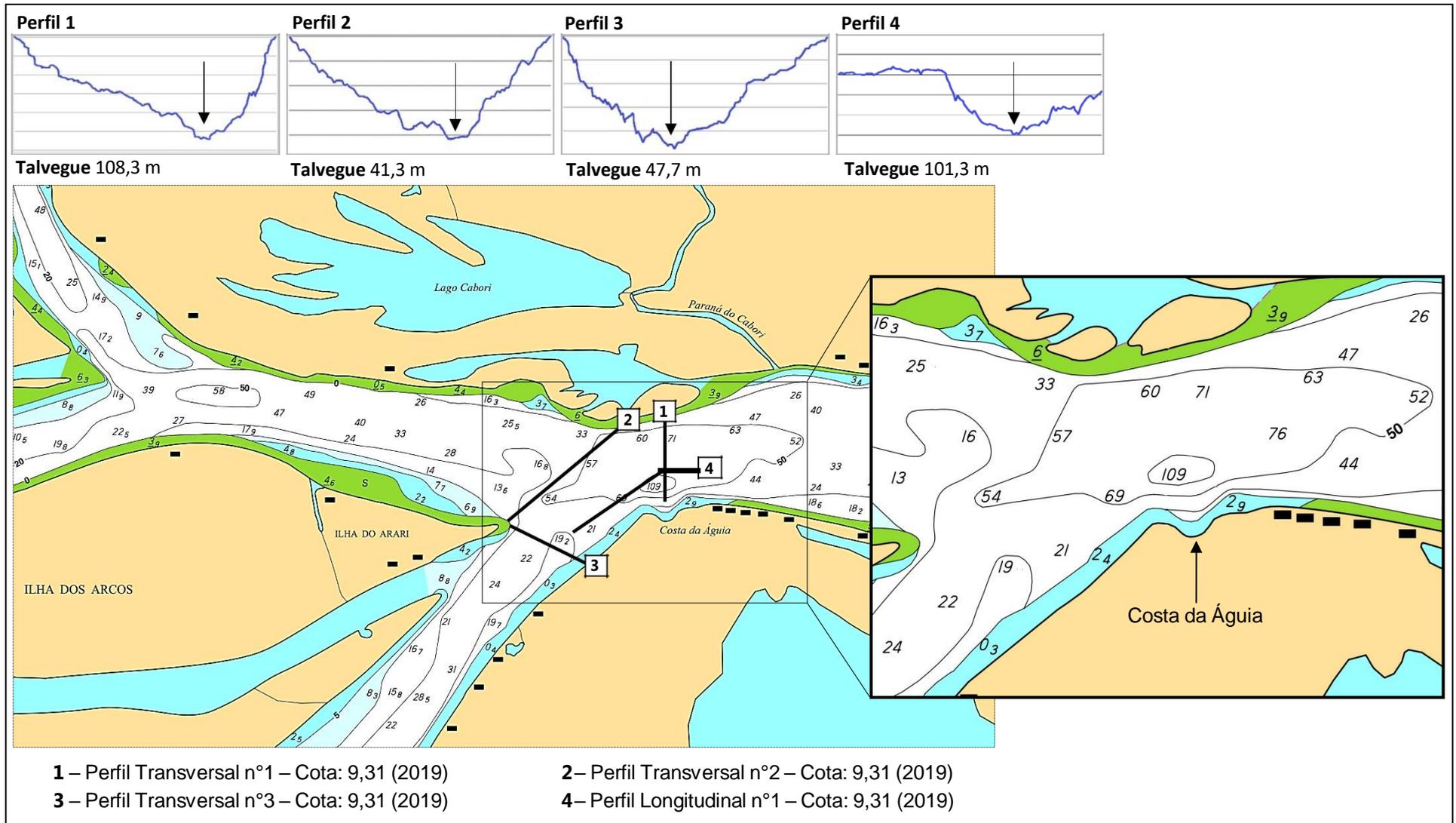


Fonte: Trabalho de campo, 09/02/2019. Org.: O autor, 2020.

O perfil batimétrico longitudinal nº1 indica que o leito do rio Amazonas se aprofunda de maneira notável na localização próxima a Costa da Águia. Essa conclusão é corroborada, tanto pela Cartas Raster nº 4026 disponibilizadas pela Diretoria de Hidrografia da Marinha (DHN)/Centro de Hidrografia da Marinha

(CHM), onde se comprova que a profundidade de 100 m não se repete em nenhum outro trecho, nem a montante nem jusante da área colapsada na região (figura 53), quanto no perfil batimétrico construído em 2007 pela equipe da UFAM (ver figura 47), o que nos leva a crer na existência de uma verdadeira cavidade com profundidade insólita no leito do rio Amazonas, bem em frente a Costa da Águia.

Figura 53: Trechos percorridos em campo para o levantamento dos dados batimétricos.



Fonte: Marinha do Brasil / Trabalho de campo. Org.: O autor, 2020.

De todos trechos percorridos para a obtenção dos dados batimétricos, o único ponto que alcançou, chegando até mesmo a ultrapassar a marca dos 100 m de profundidade, foi o trecho próximo à Costa da Águia, em uma distância de aproximadamente 450 m da margem direita.

3. A pressão e as forças hidráulicas atuantes no canal

Os fatores que podem afetar a estabilidade das margens e do leito de um canal fluvial são geralmente associados às propriedades específicas da água, como por exemplo, a força hidráulica que atua dentro do canal.

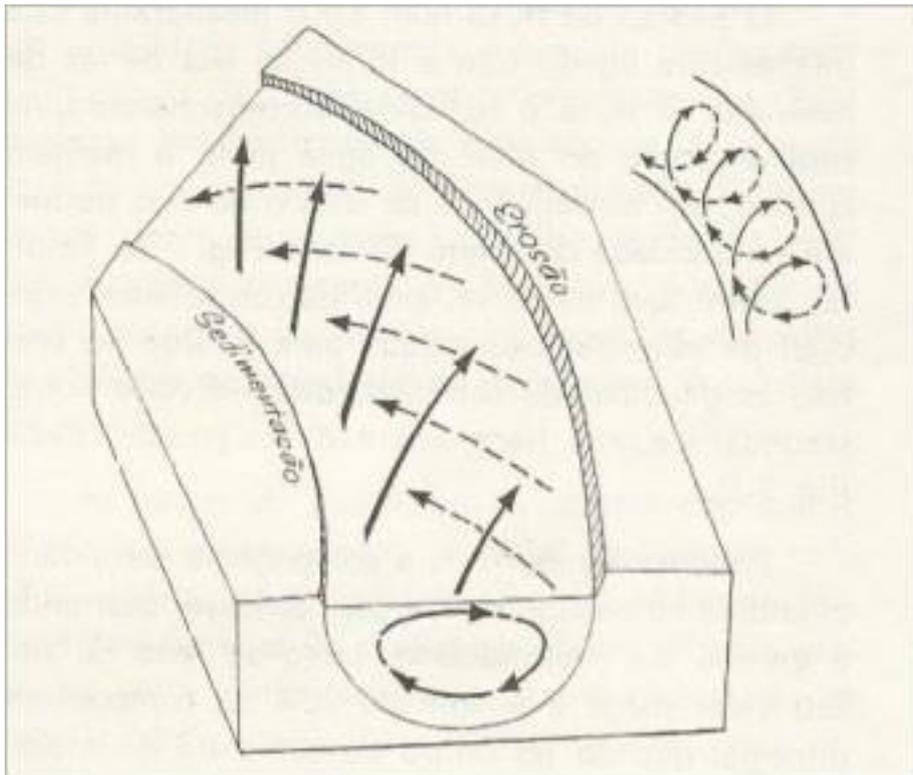
No caso do rio Amazonas, por se tratar de um rio de planície em função da sua baixa declividade, o rio tem sua energia associada, não somente a velocidade de fluxo, mas principalmente a força contida em seu descomunal volume de água associada ao que Sternberg (1998) chamou de “macroturbilhamento ascendente” com que os fluxos se deslocam dentro do canal, assim como o peso que esse volume de água exerce dentro do mesmo.

Devemos salientar que nos locais onde o fluxo principal do rio Amazonas percorre, geralmente a velocidade da corrente é substancialmente aumentada. Fontes (2002) considera que nesses pontos o poder abrasivo da corrente também é aumentado, principalmente nas margens côncavas. Segundo Marques (2017), em rios sinuosos, a erosão fluvial vai ocorrer com maior intensidade na margem côncava, onde a velocidade, turbulência e pressão é sempre maior do que nos trechos convexos isso porque, segundo o mesmo autor:

O fluxo helicoidal sempre é acompanhado da superelevação do nível da água junto à margem côncava em consequência do desvio do eixo de máxima velocidade do centro do canal (MARQUES, 2017, p. 110).

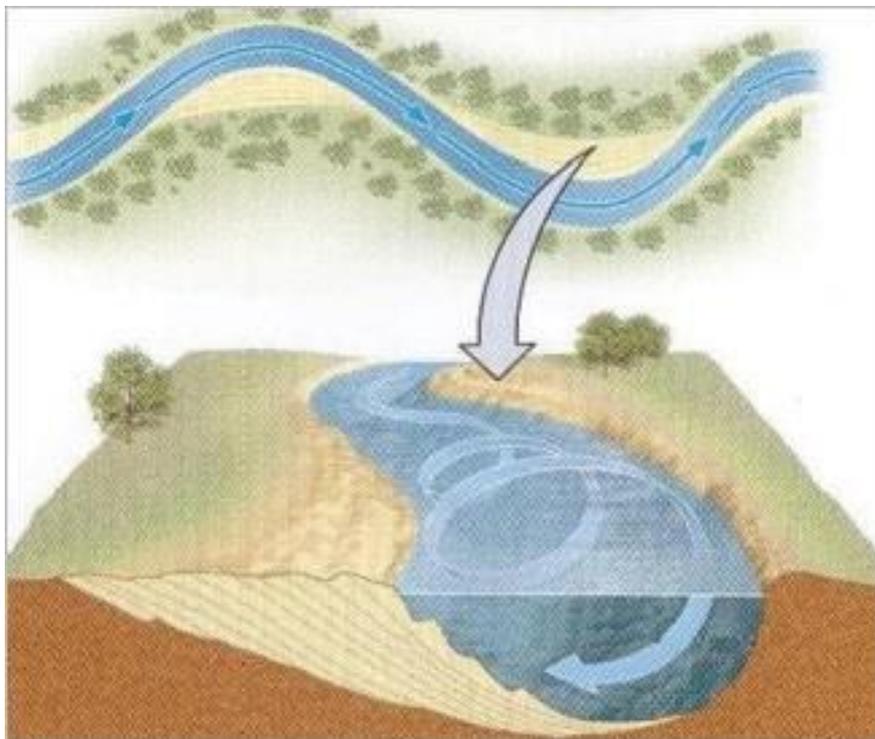
A figura abaixo nos mostra essa dinâmica de fluxo por meio do sentido do movimento da água, tanto na superfície (seta cheia), quanto no fundo (seta tracejada).

Figura 54: Fluxo helicoidal em margem côncava.



Fonte: SUGUIO; BIGARELLA (1990).

Figura 55: Detalhe do fluxo helicoidal em perfil.



Fonte: PRESS et al. (2006).

A aceleração do fluxo aumenta a pressão sobre a margem côncava, o que acarreta na intensificação do processo de erosão, já na margem convexa ocorre um déficit de pressão, tornando-a propícia à sedimentação.

4. Análise multitemporal da área de estudo

4.1 Análise multitemporal da área de estudo entre 1985 e 1998

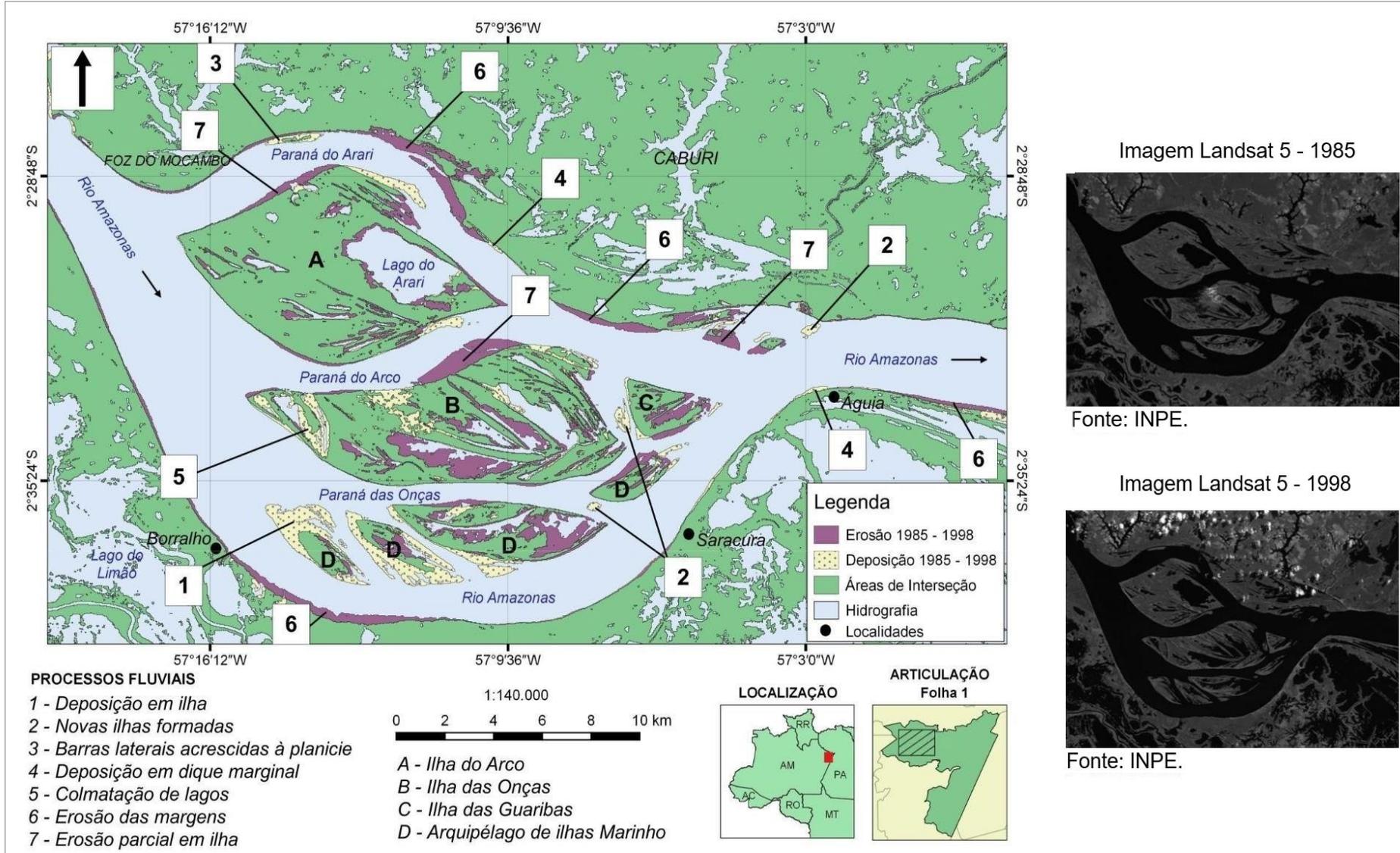
Seguem algumas análises multitemporais com objetivo de identificarmos a incidência dos processos de erosão e deposição na área de estudo ao longo das últimas décadas.

O primeiro intervalo de tempo abrangido pela sobreposição data de 09/08/1985 e 13/08/1998, sendo as cotas fluviométricas de 5,77 m e 6,08 m, com variação de 31 cm.

Com relação ao processo erosivo, podemos observar que este foi mais intenso nas margens côncavas, como por exemplo, nos trechos sinuosos localizados na margem esquerda do Paraná do Arari e na margem direita do rio Amazonas, entre a localidade Borrvalho e Saracura, locais onde possivelmente o talvegue está sendo encaixado por conta do desvio do fluxo principal causado pelas ilhas.

Assim sendo, consideramos o extremo leste da Enseada da Saracura, área corresponde a Costa da Águia, como sendo uma margem convexa com abertura para NE, onde nesse intervalo de tempo houve a predominância do processo de sedimentação como se observa na figura 60.

Figura 56: Alterações ocorridas na área de estudo entre 1985 e 1998.



Fonte: Modificado de MARQUES (2017).

Observou-se que no referido intervalo de tempo o processo erosivo ocorreu substancialmente nas margens sinuosas côncavas, ou seja, ao longo de toda a margem direita do rio Amazonas, com exceção da Costa da Águia (margem convexa), onde predominou a deposição. De acordo com os dados levantados, as áreas perdidas por erosão correspondem a aproximadamente 38,62 km², enquanto as áreas acrescidas somaram aproximadamente 21,96 km², havendo assim, predominância dos processos erosivos sobre os deposicionais, onde as taxas de erosão e deposição anuais corresponderam a 3,67 km²/ano e 1,99 km²/ano, respectivamente.

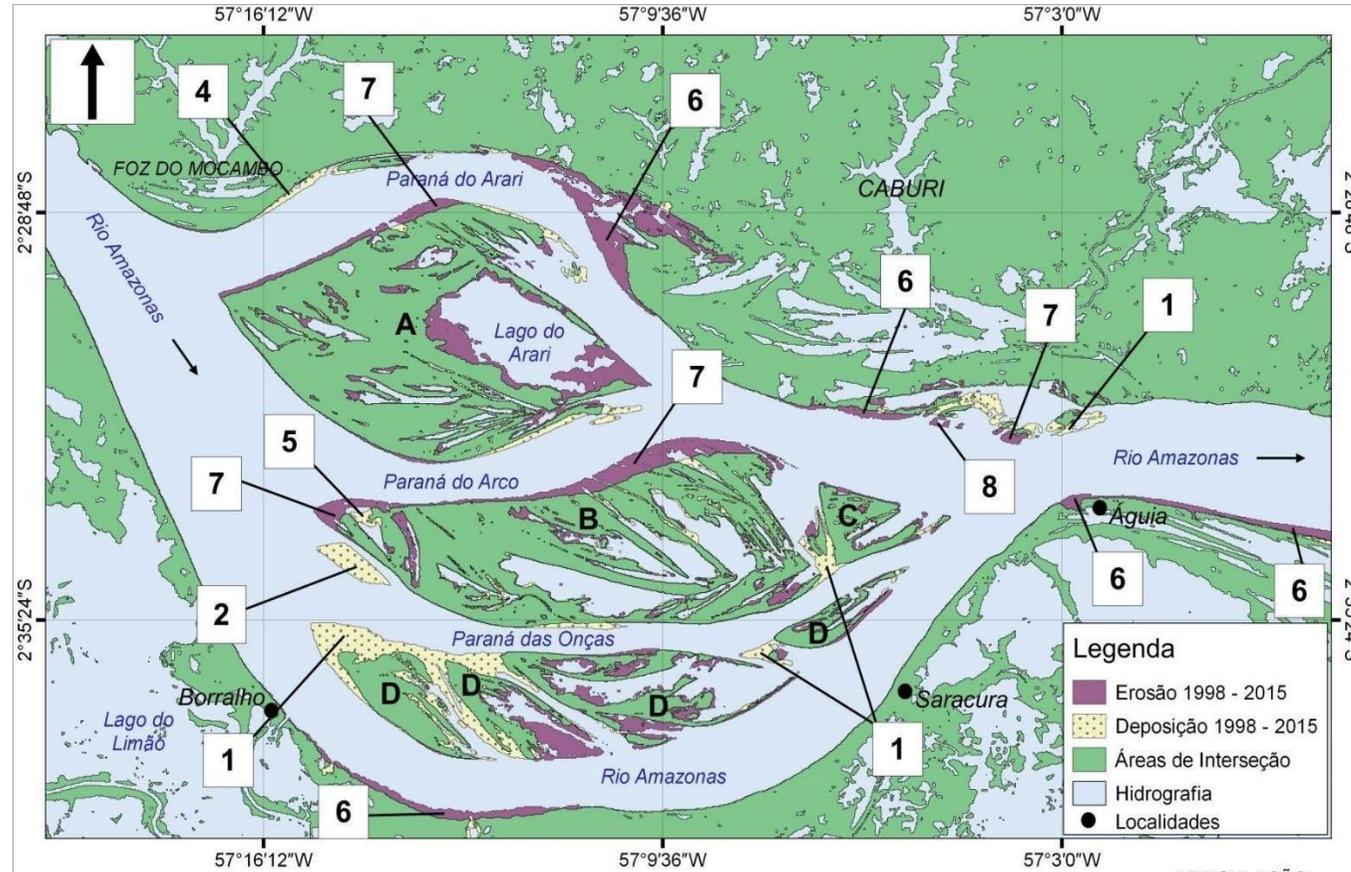
4.2 Análise multitemporal da área de estudo entre 1998 e 2015

O segundo período compreende um intervalo de onze anos e as imagens utilizadas datam de 13/08/1998 e 09/08/2015, sendo as cotas fluviométricas de 6,08 m e 6,55 m, respectivamente, com variação de 47 cm entre ambas as datas de passagem do satélite.

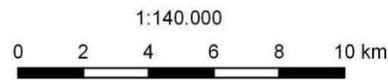
Nesse segundo intervalo de tempo a paisagem flúvio-lacustre apresentou intensas alterações, principalmente nas áreas já atingidas pelas dinâmicas fluviais da análise entre 1985 e 1998. Porém, em algumas áreas houve inversão de processos, em outras palavras, áreas onde antes predominava o processo erosivo passam a ser zonas de deposição e vice-versa.

Ao observarmos a Costa da Águia nesse segundo momento, identificamos que a mesma se enquadrou no conjunto das áreas que apresentaram inversão de processos, isso se torna evidente, principalmente após o Evento Saracura ocorrido em 2007, e que teria provocado o abatimento do gigantesco volume de sedimentos da margem por conta da acomodação do leito formando assim, a micro enseada que vemos na Costa da Águia na figura 61 (IGREJA; CARVALHO; FRANZINELLI, 2010; CARVALHO et al. 2010; CPRM, 2007).

Figura 57: Alterações ocorridas na área de estudo entre 1998 e 2015.



- PROCESSOS FLUVIAIS**
- 1 - Deposição em ilha
 - 2 - Novas ilhas formadas
 - 4 - Deposição em dique marginal
 - 5 - Colmatação de lagos
 - 6 - Erosão das margens
 - 7 - Erosão parcial em ilha
 - 8 - Erosão total em ilha



- A - Ilha do Arco
- B - Ilha das Onças
- C - Ilha das Guaribas
- D - Arquipélago de ilhas Marinho

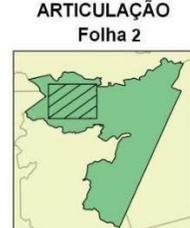
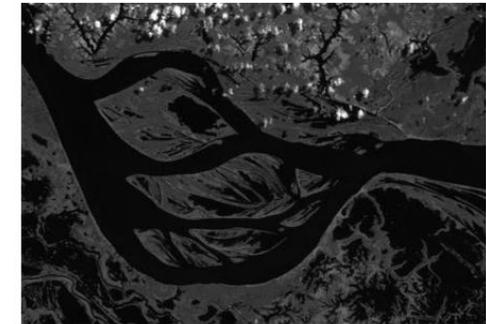


Imagem Landsat 5 - 1998



Fonte: INPE.

Imagem Landsat 8 - 2015

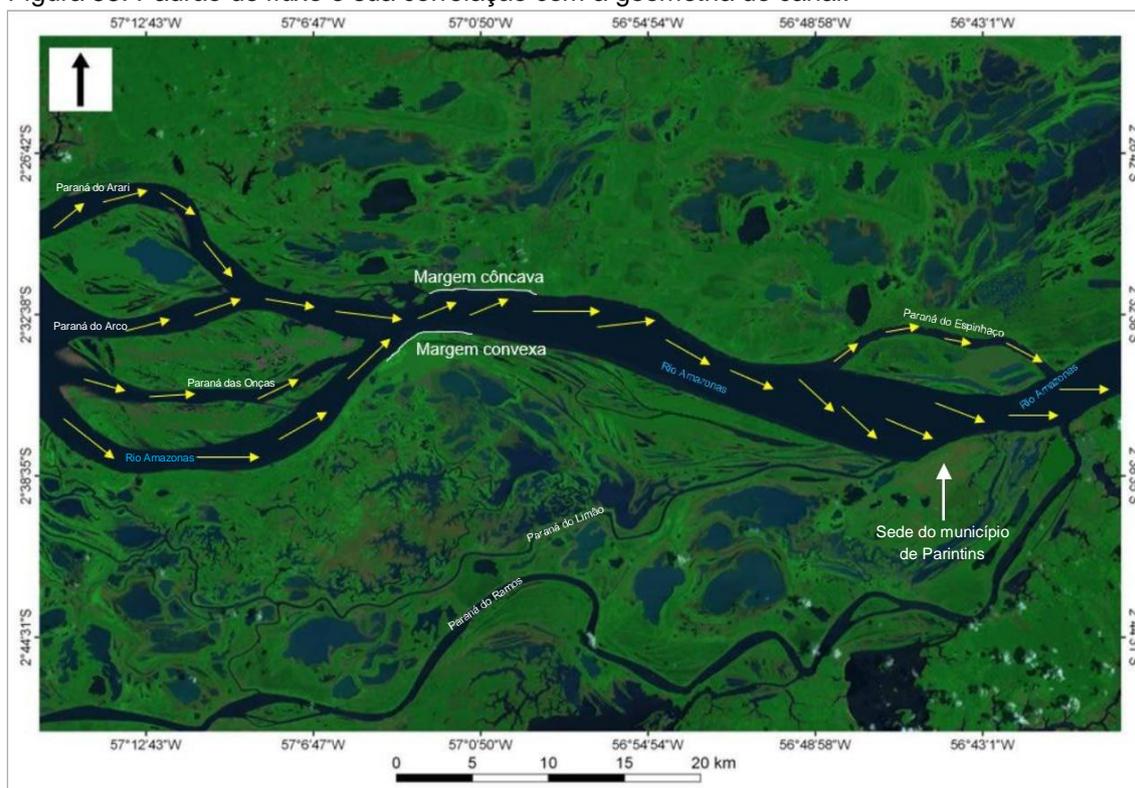


Fonte: U.S. Geological Survey.

Fonte: Modificado de MARQUES (2017).

O entrelaçamento do canal logo a montante da Costa da Águia provoca o aumento da pressão vertical e lateral intensificando a velocidade do rio, justificando o processo de erosão lateral de margem, principalmente nas margens côncavas à jusante como podemos observar na figura 58.

Figura 58: Padrão de fluxo e sua correlação com a geometria do canal.



Fonte: LANDSAT-7: DGI, INPE, 2007. Org.: O autor, 2020.

Um relatório técnico divulgado em junho de 2011, pelo Governo do Estado do Amazonas, por meio do comando de ações da Defesa Civil, afirmava que pelo menos 18 sedes de municípios do estado estão ameaçadas pelo fenômeno das terras caídas. Entre os municípios que possuem suas sedes ameaçadas estão: Anamá, Barreirinha, Benjamin Constant, Boca do Acre, Borba, Canutama, Careiro da Várzea, Eirunepé, Guajará, Humaitá, Iranduba, Jutai, Manacapuru, Parintins, São Paulo de Olivença, Santo Antônio do Içá, Tonantins e Urucurituba. O presente relatório classificou a cidade de Parintins, assim como o município de São Paulo de Olivença, como os que apresentam os maiores riscos.

O relatório aponta duas características em comum entre todas as cidades anteriormente citadas, todas estão localizadas às margens de rios de água brancas e praticamente todas encontram-se em trechos côncavos. Conforme os fundamentos da literatura básica sobre geomorfologia fluvial como Christofolletti

(1981); Suguio e Bigarella (1990); Cunha (1996); Souza (2004); Stevaux e Latrubesse (2017) as margens côncavas são mais susceptíveis à ação dos processos erosivos devido à altura e verticalidade, além de receber o impacto hidráulico quase sempre de forma frontal (como é o caso da sede do município de Parintins).

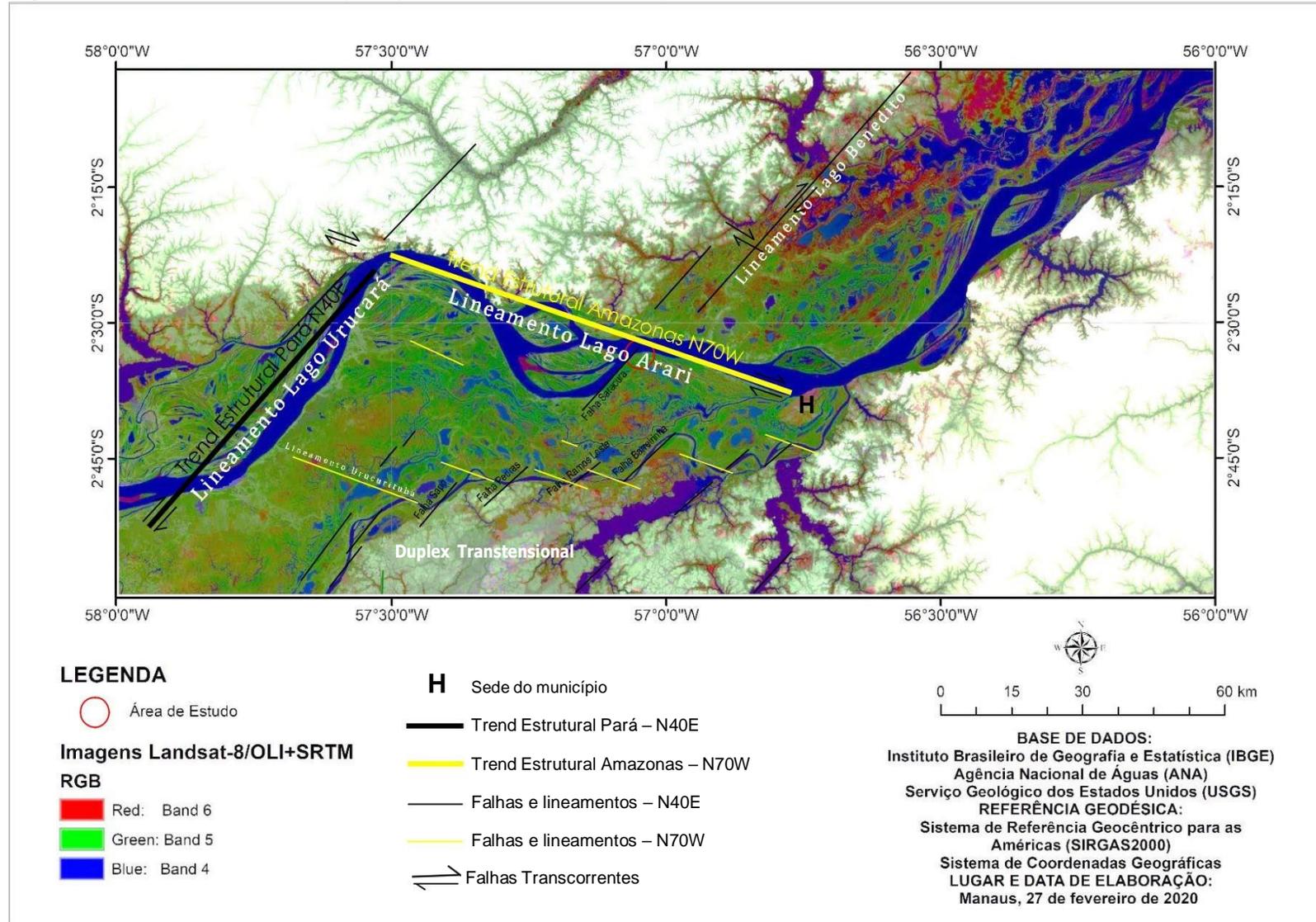
Sendo assim, partindo da caracterização geomorfológica e das análises multitemporais dos processos fluviais ocorridos região da Costa da Águia ao longo das últimas décadas, acredita-se que apenas fatores como padrão do fluxo helicoidal ou força hidráulica não seriam suficientes para explicar a intensidade com a qual se deu o abatimento da margem e a abertura da enseada no âmbito do Evento Saracura da Cota da Águia.

5. Controle geológico-estrutural

O trecho do rio Amazonas onde se localizada a Costa da Águia, está inserido em um cruzamento de dois “*trends*” estruturais denominados: Trend Estrutural Pará (N40E, TEP) e Trend Estrutural Amazonas (N70W, TEA) que controlam boa parte da geomorfologia fluvial da região. O encontro das duas direções estruturais se repete em todas as escalas, desde o Duplex Transtensional de Parintins – estrutura regional dentro da Zona Principal de deformação que controla o rio Amazonas (IGREJA, 1998).

Por sua vez, o TEA se destaca por controlar praticamente todo o segmento intermediário do rio Amazonas no município de Parintins (Lineamento Lago do Arari) de aproximadamente 90 km, que, conjuntamente com o TEP, controlam o trecho anterior (Lineamento Lago Urucará) e posterior (Lineamento Benedito), revelando um padrão escalonado de falhas (IGREJA et al. 2007).

Figura 59: Trends estruturais e os principais lineamentos no município de Parintins.



Fonte: Modificado de CARVALHO et al. (2009).

Na figura a baixo pode-se observar uma fratura neotectônica exposta (trinca no linguajar amazônico), paralela ao rio e convergindo com a direção estrutural N70W (movimentação principal).

Figura 60: Fratura neotectônica pré-colapso no Paraná do Limão (próximo a cidade de Parintins).



Fonte: Defesa Civil de Parintins – 30/10/2010.

Este fenômeno se repete em diversas escalas, passando pelo Paraná do Ramos (escala quilométrica), englobando paleoparanás, peleocostas e lagos (escala hectométrica), chegando a aflorar em falhamentos, juntas e fraturas (pré-colapso – escala métrica).

6. “Tsunami fluvial”

A princípio, as interpretações aventavam a hipótese do evento ter sido provocado pela erosão lateral de margem ou terras caídas, muito comum na região da bacia amazônica, em especial no município de Parintins, o que poderia explicar perfeitamente a “onda gigante” dada a quantidade gigantesca de sedimentos abatidos. De acordo com pesquisadores, tudo depende da quantidade de sedimentos que é mobilizada no deslizamento, o que determina o tamanho da onda propagada.

Atualmente o termo popular “tsunami fluvial” vem sendo cada vez mais utilizado na região amazônica para designar as “ondas gigantes” causadas por episódios de terras caídas de grandes proporções. Um exemplo disso pode ser visto sendo veiculado pela mídia parintinense no dia 14 de janeiro de 2020, logo após o município decretar situação de emergência por conta da erosão lateral

de margem que vem atingindo a orla da sede do município o que, segundo especialistas, poderia causar um verdadeiro “tsunami fluvial”.

Figura 61: Mídia de Parintins alertando para um possível tsunami fluvial.



Fonte: www.parintins24hr.com.br. Acesso em 16/01/2020.

Porém, a “onda gigante” que assolou a Costa da Águia no âmbito do Evento Saracura, teria se erguido do meio rio tendo em seguida se chocado contra a própria margem colapsada, o que descarta a hipótese da onda ter sido provocada pelo fenômeno das terras caídas.

7. Dinâmicas neotectônicas

Os relatos dos moradores da Costa da Águia foram de extrema importância, segundo eles, outros eventos semelhantes, porém de menor proporção já haviam ocorrido nas imediações nos anos de 1973, 1994 e 1997, levando-nos a crer que aquele trecho do rio Amazonas se trata de uma verdadeira área sismogênica.

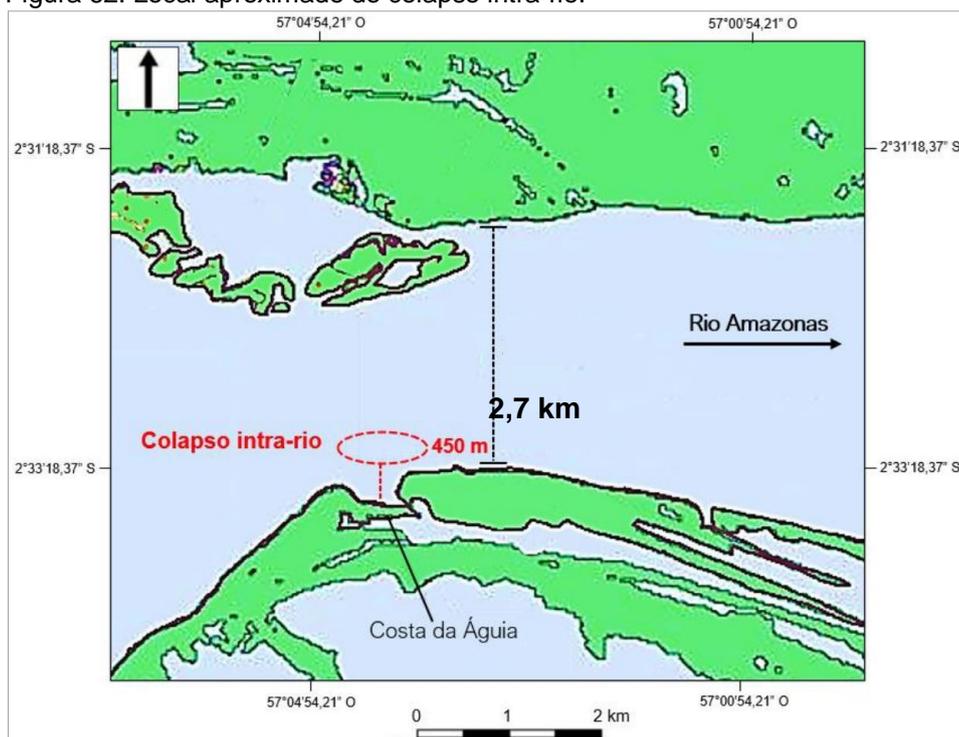
Como se pode observar na figura 59 a Costa da Águia se encontra exatamente na intersecção dos dois *trends* estruturais, Falha Saracura e Lineamento Lago Arari, sendo esse último controlado pelo *trend* estrutural

Amazonas N70W (TEA) que, segundo Igreja et al. (2007), encontra-se em uma cinemática dextral, revelando assim uma movimentação transcorrente para sul em direção a Falha Saracura, que, por sua vez, é controlada pelo *trend* estrutural Pará N40E (TEP), o que caracteriza a Costa da Águia como uma estrutura-em-flor⁷ negativa segundo Harding e Lowell (1979).

8. Interpretação do caso: colapso intra-rio e a formação da enseada

Ao se movimentar, o TEA desloca da Falha Saracura, promovendo um reajuste dos blocos neotectônicos escalonados (da ordem de centenas de metros), o que teria provocado um colapso intra-rio, que, baseado na geometria do canal, ocorreu a aproximadamente 450 m da margem direita.

Figura 62: Local aproximado do colapso intra-rio.



Org.: O autor, 2020.

Por colapso entende-se que se trata de um “movimento de afundamento de terreno, devido à deformação ou deslocamento de direção, essencialmente

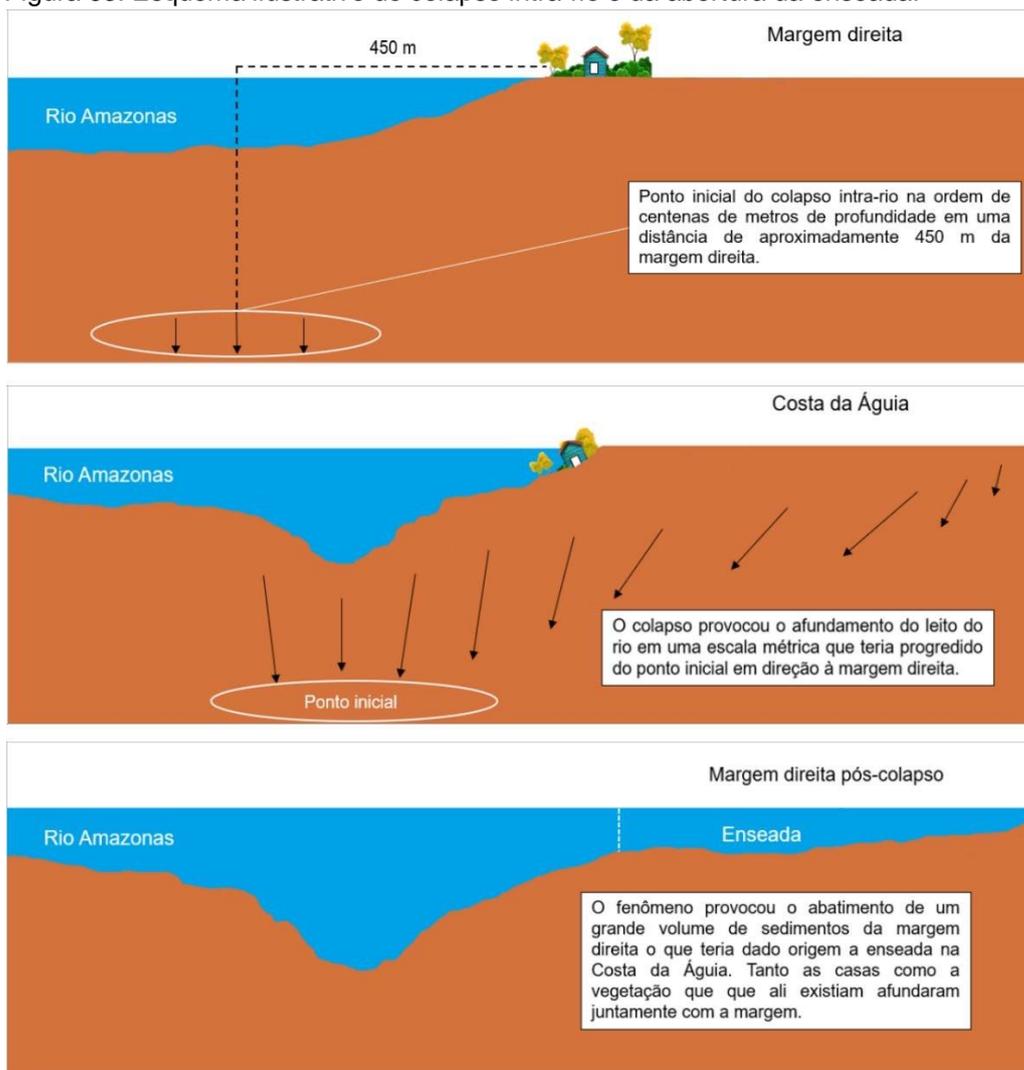
⁷ Estrutura-em-flor negativa é uma estrutura deslocada por falhas normais que converge em profundidade para uma falha subvertical principal. Sua característica principal é o predomínio marcante de falhas normais na região de cunha, que fazem com que ela seja abatida. (ZALÁN, 1986, p. 259).

vertical, descendente e de forma brusca, abrupta" (INFANTI JR; FORNASARI, 1998 apud CPRM, 2018, p. 3).

O colapso intra-rio promoveu o afundamento abrupto do leito em uma escala métrica, tendo como um de seus efeitos o soerguimento da “onda gigante” testemunhada pelos ribeirinhos, assim como também justifica a existência da cavidade de profundidade anômala no leito do rio Amazonas na região da Costa da Águia (ver item 2 desse capítulo).

O efeito progrediu em direção à margem direita como em um efeito “dominó”, provocando o basculamento das camadas de sedimentos holocênicos da margem direita de oeste para leste em concordância o movimento principal do lineamento Lago do Arari, o que deu origem a enseada na Costa da Águia como pode-se observar no esquema a seguir.

Figura 63: Esquema ilustrativo do colapso intra-rio e da abertura da enseada.



Org.: O autor, 2020.

Figura 64: Barranco pós-colapso, ao fundo a enseada.



Fonte: Arquivo pessoal de José Alberto Lima de Carvalho, tiradas em 10/03/2007.

No Modelo Neotectônico Atual da Amazônia elaborado por Igreja (2000), o TEA é compatível com a direção estrutural rio Solimões e o TEP compatível com a direção estrutural rio Madeira, isso significa que o sismo sentido pelos moradores no episódio na Costa da Águia foi gerado exatamente na Zona Principal de Deformação (IGREJA et al. 2003).

9. Implicações sociais do Evento Saracura para a comunidade da Costa da Águia

9.1 A comunidade

A Comunidade da Costa da Águia, está localizada à margem direita do rio Amazonas, na zona rural de Parintins, a 30 km à montante da cidade.

Foi fundada entre os anos 1963 e 1965 pelos senhores Mundico Velho, João Mendes Filho, João Muniz, José Cutuba, Anacleto Muniz, Licinho Bentes Batalha, José Ferreira, Osvaldo (Vavá), José Siqueira, Zadiau (Zazá), Candido Correa, Alfredo Nonato, Nascimento Pereira e seu Juca Castro.

A comunidade possui 32 famílias que estão distribuídas em seu território de abrangência, num total de 142 pessoas. Possui no seu quadro social uma escola municipal com o mesmo nome da comunidade, uma igreja cujo santo

padroeiro é o Sagrado Coração de Jesus da Costa da Águia, uma sede social do time, cujo nome é Flamengo da Costa da Águia, e um bar que faz parte da igreja e só é utilizado nos dias de festejo do santo.

Por ser área de várzea, a comunidade da Costa da Águia sofre as inundações periódicas em decorrência do regime de cheia e vazante do rio. Após a cheia, quando as águas baixam, os moradores da comunidade aproveitam que a terra está saindo limpa e fértil das águas e fazem a semeadura. Nesse sentido Cruz (2007) afirma que:

Os diferentes cultivos realizados na várzea pelos camponeses ribeirinhos estão todos diretamente relacionados com o processo de subida e descida do nível da água [...]. Para os camponeses-ribeirinhos que vivem nesse ambiente o processo de oscilação dos rios é fundamental, uma vez que as águas ao transbordar depositam uma grande quantidade de sedimentos, principalmente silte e argila, tomando, por sua vez, o solo ideal para a realização dos cultivos. (CRUZ, 2007, p. 72).

É nesse universo cíclico que o ribeirinho local constrói sua morada, perto da mata, na beira do rio. A cíclica da natureza contribui para o desenvolvimento da vida social, econômica e cultural da comunidade.

Figura 65: Imagem de casas na comunidade.



Fonte: Silva et al. (2013).

Os agricultores da Comunidade da Costa da Águia possuem um sistema de produção basicamente caracterizado pela prática de cultivos de espécies de ciclo curto como: melancia, mandioca, milho, pimentão, feijão, banana, tendo maior destaque para o cultivo de fibra (juta e malva), em seguida mandioca com a qual se produz farinha que, juntamente com o peixe, constituem a base da alimentação dos moradores locais.

Figura 66: Processo de desfibramento de malva na Amazônia.



Fonte: Jorge Araújo (2011).

O cultivo da juta/malva se caracteriza pelo uso do trabalho manual, com auxílio de poucos instrumentos, porém com uma boa produtividade (NODA, 2010).

9.2 Implicações socioeconômicas

O impacto social do evento foi grande, pelo menos 33 famílias de agricultores sofreram graves consequências que iam desde perdas de áreas de cultivo até perda humana. A perda total de áreas de cultivo por parte de alguns agricultores foi desastrosa, visto que, a comunidade sobrevive principalmente da cultura de malva (fibra) e de pequenas culturas de subsistência. Calcula-se que aproximadamente 20 hectares de malva tenham sido perdidos em função da intensidade do evento, principalmente das ondas que “varreram” a margem.

A força do fenômeno foi capaz de lançar duas embarcações para terra, comprometendo suas estruturas (figura 67).

Figura 67: Embarcações lançadas para a terra pela onda gigante.



Fonte: Arquivo pessoal de José Alberto Lima de Carvalho, registrado em 10/03/2007.

O episódio catastrófico foi noticiado em vários portais de notícias na região ganhando repercussão nacional como pode-se observar nas figuras 68 e 69.

Figura 68: Folha de São Paulo noticiando o episódio.

São Paulo, domingo, 18 de março de 2007 **FOLHA DE S.PAULO** **cotidiano**

[Texto Anterior](#) | [Próximo Texto](#) | [Índice](#)

Abalo sísmico provocou onda gigante no AM, diz estudo

Há risco de novos incidentes devido a falha geológica no Amazonas, segundo pesquisadores, que aconselham governo a remover famílias ribeirinhas

Fonte: Kátia Brasil, Agência Folha, em Manas (2007).

Figura 69: Portais de notícias retratando o Evento Saracura da Costa da Águia.

A MENU      **O TEMPO**

SUPER NOTÍCIA RÁDIO SUPER SUPER.FC TEMPO TV O TEMPO BETIM CLUBE O TEMPO ASSINE O TEMPO VERSÃO DIGITAL

Portal O Tempo > Brasil > Artigo

"Tsunami Amazônico" assusta comunidade

06/03/07 - 00h02     

B PRIMEIRA MÃO COLUNISTAS NOTÍCIAS SEM FRONTEIRAS VÍDEOS POD

como fenômeno das terras caídas", explicou.

Tsunami fluvial em 2007

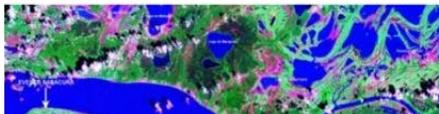
O pesquisador relembra que, os municípios entre São Paulo de Olivença e Torantins têm sofrido com o fenômeno provocado pela erosão fluvial no Rio Solimões e que em 2007 aconteceu um tsunami fluvial em Parintins.

C AMAZONAS 

Tsunami em 2007

De acordo com o pesquisador, os municípios entre São Paulo de Olivença e Torantins têm sofrido com o fenômeno provocado pela erosão fluvial no Rio Solimões. Em entrevista à Rede Amazônica, ele relembrou o tsunami fluvial que aconteceu em 2007, em Parintins.

"Na época, ocorreu na margem do rio Amazonas, na comunidade Saracura, um deslizamento de terra de grande porte, que mobilizou cerca de 500 m de extensão do barranco, por 60 m de profundidade.



D SUPOSTO TSUNAMI NA AMAZÔNIA; VEJA O MOTIVO

De Fabiane Monteiro | 15 de janeiro de 2020  



A – Portal de notícias “O Tempo” de Belo Horizonte -MG noticiando o trágico episódio na Costa da Águia; B – Portal “O único” divulgando o “tsunami fluvial” ocorrido na Costa da Águia em 2007; C – Repercussão do caso à nível nacional no Portal de notícias G1; D – Em 2020 o portal de notícias AMAZONIAPRESS relembrou o ocorrido em 2007 na Costa da Águia.

Além das áreas de cultivo atingidas, duas residências tiveram perda total enquanto outras foram danificadas parcialmente, porém, a maior perda foi a morte do agricultor Jorge Castro da Silva, que desapareceu ao passar pelo local atingido pelo abatimento do pacote sedimentar, enquanto tentava avisar um outro morador sobre os afundamentos.

Figura 70: Impacto das ondas na margem e a perda de áreas de cultivo de malva.



Fonte: Arquivo pessoal de José Alberto Lima de Carvalho, tiradas em 10/03/2007.

Calcula-se que pelo menos 130 pessoas foram atingidas direta e indiretamente pelo trágico evento.

9.3 Impacto psicológico

Sete dias após chegarem no local, os pesquisadores da Universidade Federal do Amazonas Hailton Luiz Siqueira da Igreja e José Alberto Lima de Carvalho nos descrevem um cenário caótico:

Além das perdas materiais e do ente querido os moradores estavam em pânico, pois perderam a confiança de morar no local. Em depoimento diziam que davam graças a Deus quando o dia amanhecia, pois não conseguiu dormir durante a noite com receio de novos eventos. Atônitos não conseguiam entender o que poderia ter causado tamanha tragédia (CARVALHO et al. 2009, p. 9).

"Vimos uma onda muito grande, uma coisa que nunca tinha visto na vida", afirmou um morador local em entrevista três dias após o ocorrido. Por meio de celular o morador da Vila do Bentes (margem esquerda do rio Amazonas) Marisson Garcia, disse à reportagem da Folha de São Paulo que a onda gigante "parecia um prédio, crescendo a uma velocidade imensa. Nossa embarcação

não conseguiria nunca chegar (à comunidade) para ajudar alguém, porque seríamos sugados pela onda."

Segundo relatos dos moradores, a onda teria atingido facilmente 8 a 9 m de altura, sendo que alguns acreditam que foi bem mais, todavia, o que não podemos negar é o fato de que em 2007 a Costa da Águia foi atingida por uma onda de dimensão insólita, o que ganhou repercussão na mídia nacional, causando espanto e curiosidade em todos aqueles que ouviam.

Logo após o evento, os moradores foram assistidos pelas autoridades do município, inclusive com acompanhamento de uma psicóloga. Aproximadamente 21 moradores foram retirados do local imediatamente e abrigados em uma escola da comunidade Vila do Bentes, que fica na margem esquerda do rio Amazonas. Segundo os moradores, o evento só não teria causado mais perdas humanas em função do momento em que ocorreu (11 da manhã), momento esse em que os moradores se ocupavam com as atividades agrícolas.

De acordo com os relatos, o forte estrondo que vinha do rio serviu como uma espécie de alerta para o que estava por vir, isso possibilitou com que os agricultores que estavam retirando fibras de malva saíssem da água rapidamente, bem como os moradores que se encontravam mais susceptíveis, saíssem de perto da margem evitando assim maiores danos.

Em depoimento aos professores da UFAM, os moradores se mostravam completamente atônitos, apreensivos, não conseguiam entender o ocorrido. Quando perguntados sobre o que poderia ter causado o fenômeno, diziam não poder se tratar de "cobra grande", pois, segundo eles, nenhum bicho seria capaz de causar tudo aquilo. Um dos moradores chegou a sugerir a hipótese de o evento ter sido desencadeado por alguma espécie de bolha de gás que teria explodido no fundo da terra, e que teria levantado o fundo do rio.

Alguns dias após o evento houve uma reunião onde estavam presentes os moradores, prefeito, corpo de bombeiros, Defesa Civil de Parintins, psicólogo, professores da UFAM (Hailton da Igreja e Alberto Carvalho) e outros interessados no ocorrido com objetivo de decidir os rumos que a comunidade deveria tomar a partir de então. Na ocasião foi acordado que a área deveria ser evacuada, isso em virtude de que acontecimentos dessa mesma natureza já teriam ocorrido em anos anteriores. Também foi estabelecido a execução de um levantamento de todos os prejuízos materiais que o evento teria causado às

famílias atingidas a fim de que pudessem solicitar recursos junto às autoridades locais. Por fim, a área deveria ser continuamente monitorada.

A comunidade nunca foi totalmente evacuada por conta principalmente da insatisfação dos moradores com os planos de realocação proposto pela prefeitura, também pelo vínculo que o ribeirinho possui com a terra, o que dificulta a sua saída.

Apreensivos pela situação da comunidade da Costa da Águia, as autoridades do Município de Parintins e do Estado do Amazonas solicitaram a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – uma vistoria com objetivo de emitir um laudo técnico da situação. A vistoria foi realizada vinte e dois dias após ocorrido pelos geólogos José Moura Villas Bôas e Rafael Fernandes Bueno, que, em relatório técnico, sugeriram a realização de “estudos detalhados durante os períodos de seca e cheia ao longo da calha do rio, para o acompanhamento da dinâmica fluvial e sua influência no fenômeno ‘terras caídas’, na área afetada (CPRM, 2007, p. 8). Segundo os técnicos, “este estudo poderia se estender a outros locais para a prevenção dos malefícios desses eventos, constantes na região amazônica. Com este trabalho poderemos monitorar parâmetros de influência e contribuir para evitar ou diminuir a incidência de acidentes em menor ou maior escala.” (CPRM, 2007, p. 8).

Atualmente, ao visitarmos a comunidade da Costa da Águia, temos a nítida impressão de que a confiança dos moradores em ali residir retornou, isso se deve principalmente ao passar dos anos, o que fez do trágico evento nada além de uma lembrança que insiste em se mesclar ao imaginário ribeirinho.

Todavia, a complexidade que norteia os acontecimentos que desencadearam o Evento Saracura da Costa da Águia continuam a chamar nossa atenção. As mudanças na paisagem, as perdas materiais e o medo psicológico que, mesmo depois de anos, persiste na mente de alguns moradores, justificam a necessidade de novos estudos que visem compreender cada vez mais a influência que a neotectônica tem sobre a paisagem fluvial amazônica, em especial no município de Parintins.

CONCLUSÕES

A proposta de se compreender a problemática entorno Evento Saracura da Costa da Águia nos permitiu tecer relevantes considerações a respeito do papel que a neotectônica tem dentro da bacia hidrográfica amazônica, em especial nos episódios de terras caídas do tipo abrupto que tanto modificam a paisagem fluvial amazônica, podendo causar inúmeras implicações a população ribeirinha.

A forma de abordagem adotada pelo presente trabalho, bem como os procedimentos técnicos utilizados se mostraram eficientes na medida em que nos possibilitaram uma visão ampla, concisa e, na medida do possível, próxima do entendimento do evento estudado, embora muitas outras questões levantadas precisem de maiores explicações, o que só poderá acontecer mediante a estudos mais aprofundados, bem como um maior tempo de observação. Assim sendo, na conclusão desse trabalho apresentaremos as seguintes considerações:

1 – O Evento Saracura da Costa da Águia aconteceu na intersecção de dois *trends* estruturais, exatamente no Lineamento Lago Arari – N70W, que controla boa parte do rio Amazonas no município de Parintins e Falha Saracura – N40E, que controla o cinturão de várzea no qual se encontra a Costa da Águia.

2 – A movimentação transcorrente destrai com subsidência para sul do Lineamento Arari, além de provocar uma movimentação do rio Amazonas para sul, também é compatível com a geração do Duplex Transtensional de Parintins, o que caracteriza a Costa da Águia como uma zona sismogênica, portanto, instável na medida em que sofre influência direta da neotectônica.

3 – Suscitamos, pois, a hipótese de que um colapso no leito do rio Amazonas, bem em frente a Costa da Águia provocado por um reajuste de blocos neotectônicos escalonados (da ordem de centenas de metros), exatamente na intersecção dos *trends* estruturais, teria provocado um basculamento para sul em concordância com o movimento destrai do Lineamento Arari, o que explicaria a acomodação em “dominó” de oeste para leste dos blocos neotectônicos acarretando o abatimento da margem direita e a abertura da enseada.

4 – Consideramos o abatimento da margem direita como terras caídas a partir do momento em que classificamos o fenômeno em função do tempo e da

amplitude. No caso da Costa da Águia em 2007, o abatimento da margem e a abertura da enseada podem ser considerada terras caídas do tipo abrupta, ou seja, quando o fenômeno tem sua origem associada a eventos neotectônicos, nesse caso o fenômeno apresenta um caráter instantâneo, repentino, destrutivo e catastrófico, podendo atingir áreas quilométricas da margem, o que lhe faz amplamente perceptível.

5 – Assim como é inegável o controle estrutural que a tectônica exerce sobre os vales por onde escoam grande parte da rede de drenagem amazônica, também é notório o importantíssimo papel que a neotectônica tem na transformação da paisagem ribeirinha, em especial nas zonas de evidente controle estrutural. Nesse sentido, o Evento Saracura da Costa da Águia pode ser considerado, além de um modelo ideal para estudo de caso, também um importante referencial histórico das terras caídas provocadas por atividades neotectônicas na região amazônica.

RECOMENDAÇÕES

Diante do exposto, torna-se cada vez mais clara a necessidade da elaboração de novos estudos que abordem a influência que a neotectônica tem sobre o fenômeno das terras caídas na Amazônia. O melhor seria a elaboração de um projeto multi-institucional envolvendo técnicos das mais variadas áreas do conhecimento, a fim de que se possa realizar de maneira multidisciplinar levantamentos sistemáticos sobre o fenômeno no intuito de prever situações emergenciais, permitindo assim que as autoridades competentes possam tomar as ações preventivas.

Recomenda-se também o mapeamento das áreas de risco, uma hierarquização das áreas de *hotspots* contribuiria bastante para o planejamento ocupacional com relocação de moradias e priorização de possíveis intervenções geotécnicas. Nesse sentido a utilização de sensoriamento remoto, bem como seu cabedal de métodos interpretativos têm contribuído com vital eficiência.

Por fim, sugere-se que sejam realizados novos estudos geológico-estrutural mais detalhado na região de Parintins com objetivo de melhorar a caracterização das geoestruturas, dos cinturões de várzea, bem como das unidades estratigráficas a fim de comprovar a interpretação sustentada por esse trabalho.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Amazônia brasileira. – Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia Brasileira.** Editora: Ateliê, 2002, p. 9.
- AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê, 2003, p. 159.
- ALMEIDA, F. F. M. **A Evolução dos Crátons Amazônicos e do São Francisco comparada com seus homólogos do hemisfério norte.** In: Conor. Bras. Geol., 30. Recife, 1978. Anais. Recife, SBQ. v.6. p. 2303-2407.
- ALVAREZ, M. E. B. **Organização, sistemas e métodos.** São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- ANA - Agência Nacional de Águas; CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais; SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia. **Monitoramento hidrológico. Boletim nº 32 – 22/10/2010.**
- ANA - Agência Nacional de Águas; CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais; SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia. **Monitoramento hidrológico. Boletim nº 04 – 30/01/2015.**
- ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: hidroweb.ana.gov.br. Acesso em: 25/02/2019.
- AMARAL, G. **Geologia pré-cambriana da região amazônica.** Tese de livre docência - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 1974, p. 212.
- ANDRADE, C. A. C.; CUNHA, F. M. **Revisão geológica da bacia paleozoica do Amazonas.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo. Anais. São Paulo: SBG, 1971. p. 93-112.
- ALVES, C. A. **Análise multitemporal e morfodinâmica no entorno da confluência do rio Solimões com o rio negro.** (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Amazonas), Manaus-AM, 2019.
- ARAÚJO, A. G. S. **Morfodinâmica fluvial do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento-AM.** (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Amazonas), Manaus-AM, 2018.
- BARRADAS, J. I.; AMARAL, F. D.; HERNÁNDEZ, M. I.; FLORES-MONTES, M. J.; STEINER, A. Q. **Tourism impact on reef flats in Porto de Galinhas beach, Pernambuco, Brazil.** Arquivo de Ciências do Mar, v. 45, n. 2, p. 81-88. 2012.
- BARTORELLI, A. (Org). **Geologia do Brasil.** São Paulo: Beca, p. 430-452, 2012.
- BERTANI, T. C. **Sensoriamento Remoto e caracterização morfológica no Baixo rio Solimões, com análise de suas rias fluviais.** 2015, p. 156. (Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, INPE) São José dos Campos, 2015.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas.** Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, G; BERTRAND, C. ***Paysage et Geographi Globale: Esquisse Methodologique***. *Revue Geographique de Pyinées et du Sud-Quest*. Toulouse, v. 39 n. 3, p. 249-272, 1968.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. n.13. São Paulo, 1971.

BEMERGUY, R. L; COSTA, J. B. S. **Considerações sobre a evolução do sistema de drenagem da Amazônia e sua relação com o Arcabouço Tectônico-Estrutural**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, v.3, p. 75-97, 1991.

BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. Florianópolis, EDUFSC, 1990, p. 183.

BRANCO, S. M. **Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. São Paulo: Edgar Blücher, 1989.

CABRAL, J. J.; SANTOS, S. M.; PONTES FILHO, I. D. **Bombeamento Intensivo de Água Subterrânea e Risco de Subsidência do Solo**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.11, 2006. p.147-157.

CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo, SP: Editora Cultrix, 1996.

CARNEIRO, D. S. **Morfodinâmica fluvial do rio Solimões, trecho Tabatinga a Benjamin Constant - AM e suas implicações para o ordenamento territorial**. p. 156. (Dissertação. Mestrado em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense), Niterói, 2009.

CARVALHO, J. A. L. **Terras Caídas e Consequências Sociais. Paraná da Trindade, município de Itacoatira-Am, Brasil**. (Dissertação). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

CARVALHO, J. A. L. et al. **Episódio de terras caídas no rio Amazonas: caso Costa da Águia, Parintins-AM**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009. José Alberto Lima de Carvalho; Hailton Luiz Siqueira da Igreja; Sandra Baptista da Cunha e Deize de Souza Carneiro.

CARVALHO, J. A. L.; ALMEIDA, N. V.; CUNHA, S. B. **Evento Catastrófico das Terras Caídas e Implicações Sociais em Trecho do Rio Amazonas à Montante da Cidade de Parintins-Amazonas**. In: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física / II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Coimbra-Portugal, 2010. v. 01.

CARVALHO, A. L. **Erosão nas margens do rio Amazonas: o fenômeno das terras caídas e as implicações na vida dos moradores**. Tese (Doutorado). Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGEO/UFF- 2012, p. 185.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Rottledge, 2008. p.12.

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and general systems theory**. U.S. Geol. Survey. Prof. Paper, n. 500-B, p. 1-10, 1962.

_____. **Models in Geomorphology**. In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Ed.). *Models in Geography*. Londres: Methuen e Co., 1967, p. 43-96.

CHRISTOFOLETTI, A. **“A análise de bacias hidrográficas”**. Edgard Blücher, EDUSP. São Paulo: 1974.

_____. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo – Hucitec: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1979, p. 106.

_____. **Geomorfologia**. Edgard Blücher, São Paulo, 1980. 2ª edição. p. 188.

_____. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. vol. 1. p. 313.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COELHO, F. J. F.; FERREIRA, H. C.; BARROS-SILVA, S.; RIBEIRO, A. G.; TEREZO, E. F. M. **Vegetação. Projeto RADAMBRASIL: Folha SA.21-Santarém**. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. p. 309-414.

COSTA, J. B. S. et al. **Aspectos fundamentais da neotectônica na Amazônia Brasileira**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO QUATERNÁRIO DA AMAZÔNIA. 1993, Manaus. Anais. Manaus: UFAM, 1993. p. 103-6.

COSTA, J. B. S. et al. **Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais**. 1996. Revista Geonomos, 4 (2), p. 23-44.

COSTA, J. B. S. **A Neotectônica na Amazônia**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, Belém, 1996. Boletim de Resumos Expandidos... Belém: SBG, 1996, p. 35-38.

COSTA, J. B. S.; BEMERGUY, R. I.; HASUI, Y. BORGES, M. S. **Tectonics and paleogeography along the Amazon River**. *Journal of South American Earth Science*. 2001. V.14, p. 335-347.

COSTA, J. B. S. et al. **Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais**. Revista Geonomos. Vol. 4, n.2, p. 23-44, 2008.

CORDANI, U. G.; BRITO-NEVES, B. B.; FUCK, R. A.; PORTO, R.; THOMAZ-FILHO, A.; CUNHA, F. M. B. **Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras**. Rio de Janeiro: Petrobras, 1984, p 70. (Ciência Técnica Petróleo. Seção: Exploração de petróleo, 15).

CPRM-AM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Relatório de Vistoria do Evento Saracura/Costa da Águia - Município de Parintins**. Manaus-AM, março de 2007.

CPRM- ES - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Curo básico de Percepção e Mapeamento do Risco Geológico**. – Vitória-ES, setembro de 2018.

CRUZ, M. M. **A territorialização camponesa na várzea da Amazônia**. (tese de doutorado) - Universidade de São Paulo, 2007.

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C.; FEIJÓ, F. J. **Bacia Amazonas: Boletim de Geociências da Petrobrás**, 1994. v.8, p. 47-55.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

CUNHA, P. R. C. et al. **Bacia do Amazonas**. Boletim de Geociências Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 227-251, maio /nov. 2007.

CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Secretaria de Estado da Cultura; CCPA. 2009, p. 160.

CULLING, W. E. H. *The Journal of Geology*. Vol. 65, No. 5 (Sep., 1957), p. 451-467.

DIAS, R. L.; PEREZ FILHO, A. **Geocronologia de Terraços Fluviais na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí-SP a partir de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE)**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 16, p. 422, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2º ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. p. 212.

EIRAS J. F; et al. Bacia do Solimões. In: **Boletim de Geociências de Petróleo Brasileiro S.A**, Rio de Janeiro, n.8, v.1, p.17-45, 1994.

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná**. 2004, p. 122. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2004.

FORTES, M. R. **Planejamento ambiental urbano em microbacia hidrográfica: uma introdução ao tema**. In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 193-219.

FRANZINELLI, E. **Sedimentação quaternária no baixo rio Amazonas, Brasil**. In: *Cong. INQUA, 3, Ottawa, Programme with abstracts*. 1987, p. 168.

FRANZINELLI, E.; IGREJA, H. **Occurrence of landslides in the Valey of Solimões-Amazon River and its tributaries, causes of formation end environmental implication**. In: *THIRD JOINT MEETING OF ICSE DARK NATURE AND IGCR 490. HOLOCENE ENVIRONLOWDANDS TO THE ANDES*, 3., 2005, Córdoba. Proceedings... Córdoba, AR, 2005, p. 32-24.

GALLOWAY, D. L.; BURBEY T. J. **Review: Regional Land Subsidence Accompanying Groundwater Extraction**. *Hydrogeology Journal*, 2011. p. 1459-1486.

GOMES, P. C. **Geografia e Modernidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GONÇALVES, J. H. (orgs.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003.

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1992. p. 367.

HARDING, T. P.; LOWELL, J. D. **Structural styles, their plate-tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum provinces**, 1979.

HASUI, Y. **Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil**. In: Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozoica continental no sudeste brasileiro. Belo Horizonte, 1990, Anais: 1-31.

HASUI, Y.; HARALYI, N. L.; COSTA, J. B. S. **Megaestruturação pré-cambriana do território brasileiro baseada em dados geofísicos e geológicos**. São Paulo: Editora da UNESP. Geociências, 1996, 12 (1):7- 32.

HAGGET, P. **Geography: a modern synthesis**. New York: Harper e Row, Publishers, 1979, p. 627.

HiBAM - Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. **Relatório das campanhas de medições nos rios Amazonas, Negro, Solimões, Madeira, Trombetas e na Várzea do Lago Grande de Curuai 18/03/2005 – 06/04/2005** (Manaus – Santarém – Várzea de Curuai - Santarém - Manaus).

HOMMA, A. K.; FRAXE, T. J. F. (Org.). **A cultura de juta e malva na Amazônia Ocidental: sementes de uma nova racionalidade ambiental?** - São Paulo, Editora Annablume, 2010.

HOWARD, A. D. **Equilíbrio e dinâmica dos sistemas geomorfológicos. Notícia Geomorfológica**. Campinas, 1973.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas geográfico escolar**. 5. Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2009, p. 218.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 21/03/2019.

IGREJA, H.; FRANZINELLI, E. **Neotectônica: o lineamento Rio Negro**. DE GEO. UFAM, 1987.

IGREJA, H.; CATIQUE, J. **Análise neotectônica do lineamento de Itacoatiara centro-leste do Estado do Amazonas**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4., 1997, Pirinópolis, Goiás. Anais... Pirinópolis, Goiás, 1997.

IGREJA, H. L. S. **Aspectos do Modelo Neotectônico da Placa Sul -Americana na Província Estrutural Amazônica, Brasil**. 1988. Tese (Acesso à classe de Professor Titular) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1998.

IGREJA, H.; FORTES, M. R. F.; TOLEDANO, M. S. A. **Revisão conceitual de paraná com base na geologia e geomorfologia: paraná do Careiro, Estado do Amazonas**. In: SEMANA DE GEOGRAFIA, 1999, Manaus. Anais. Manaus: UA; DE GEO, 1999. p. 47-60.

IGREJA, H.; FORTES, M. R. **Geomorfologia Tectônica da Microbacia do Puraquequara, Cidade de Manaus – Estado do Amazonas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. Anais. Paraíba, 2002.

IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E.; MELO, A. **Analysis of Geological joints and their relationship with geomorphologic features of risk of greater Manaus**. *The International of geomorphologists and Mexican Society of Geomorphology Conference*, V. 8, 2003.

IGREJA et al. **Terras-caídas: denominação regional para um fenômeno multicausal**. In: SEMANA DE GEOGRAFIA DO ESTADO DO AMAZÔNAS, 11., 2004, Manaus. Resumos... Manaus, 2004.

IGREJA, H. L. S. et. al. **Análise Geoestrutural de Terras Caídas Sísmica por meio de Imagem do Satélite LANDSAT 7: Evento Saracura da Costa da Águia - Município de Parintins (AM)**. In: X Simpósio de Geologia da Amazônia, 2007, Porto Velho. v. 01. p. 1345-1348.

IGREJA, H. L. S; CARVALHO, J. A. L; FRANZINELLI, E. **Aspectos das terras caídas na região Amazônica**. In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 135-153.

INFANTI JR. N.; FORNASARI F. N. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: Geologia de Engenharia. SANTOS, A, M dos, OLIVEIRA, S. N A. de B. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: 25/02/2019.

IRIONDO, M. H. **Geomorfologia da planície Amazônica**. In: ATLAS DO SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL. Anais... 1982. p. 323-348.

JUNK, W. J. **As águas da região Amazônica**. In: Amazônia: desenvolvimento, integração, ecologia. São Paulo: Brasiliense; (Brasília) CNPq, 1983. p. 45-100.

KRONER, A.; STERN, R. J. **Pan-African Orogeny**. *Encyclopedia of Geology*: 2004.

LABADESSA, A. S: **“Terras caídas”, as causas naturais e antrópicas: uma ocorrência na comunidade de São Carlos – Médio Madeira/RO**. Geoiingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Maringá, v. 3, n. 1, p. 45-61, 2011.

LANDIM, P. M. B. et al. **Minerais pesados provenientes do rio Amazonas**. *Acta Amazônica*, 1978. V. 9, n .3, p.120-130.

LEMOS, R. C; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 3ª Ed. Campinas – SP, 1996, p. 83.

LEOPOLD, L.B.; MADDOCK, T. (1953) **The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications**. *Professional Paper, United States Geological Survey, Washington*, 1953, p. 252-257.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J. P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. Freeman, San Francisco, 1964, p. 522.

LIMA, M. S. B. **Movimentos de massa nos barrancos do rio Acre e implicações socioeconômicas na área urbana de Rio Branco/Acre**. (Dissertação. Mestrado em Geografia) Florianópolis: UFSC, 1998.

MARQUES, R. O. **Erosão nas margens do rio Amazonas: o fenômeno das terras caídas e as implicações para a cidade de Parintins-AM**. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Amazonas), Manaus-AM, 2017.

MEIS, M. R. **Considerações geomorfológicas sobre o Médio Amazonas**. *Revista Brasileira de Geografia - IBGE*. Rio de Janeiro, 2:3-20,1968.

MENDES, J. C. **Notas sobre a Bacia Sedimentar Amazônica**. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, 1957, 26:3-37.

MIOTO, J. A. **Sismicidade e zonas sismogênicas do Brasil**. Rio Claro: IGCE/UNESP. Tese (Doutoramento), 1993. 2 v. p. 21.

MOLION, L. C. B. **Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico**. *Revista Climanalise* Ano 03 – Nº 01, 2006. Disponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>. Acesso em: 15.07.2019.

MONTEIRO, M. Y. **O sacado: morfodinâmica fluvial**. *Cadernos da Amazônia*. Manaus: CNPq- Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, 1964, p. 38.

MONTEIRO, A. B.; COSTA, W. D. E.; FRANCA A. E. "**Zona A**": **O Aquífero Cabo Pedre Socorro**. Anais em CD do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste - ABAS - Núcleo Pernambuco – 2001, Recife – PE.

NETO, M. R. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação**. Revista de Geografia de Londrina, v. 17, n. 2, 2008.

NODA, S. N. **Agricultura familiar amazonense: mobilidade e relações de trabalho na produção de juta e malva**. In: WITKOSKI, A. C.; FERREIRA, A. S.;

NOVO, E. M. L. **Ambientes Fluviais**. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia, conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

OBRUCHEV, V. A. 1948. **As principais características dos contornos plásticos e neotectônica**. Academia de Ciências da URSS, Izvestia Geology - Series, 5, p. 13-24.

OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas, organizações e métodos: uma abordagem gerencial**. 13. ed. São Paulo, 2002.

PEREZ FILHO, A. **Paradigma da Complexidade Aplicado ao Estudo da Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos**. Anais do 5º Encontro Nacional da ANPEGE, p. 2570-2580, 2003.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil-Fanerozoico**. (T. A. Queiroz, ed.). 1988. EDUSP, São Paulo, v.9.

PRESS, F. et al. **Para entender a Terra**. Tradução de Rualdo Meneget. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006, p. 656.

PROKOPOVICH, N. P. **Genetic classification of land subsidence. Evaluation and Prediction of Subsidence**. *Engineering Foundation Conference in Penacola Beach New York*, 1978, p. 389-399.

PUTZER, H. **The geological evolution of the Amazon basin and its mineral resources**. In: *The Amazon: limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin* (H. Sioli, ed). Dr. W. Junk Publisher, Dordrecht, 1984.

QUINTANILHA, J. A. et al. **Notas de aula da disciplina PTR 5003 – Fundamentos de Informações Espaciais** – Disciplina de Pós-Graduação – Departamento de Engenharia de Transportes – EPUSP – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, 2004.

REBELLO, A. **Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas (EDUA), 2010.

RANZI, A. **Paleoecologia da Amazônia**. 2000. Florianópolis, Editora da UFSC.

RODRIGUES, C; ADAMI, S. **Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas**. In: VENTURI, L. A. B. *Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 147-166.

ROZO, J. M. G. **Evolução holocênica do rio Amazonas entre a ilha do Careiro e a foz do rio Madeira**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Geociências. Manaus-UFAM, 2004, p. 93.

SARDINHA, F. P. Q.; CARVALHO, J. A. L. de; ALVES, A. C.; CASTRO, R. G. de. **Evento catastrófico de subsidência e suas implicações sociais em trecho do rio Amazonas à montante da cidade de Parintins-AM.** In: XIII Encontro Nacional de Pós-graduação em Geografia. São Paulo, 2019.

SCHOBENHAUS, C; NEVES, B. **A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana.** In: BIZZI, L. A; SCHOBENHAUS, C; VIDOTTI, R. M; GONÇALVES, J. H. (orgs.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil.** Brasília: CPRM, 2003.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado.** São Paulo: Hucitec, 1988.

SCHUMM, S. A. **The shape of alluvial channels in relation to sediment type.** Professional Paper, United States Geological Survey, Washington, 1877, p. 352.

SILVA, C. L. **Análise da tectônica cenozoica da região de Manaus e Adjacências.** p. 285. (Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Rio Claro) Rio Claro – SP, 2013.

SILVA, C. L; ROSSETI, D. F. **História geológica dos rios da Amazônia. Cienc. Cult.** v.61, n.3, p. 24-26, 2009.

SILVA, S. H. et al. **Questão Social na Amazônia: percepções sobre as condições de vida dos produtores de malva da Costa da Águia – município de Parintins/Am.** RELEM – Revista Eletrônica Mutações, julho – dezembro, 2013.

SIMAS, J. L. **Análise Morfoestrutural da Região da Cidade de Manaus (AM).** Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM, 2008.

SILVA, T. M.; SANTOS, B. P. **Os Sistema de drenagem e evolução da paisagem. Rev. Geogr. Acadêmica,** volume 04, número 01, 2010. p. 5-19.

SIOLI, H. **Amazônia: fundamentos de ecologia da maior região de florestas tropicais.** Petrópolis - RJ: Vozes, 1985, p. 72.

SOCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistemas. Métodos em Questão.** São Paulo: USP/ IG, 1977, n. 16.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STERNBERG, H. O. **Vales tectônicos na planície amazônica?** Revista brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, ano 12, n.4, out./dez., 1950.

STERNBERG, H. O. R. **A água e o homem na Várzea do Careiro.** 2 Ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1998, p. 330.

STRAHLER, A. N. **Dynamic basis of geomorphology. Bulletin Geological Society America,** v.63, p.923-38, 1952.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais.** Florianópolis, EDUFSC, 1990, p. 183.

_____. (1999). **Geologia Do Quaternário E Mudanças Ambientais.** São Paulo Paulo's Editora, p. 366.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010. p. 408.

SUMMERFIELD, M. A. ***Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landform***. John Wiley and Sons Inc., New York, 1991.

WEBER, M. ***The Protestant Ethic and the Sprit of Capitalism***. Plon, 1967.

TANAJURA, L. X. **Análise geoespacial dos processos de subsidência na planície deltaica do Rio. São Francisco**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geociências-2017, p. 16-19.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

TRICART, J. L. F. **Tipos de planícies aluviais e de leitos fluviais da Amazônia brasileira**. Revista Brasileira de Geografia - IBGE. Rio de Janeiro, 1977. p. 3-37.

TROPPIAIR, H. **Sistemas, Geossistemas, Geossistemas Paulistas, Ecologia da Paisagem**. Rio Claro: Edição do Autor, 2004.

TROPPIAIR, H.; GALINA, M. H. **Geossistemas**. Mercator – Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 10, 2006, p. 79-89.

VITTE, A. C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física**. Mercator, v 6, n. 11, p. 71-78, 2007.

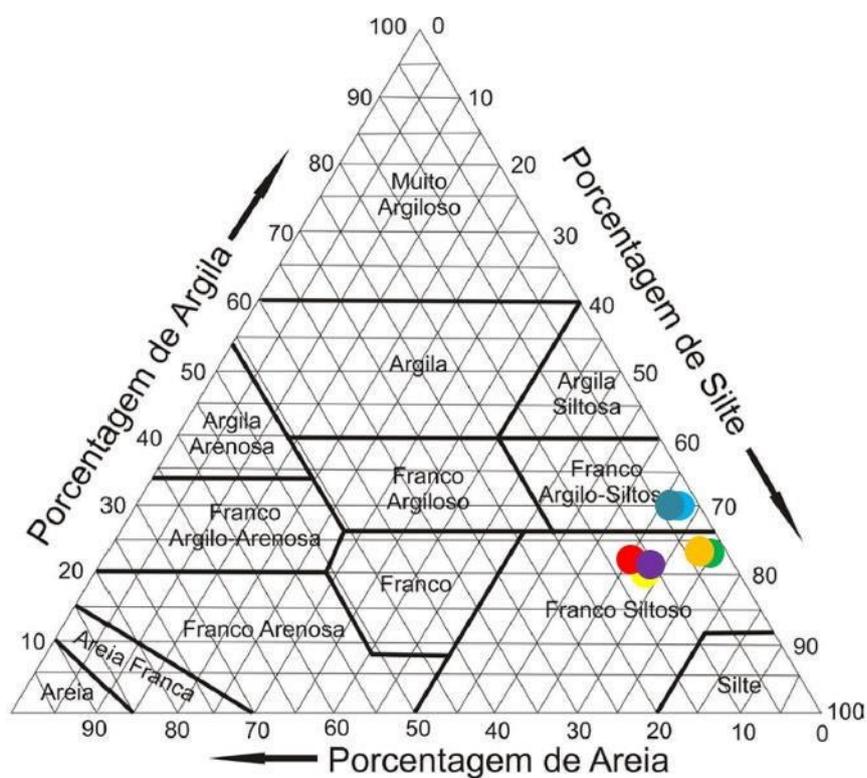
ZALÁN, P. V.; WARME, J. E. - ***Tectonics and sedimentation of the Piauí-Camocím sub-oats. Ceará Basin, oflshore northeastern Brazil***. Rio de Janeiro, Petrobrás/Cenpes. 1986, p. 17.

YUILL, B.; LAVOIE, D.; REED, D. J. ***Understanding subsidence processes in coastal Louisiana***. *Journal of Coastal Research*, p. 23-36, 2009.

APÊNDICE

APÊNDICE 1

Classe textural – Perfil de solo. Costa da Águia.



Amostra	Profundidade (cm)	Classe textural
	0 – 2	Franco Siltosa
	2 – 45	Franco Siltosa
	45 – 58	Franco Siltosa
	58 – 69	Franco Siltosa
	69 – 85	Franco Siltosa
	85 – 102	Franco Argilo-Siltosa
	102 – 150	Franco Argilo-Siltosa

APÊNDICE 2

Questionário utilizado para entrevista com os moradores da Costa da Águia

1. Há quantos anos você e sua família moram no local?
2. Você já sentiu tremores de terra no local?
3. O que você lembra do episódio que aconteceu em 2007?
4. Você acredita que esse tipo de episódio pode ocorrer novamente?
5. De que forma o episódio afetou a sua vida?
6. Desde então a prefeitura ou algum outro órgão já esteve no local para propor alguma solução?
7. Você conhece alguma família que se mudou da área devido o ocorrido em 2007?
8. Em sua opinião, o que poderia ter causado o fenômeno?

ANEXO

ANEXO 1
Análise granulométrica
Método da Pipeta (EMBRAPA, 2007)

- Procedimento:
- Pesar 20 g de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e transferir para becker de 250 ml;
- Adicionar 199 ml de solução de NaOH 0,1 M (10 ml de NaOH 1M em 100 ml de água destilada);
- Agitar com auxílio de um bastão de vidro e deixar em repouso durante uma noite, cobrindo o copo com vidro de relógio;
- Colocar o conteúdo no copo do agitador mecânico e proceder à agitação por 15 min, e no caso da amostra arenosa, de 5 a 10 min;
- Passar o conteúdo através de peneira de malha 0,053 mm, ou 0,062 mm, colocada sobre um funil apoiado em um suporte, tendo logo abaixo uma proveta de 1000 ml;
- Lavar o material retido na peneira com jato de água até uma lavagem eficiente e rápida das areias;
- Completar o volume da proveta com auxílio de uma pisseta;
- Agitar a suspensão durante 20 seg. com um agitador manual;
- Marcar o tempo logo após concluir a agitação;
- Medir a temperatura da amostra e verificar na tabela o tempo de sedimentação da fração de argila;
- Calculado o tempo, introduzir uma pipeta de 20 ml apoiada em um suporte até a profundidade de 5 cm, e colocar a suspensão;
- Transferir o conteúdo da pipeta para becker de 40 ml numerado e peso conhecido;
- Colocar o becker na estufa e deixar até evaporar completamente a água;
- Retirar da estufa, colocar em dessecador, deixar esfriar e pesar,
- Transferir a areia para outro becker numerado e peso conhecido, eliminar o excesso de água e em seguida colocar na estufa; Após secagem, deixar esfriar
- e pesar.

ANEXO 2
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLOS E SEDIMENTOS – LATOSSOLO

Data de entrada: ___/___/___

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: _____ Peso total da amostra (g): _____
 Programa (disciplina): _____
 Data de coleta: ___/___/___ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker vazio (g): _____ Becker c/ amostra (g): _____
 Peso total da areia (g): _____
 Peso de grânulos (g): _____

Diâmetro (mm)	Peso (g)	Frequência %		Observações
		Simplex	Acumulada	
2-1				
1-0,5				
0,5-0,250				
0,250-0,125				
0,250-0,062				
Total				

FICHA GRANULOMÉTRICA DE FINOS

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Teor de argila (%)	Umidade (%)	MO %
			Peso do Becker (BSA)	Peso do Becker c/ amostra (BCA)	Diferença (A) BCA-BSA			
						A-0,008 x 250		

Resultado:

Quantidade	(g)	(%)
Areia		
Silte		
Argila		

Resp.: _____