UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

MIRCIA RIBEIRO FORTES

**A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VEGETAÇÃO NAS FEIÇÕES
GEOMORFOLÓGICAS DA ILHA DA MARCHANTARIA: PLANÍCIE DO
RIO AMAZONAS, AM/BRASIL**

(Versão Corrigida)

São Paulo
2014

MIRCIA RIBEIRO FORTES

**A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VEGETAÇÃO NAS FEIÇÕES
GEOMORFOLÓGICAS DA ILHA DA MARCHANTARIA: PLANÍCIE DO
RIO AMAZONAS, AM/BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor.

Área de Concentração: Geografia Física

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Colangelo
De acordo

São Paulo

2014

FORTES, Mircia Ribeiro. *A distribuição espacial da vegetação nas feições geomorfológicas da ilha da Marchantaria: Planície do rio Amazonas, AM/Brasil*. São Paulo, 2014. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutora em Geografia.

Aprovada em: 07/10/2014

Banca Examinadora

Profº. Dr. Antonio Carlos Colangelo

Instituição: FFLCH-USP

Assinatura: _____

Profº. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross

Instituição: FFLCH-USP

Assinatura: _____

Prof.^a Dra. Débora de Oliveira

Instituição: FFLCH-USP

Assinatura: _____

Prof.^a Dra. Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque

Instituição: ICHL-UFAM

Assinatura: _____

Dra. Sílvia Jordão

Instituição:

Assinatura: _____

À

*grande família Ribeiro Fortes,
pela consolação nas horas difíceis
e pela origem das minhas virtudes.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo *sopro de vida*, pelas promessas cumpridas, inspirações e bênçãos em minha vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Carlos Colangelo, pela confiança, presteza e pelas contribuições para a realização desse trabalho.

Aos Professores Doutores membros da Banca de defesa, por sua participação e análise.

À Universidade Federal do Amazonas e ao Departamento de Geografia pelas (con)vivências geográficas.

À Universidade de São Paulo, que através do Departamento de Geografia, proporcionou a oportunidade de realizar um grande objetivo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), que proporcionou o desenvolvimento desta pesquisa através da concessão de bolsa de estudos.

À minha família pelas orações e palavras de incentivo: “você vai conseguir”, “você vai concluir”, entre tantas outras.

Aos amigos Georgete Cabral e Weliton Silva pelo companheirismo e apoio nos trabalhos de campo.

Aos amigos que, mesmo de longe, emaram pensamentos positivos.

*Tudo tem o seu tempo determinado,
e há tempo para todo propósito debaixo do céu.*

Eclesiastes 3:1

RESUMO

FORTES, Mircia Ribeiro. A distribuição espacial da vegetação nas feições geomorfológicas da ilha da Marchantaria – Planície do rio Amazonas, Amazonas/Brasil. 2014. 95 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Estudos biogeomorfológicos integrando a geomorfologia fluvial, neotectônica e a vegetação foram aplicados na ilha da Marchantaria, com a finalidade de analisar a distribuição da vegetação de várzea nas feições geomorfológicas. A planície do rio Amazonas é um mosaico de feições morfológicas de dimensões espaciais ora menores, ora maiores tais como ilhas, bancos arenosos, furos, paranás e lagos, que pela dinâmica fluvial estão continuamente se modificando. No canal do rio Amazonas, a ilha da Marchantaria, situada no baixo curso do rio Solimões motiva relevante interesse, tendo em vista a sua evolução areal nos últimos quarenta anos, bem como, a sua proximidade ao Encontro das Águas de Manaus – EAM. A partir do arranjo dos elementos neotectônicos que condicionam as formas quaternárias atuais da ilha foram identificadas duas unidades estruturais distintas: Depósito Aluvial Sub-recente (DASr) e Depósito Aluvial Recente (DAR). Também, foram definidas as unidades morfossedimentares holocênicas: feições espiras de meandro e barras de soldamento. A distribuição espacial da vegetação sobre as diferentes elevações do terreno foram agrupadas em duas unidades: vegetação lenhosa e vegetação herbácea. Os resultados mostram que: a) a vegetação distribui-se espacialmente nos diferentes níveis tectono-topográficos; b) a erosão fluvial, à montante da ilha, remove gradativamente a vegetação arborea, no entanto, à jusante, está ocorrendo sedimentação, propiciando a colonização de espécies herbáceas; c) a vegetação da ilha apresenta-se alterada devido à ação antrópica.

Palavras-chave: ilha da Marchantaria, planície de inundação do rio Amazonas, geomorfologia fluvial, vegetação de várzea, biogeomorfologia

ABSTRACT

FORTES, Mircia Ribeiro. The spatial distribution of vegetation in the geomorphological features of the island of Marchantaria - Amazon River floodplain, Amazonas/Brazil. 2014. 95 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Biogeomorphological studies, integrating fluvial geomorphology, neotectonic and vegetation, were applied on the island of Marchantaria, in order to analyze the distribution of vegetation in the floodplain geomorphological features. The Amazon River floodplain is a mosaic of morphological features from sometimes smaller spatial dimensions, sometimes larger such as islands, sandbars, furos, multichannels and lakes, the river dynamics that are continually changing. In the channel of the Amazon River, the island of Marchantaria, located on the lower course of the river Solimões, motivates relevant interest given its areal developments in the last forty years, as well as its proximity to the Encontro das Águas de Manaus - EAM. From the arrangement of neotectonic elements that condition the current quaternary forms of the island, two distinct structural units were identified: Sub-recent Alluvial Deposit (SrAD) and Recent Alluvial Deposit (RAD). The Holocene morpho-sedimentary units were also defined: features of scroll bars and annexation bars. The spatial distribution of vegetation on different ground elevations were grouped into two units: woody vegetation and herbaceous vegetation. The results show that: a) vegetation is distributed spatially in different tectono-topographic levels; b) fluvial erosion, the upstream of the island, gradually removes the arboreal vegetation, however, the downstream sedimentation is occurring, leading to colonization of herbaceous species; c) the island's vegetation is altered due to human action.

Keywords: island of Marchantaria, Amazon River floodplain, fluvial geomorphology, floodplain vegetation, biogeomorphology

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 O contexto: da paisagem iconográfica ao processo fluvial.....	14
1.2 Objetivos e justificativa	17
1.3 Procedimentos Metodológicos	18
1.3.1 Análise granulométrica	20
1.3.2 Análise morfoestrutural	21
1.4 No baixo curso do rio Solimões: A Ilha da Marchantaria	23
 2 A INTERFACE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VEGETAÇÃO-PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	 29
2.1 A abordagem Biogeomórfica	29
2.2 O canal fluvial versus planície de inundação	36
2.3 A vegetação na planície de inundação – Amazônia Central	44
2.4 O ecossistema insular em planície de inundação	50
 3 CARACTERÍSTICAS BIOGEOMORFOLÓGICAS DA ILHA DA MARCHANTARIA	 54
3.1 Geomorfologia Tectônica.....	54
3.2 Unidades Morfossedimentares	62
3.3 Unidades Biogeomórficas.....	65
 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 72
 CONCLUSÃO	 74
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 77

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização da Ilha da Marchantaria.....	16
Figura 2 – Análise do arranjo dos elementos de drenagem.....	23
Figura 3 – Zonas funcionais básicas de um sistema fluvial.....	24
Figura 4 – Diagrama esquemático da interação entre a vegetação e os processos fluviais	31
Figura 5 – Seção transversal esquemática da planície de inundação, destacando a distribuição da vegetação nas principais feições geomorfológica.....	31
Figura 6 – Diagrama simplificado ilustrando os processos fluviais e ecológicos que interagem para formam os ecossistemas ripários	33
Figura 7 – Modelo Neotectônico Amazônico Atual.....	35
Figura 8 – Variação anual do fluxo de inundação (<i>pulso de inundação</i>) à jusante da ilha da Marchantaria	39
Figura 9 - Esquema simplificado do pulso de inundação (<i>Flood pulse</i>) na várzea amazônica, destacando a inter-relação entre a vegetação e fases aquática/terrestre.....	40
Figura 10 – Típica sequencia sucessional da várzea e uma possível sequencia com <i>Senna reticulata</i> como fase inicial da zonation ecológica	46
Figura 11 – Perfil esquemático mostrando a distribuição da vegetação da várzea em função do gradiente de inundação em cada posição do relevo.....	47
Figura 12 – Grupos ecológicos das macrófitas aquáticas.....	49
Figura 13 – Representação esquemática do nível de margens plenas (seção transversal)	52
Figura 14 – Contexto geológico-tectônico do eixo central (Solimões/Negro/Amazonas).....	54
Figura 15 – Vista parcial do baixo curso do rio Solimões, margem direita.....	55
Figura 16 – Delimitação das unidades de depósitos aluvias da Ilha da Marchantaria: Unidade Depósito Aluvial Sub-recente (DASr) e Unidade Depósito Aluvial Recente (DAR)	56
Figura 17 – Configuração espacial da ilha da Marchantaria, anos de 1956 e 1971, e década de 80	57

Figura 18 – Evolução morfológica da Ilha da Marchantaria (1956-1910).....	57
Figura 19 – Mudança morfológica, por processos erosivos fluviais à montante da ilha da Marchantaria, no período entre 1972 e 2013.....	58
Figura 20 – Ocorrência de erosão fluvial da margem norte da ilha da Marchantaria.....	59
Figura 21 – Mapa imagem salientando as principais falhas curvas da ilha da Marchantaria	60
Figura 22 – Vista das unidades da Planície Aluvial de Origem Tectônica da ilha da Marchantaria, nos períodos da cheia (2011) e seca (2013) do rio Solimões	61
Figura 23 – Unidades morfossedimentares da Ilha da Marchantaria.....	63
Figura 24 – Aspectos da Unidade <i>Feições Espiras de Meandro</i> da ilha da Marchantaria	64
Figura 25 – Feições da Unidade <i>Barras de Soldamento</i> da ilha da Marchantaria.....	65
Figura 26 – Aspectos da Unidade de <i>Vegetação Lenhosa</i> da ilha da Marchantaria.....	66
Figura 27 – Vegetação arbórea/arbustiva na Unidade Morfossedimentar <i>Barras de Soldamento</i>	67
Figura 28 – Mungubeira (<i>P. Munguba</i>) parcialmente submersa e com frutos, no período da cheia.....	68
Figura 29 – Macrófitas aquáticas flutuantes. Indivíduos de <i>Eichhornia crassipes</i> (aguapé) (A) e de <i>Pistia stratiotes</i> (alface d'água) (B), a jusante da ilha da Marchantaria	69
Figura 30 – Banco de macrófitas dominado por capins flutuantes (<i>Paspalum repens</i>), no interior do lago	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da análise granulométrica dos solos pertencentes às amostras coletadas (camada 0 a 20 cm), em nove pontos da ilha da Marchantaria.....	21
Tabela 2 – Características geomorfotectônica e vegetacionais da ilha da Marchantaria.....	71

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ANM	Nível médio do mar
ATTZ	Zona de Transição aquática/terrestre
Ca	Cálcio
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAR	Depósito Aluvial Recente
DASr	Depósito Aluvial Sub-recente
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
EAM	Encontro das Águas de Manaus
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FED	Forma dos Elementos da Drenagem
IE	Intensidade de Estruturação
INPA	Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
K	Cretáceo
Ka	Kilo annum
Mg	Magnésio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OBT/DGI	Observação da Terra/Divisão de Geração de Imagens
Q	Quaternário
RADAMBRASIL	Radar da Amazônia
SPU	Secretaria do Patrimônio da União
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
TAUS	Termo de Autorização de Uso Sustentável
TFSA	Terra fina seca ao ar
UFAM	Universidade Federal do Amazonas

1 INTRODUÇÃO

1.1 O contexto: da paisagem iconográfica ao processo fluvial

Grandeza. Foi à primeira noção adjetiva do rio Amazonas relatada pela crônica de Frei Gaspar de Carvajal, que acompanhou a expedição de Francisco de Orellana (1541- 42), desde o Equador até o oceano Atlântico:

[...] juntaram-se dois rios com o da nossa navegação, e eram grandes, especialmente o que entrava pela mão direita [...]; o qual desfazia e dominava todo o outro rio e parecia que o consumia dentro de si; porque vinha tão furioso e com tão grande correnteza que era coisa de muito temor e espanto ver todo o arvoredor e paus secos que trazia, [...] (OVIEDO Y VALDÉS, 1851-1855, *apud* PORRO, 1993, p.45).

Com relação aos relatos dos cronistas e naturalistas que navegaram pelo rio Amazonas, Matos (s.d.) assinala que o “modo de olhar” dos viajantes estava carregado de “cenários selvagens”, que retratavam tanto um espaço hidrográfico fabuloso como um domínio vegetacional excêntrico, em que a imagem construída da Hileia Amazônica era “um desafio à tentativa de capturar o que a mata “escondia” e desvendar o que estava por trás do que se podia ver” (p. 05). Essa dimensão ou interpretação subjetiva da paisagem amazônica é um aspecto visual identificável espacialmente, por assim dizer, em qualquer ponto da planície de inundação do rio Amazonas, na medida em que o sujeito observador se emociona com a floresta ou os rios.

Segundo Rocha (2005), os relatos ou registros iconográficos de viajantes e naturalistas são valiosas fontes em descrições dos aspectos geográficos, principalmente, do meio físico e da paisagem.

Nota-se que a escala de grandeza qualitativa (comprimento, velocidade, energia) de uma parcela do ambiente fluvial, percebida por Carvajal, não expressa os processos hidrológicos, geomorfológicos e tectônicos que atuaram e/ou atuam na planície de inundação do rio Amazonas.

Outro aspecto a destacar, é que as características da paisagem hidrográfica, descrita por Carvajal, coincidem com o período chuvoso, desse modo, das cheias do rio Amazonas, e que, de acordo com Porro (1993), “não eram dois os rios que se

juntavam ao Napo, mas somente o Amazonas, que nesse ponto é dividido em dois ramos por uma ilha grande” (p. 66).

Tomando, pois, essas considerações iniciais há de se reconhecer que na paisagem da planície de inundação amazônica, têm-se múltiplos registros fluviais relacionados com os processos ciclo-hidrológicos, paleoclimáticos, morfossedimentares e neotectônicos, que nos trechos bifurcados, por exemplo, originam ilhas ou bancos de areia. Esta dinâmica está continuamente atuando e reconfigurando a planície aluvial e/ou a morfologia do canal, principalmente, quando ocorrem episódios ambientais críticos, como inundações ou secas extremas, *terraçadas*¹, entre outros. Por conseguinte, em certos setores do canal do rio Amazonas pode ocorrer riscos socioambientais aos moradores ribeirinhos. Contudo, é inerente ao sistema fluvial os processos de dinâmica geomorfológica e autoajuste.

Aliás, a planície do rio Amazonas por evidenciar feições morfológicas de dimensões espaciais ora menores, ora maiores, tais como ilhas, bancos arenosos, furos, paranás (multicanais) e lagos, possibilita pesquisas técnico-científicas em diferentes campos de interesse, tanto pelo seu potencial morfo-hidráulico quanto pela sua expressiva diversidade ecossistêmica.

De fato, as pesquisas científicas sobre a planície de inundação amazônica intensificaram-se nas últimas duas décadas, sobretudo, a partir dos problemas socioambientais da região e do uso de técnicas de sensoriamento remoto, concedendo um conjunto de informações sistematizadas de natureza geográfica, geomorfológica, neotectônica e hidro ecológica, às quais têm contribuído para a interpretação e explicação têmporo-espacial dos processos que remodelam as feições fluviais.

Assim, que a partir da inter-relação entre as unidades morfossedimentares e a fisionomia da vegetação ripária, este trabalho foi desenvolvido com o propósito de apresentar informações que articulem a vegetação com as geomorfológicas da planície de inundação com a vegetação da ilha da Marchantaria (Fig. 1), situada no Sistema Hidrográfico Solimões-Amazonas.

A área geográfica da ilha da Marchantaria motiva relevante interesse, tendo em vista a sua evolução areal, bem como, a sua proximidade ao Encontro das

¹ Expressão local usada para referir-se aos deslizamentos de terra que ocorrem nas margens aluviais de certos rios, principalmente dos rios de águas brancas. Essa ruptura sedimentar, decorrente das ações erosivas intensas nas margens dos canais e das ilhas, remodela recorrentemente a paisagem ribeirinha ou de várzea.

Águas de Manaus - EAM². A deposição de sedimentos durante os eventos de cheias anuais nas margens, nas depressões (lagos) e na rede de canais interconectados da ilha, propiciou condições para o aparecimento de uma vegetação singular, o que serviu como incentivo para a realização deste estudo biogeomórfico.

Figura 1. Mapa de localização geográfica da ilha da Marchantaria. Org. Eduardo Pinheiro (2014)

Para concluir, mediante as colocações apresentadas, nota-se que a vegetação é, segundo Passos (1998), um dos fatores chaves para a definição paisagística e o reflexo visível da paisagem à escala humana, e que a partir das análises geográficas das formações vegetais é possível “entender e medir temporariamente a dinâmica da paisagem” (PASSOS, op. cit., p. 203).

² O termo Encontro das Águas de Manaus (Igreja, 2012) tem como o objetivo o diferenciamento do encontro das águas dos rios Solimões-Negro de outros encontros (pela cor das águas) que ocorrem na bacia do rio Amazonas, tais como dos rios Madeira-Aripuanã, Branco-Negro, Solimões-Manacapuru e Amazonas-Tapajós.

1.2 Objetivos e justificativa

Este trabalho tem como principal objetivo analisar a distribuição da vegetação da planície de inundação nas feições geomorfológicas da ilha da Marchantaria.

Para atingir o objetivo principal traçaram-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar os principais elementos neotectônicos;
- Identificar, caracterizando as principais feições geomorfológicas;
- Reconhecer as unidades de vegetação dominantes nas feições geomorfológicas.

Admitindo que a planície de inundação seja significativa para a “manutenção da diversidade de tipos de habitats lênticos, lóticos e semiaquáticos, cada qual representados por uma diversidade de estágios sucessionais relativos à evolução do sistema” (ROCHA e COMUNELLO, 2009, p. 61), uma ilha na calha do rio Amazonas apresenta, portanto, uma pluralidade de habitats representativos para estudo biogeomórfico.

A correlação de estudos geomorfológicos e vegetacionais revestem-se de significância para subsidiar o conhecimento de mudanças nos processos fluviais em nível local e/ou regional, e fornecer, desta maneira, elementos para estudos geográficos que possam orientar a complexa tarefa de monitoramento de ambientes fluviais, especialmente das comunidades ribeirinhas ao longo do rio Solimões-Amazonas.

Para a seleção da ilha da Marchantaria como área de estudo levou-se em conta a sua localização relativa (região de confluência dos rios Solimões e Negro), a contiguidade entre a cidade de Manaus e o seu enquadramento tanto na Área de Proteção Ambiental Encontro das Águas quanto na proposta de criação do sítio geológico Ponta das Lajes e o Encontro das Águas (FRANZINELLI e IGREJA, 2011).

A APA Encontro das Águas (107.000 hectares) constituída pela Lei Municipal de Iranduba nº 041/2000, tem como objetivos conservar e preservar a diversidade biológica, programar ações visando o desenvolvimento sustentado e a manutenção da qualidade do meio ambiente (SOARES, *et al.*, 2007).

A área de proteção proposta para o sítio Ponta das Lajes e o Encontro das Águas, encaminhado ao SIGEP (Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos) tem sua relevância pelos aspectos: geográfico (próximo à confluência dos rios Solimões e Negro); geológico (consiste de estruturas sedimentares paleobiogênicas da Formação Alter do Chão); tectônico (encontra-se ao longo do lineamento Aleixo); e histórico (o núcleo inicial da cidade de Manaus foi instalado próximo ao local) (SIGEP, 2007).

Também foram relevantes os estudos de caráter ecológico e biológico sobre peixes e macrófitas aquáticas que colonizam os ambientes lênticos da Marchantaria, desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA).

As lacunas de estudos geomorfológicos acerca de ilhas da planície de inundação do rio Amazonas foi outro fator importante para a proposta dessa pesquisa. Nesse aspecto, com esta pesquisa podemos refletir sobre a inter-relação entre as formas do relevo e a vegetação, o que poderá ser uma fonte de dados e/ou informações para futuras pesquisas e servir como auxílio ao monitoramento ambiental da planície e suas áreas inundáveis.

Portanto, esta pesquisa considerou, *a priori*, que os vários tipos de vegetação da planície de inundação insular estão relacionados com as diferentes feições geomorfológicas. Ou seja, as comunidades vegetais apresentam um nítido controle geomorfológico, pressupondo que este desempenha um papel importante para a configuração da paisagem ínsula-fluvial.

1.3 Procedimentos Metodológicos

O desenvolvimento da pesquisa alicerçou-se entre duas orientações. A primeira explana o desenvolvimento da pesquisa geográfica, baseando-se numa ordem acadêmica e lógica, proposta por Libault (1971). A segunda refere-se à análise morfoestrutural (relevo e drenagem) de Soares *et al.* (1981).

A proposta de Libault define os *quatro níveis da pesquisa geográfica*: nível compilatório; nível correlativo; nível semântico e o nível normativo.

No *nível compilatório* foram realizados levantamentos, coletas de dados de diversos formatos, inclusive de livros eletrônicos, e compilações. Neste nível, realizou-se, também, etapas de caráter cartográfico e a compilação das informações

sobre geologia (neotectônica), vegetação, geomorfologia e pedologia da ilha da Marchantaria.

Foram levantadas cartas da 4ª Divisão de Levantamento do Exército, Folhas SA.20-Z-D (Manaus) e SA.21-Y-C (Manaus-E), escala 1:250.000 (de 2000, atualizada) e Folhas SA.21-Y-C-I-1 (Manaus-E), SA.21-Y-C- I-3 (Anveres), SA.20-Z-D-III-2 (Manaus), escala 1:50.000 (1980); carta levantada e interpretada por Sternberg, escala 1:60.000 (1956); e Mosaico Semi-controlado de Radar, do DNPM (1972), SA.21-Y-C, escala 1:250.000. Posteriormente, obtiveram-se imagens em formato digital TM/LANDSAT da órbita-ponto 231/062, proporcionadas pelo INPE/OBT/DGI - Divisão de Geração de Imagens.

O *nível correlativo* consistiu de análise e correlação dos dados levantados na primeira etapa: interpretação das cartas e imagens; mapeamento das feições estruturais e geomorfológicas; correlação entre a vegetação e relevo, vegetação e solo; e comparação da atividade lateral do canal (erosão/sedimentação) da ilha da Marchantaria.

Foram realizados trabalhos de campo tanto no período da enchente quanto no período da vazante do rio Solimões, para levantamento de dados sobre o relevo, a distribuição da vegetação nas fases terrestre e aquática e as formas de uso e ocupação do solo, realizar registros fotográficos, coletar nove amostras de sedimentos, e, principalmente, acrescentar e/ou confirmar os dados neotectônicos e biogeomorfológicos interpretados nas imagens de satélite.

No *nível semântico* ou *interpretativo* foi realizada a reorganização das informações obtidas, principalmente, após o tralho de campo.

Incluem-se nesse nível a interpretação de cartas e imagens de satélite, e posterior compartimentação estrutural e delimitação de feições geomorfológicas.

A interpretação das imagens foi visual, na tela do computador, e teve como base as imagens de alta resolução espacial do Google Earth (Image 2014/Digital Globe), capturadas através do i3Geo (Interface Integrada para Internet de Ferramentas de Geoprocessamento). Trata-se de um software livre criado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). Durante a interpretação as seguintes atividades foram realizadas: reconhecimento, análise, medição de área e distancia e ajuste da visibilidade (opacidade) das Folhas SA,21-Y-C e SA.20-Z-D com a imagem de satélite Landsat da DigitalGlobe.

Os elementos localização, como forma, textura (aspecto superficial), cor, tamanho e tonalidade foram usados para a identificação e interpretação visual dos padrões de elementos de fotointerpretação.

Após os resultados obtidos nos níveis anteriores, o *nível normativo*, possibilitou definir os tipos de vegetação predominantes nas feições geomorfológicas.

Salienta-se que a análise da distribuição da vegetação da ilha da Marchantaria e sua interação com as feições geomorfológicas foi alcançada por inferência dos elementos físicos observados nas cartas e imagens, bem como nos trabalhos de campo. Assim sendo, para classificar as unidades morfovegetacionais, consideraram-se as relações tempo-espaciais entre a planície de inundação, a sazonalidade e o tipo solo, que permitiram identificar semelhanças e diferenças na paisagem vegetal da planície de inundação.

Cabe lembrar que a interpretação das unidades de vegetação não foi realizada através de levantamento florístico, mas por categorias fisionômicas, identificadas a partir de produtos de imagens e trabalho de campo.

A caracterização da morfoestrutura, com base nos aspectos dos elementos da drenagem (barras, lagos e cursos d'água), foi baseada nos parâmetros geomorfológicos de Soares *et al.* (1981) e de Lima (1995).

1.3.1 Análise granulométrica

A coleta de sedimentos foi feita com o auxílio de trado holandês, totalizando nove pontos de amostragem superficiais até 20 cm do substrato aluvionar, em locais pré-selecionados. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos, identificado e, posteriormente, transportado para o Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos da UFAM, onde se procedeu à análise granulométrica, de acordo com procedimentos descritos pela EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997).

Pesou-se 20g de terra fina seca ao ar (TFSA), à qual foi adicionado um dispersante químico padrão, solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ (hidróxido de sódio) e deixado em repouso por uma noite. Em seguida, procedeu-se agitação em alta rotação durante 15 minutos.

A fração argila foi quantificada pelo método da pipeta, seca em estufa e pesada. A fração grosseira (areia fina e grossa) retida na peneira de malha de diâmetro de 0,053 mm (nº 270) foi seca em estufa e pesada para obtenção do percentual. O silte, que corresponde ao complemento dos percentuais para 100% foi obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

Ponto	Composição granulométrica (%)			Granulometria da fração areia (%)				
	Areia	Silte	Argila	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina
S1	33,50	51,45	15,05	0,15	0,35	0,35	4,65	27,80
S2	38,35	49,48	12,17	0,10	0,30	0,30	3,05	34,55
S3	75,75	23,05	1,20	0,20	0,55	3,50	38,25	33,10
S4	97,20	0,25	2,55	0,0	0,10	21,2	63,15	12,70
S5	35,20	54,13	10,67	0,0	0,20	0,30	1,35	32,95
S6	20,35	69,90	9,75	0,0	0,30	0,35	1,10	18,75
S7	77,64	19,68	2,67	0,35	0,10	0,35	37,00	39,95
S8	92,05	6,68	1,10	0,0	0,10	6,60	73,15	12,70
S9	95,50	2,55	1,95	0,0	0,15	7,95	81,20	7,60

Os resultados das análises granulométricas obtidos para os sedimentos dos pontos S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 e S9 são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise granulométrica dos solos pertencentes às amostras coletadas (camada 0 a 20 cm), em nove pontos da ilha da Marchantaria.

A partir da análise granulométrica observou-se que o valor mais alto do teor de silte (%) encontra-se nos pontos S1, S2 e S5, situados à jusante da ilha da Marchantaria e onde ocorre sedimentação recente. Os valores mais altos de areia foram encontrados a montante da ilha (S3, S4 e S7) e nas praias (S8 e S9). Entretanto, observa-se, como um padrão geral da ilha da Marchantaria, o predomínio da sedimentação arenosa e arenosa muito fina.

1.3.2 Análise morfoestrutural

Fundamentando-se na definição de morfoestrutura, que corresponde às feições de relevo e da drenagem estreitamente relacionadas à estrutura geológica (LIMA, 1995), procedeu-se a interpretação geomorfológica das feições do relevo e do arranjo dos elementos da drenagem da planície de inundação da ilha da Marchantaria.

Assim, foram analisados os padrões que indicaram ocorrência de controle estrutural (neotectônico). Primeiramente, analisou-se a Forma dos Elementos da Drenagem (FED), ou seja, as formas: radiais, lineares, circulares (anelares ou elípticas) e assimétricas. A identificação desses arranjos estruturais da drenagem possibilitou reconhecer o condicionamento neotectônico dos elementos da drenagem. A partir dessa interpretação verificou-se a Intensidade de Estruturação (IE) e o Fator de Confiabilidade dos mesmos.

Para a Intensidade de Estruturação (IE) atribuída através da identificação dos arranjos analisados, têm-se os seguintes valores e qualificações (Soares *et al.*, 1981):

- 0,20 (muito fraco)
- 0,40 (fraco)
- 0,60 (moderado)
- 0,80 (forte)
- 1,00 (muito forte)

O valor numérico do Fator de Confiabilidade corresponde à segurança que a classificação propicia para assinalar determinada interpretação. Esta segurança fornece subsídios para definir o grau de intensidade dos elementos da drenagem que constituem a morfoestrutura. É representado em cinco graus (Soares *et al.*, op. cit.):

- muito fraco (0 - 0,20)
- fraco (0,21 - 0,40)
- moderado (0,41 - 0,70)
- forte (0,71 - 0,90)
- muito forte (0,91 - 1,00)

A Figura 2 apresenta os parâmetros (FED *versus* IE, valor numérico do Fator de Confiabilidade, características morfoestruturais) a serem comparados através da visualização de imagens. A partir da comparação chegam-se à delimitação morfoestrutural dos elementos e também as características descritivas dos mesmos.

		FORMA DOS ELEMENTOS DE DRENAGEM (FED)				FATOR DE CONFIALIDADE	CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
		RADIAL	LINEAR	CIRCULAR/ANELAR ou ELÍPTICO	ASSIMÉTRICA		
INTENSIDADE DE ESTRUTURAÇÃO (IE)	MUITO FRACA					0 - 0,20	MUITO FRACO
	FRACA Simples incompleta					0,21 - 0,40	FRACO DOMO FALHADO OU DEPRESSÃO ESTRUTURAL FALHADA
	MODERADA Simples completa					0,41 - 0,70	MODERADO DOMO OU DEPRESSÃO ESTRUTURAL
	FORTE Ramificada incompleta					0,71 - 0,90	FORTE DOMO OU DEPRESSÃO ESTRUTURAL
	MUITO FORTE Ramificada completa					0,91 - 1,00	MUITO FORTE DOMO OU DEPRESSÃO ESTRUTURAL

Figura 2. Análise do arranjo dos elementos de drenagem (Adaptado de Soares *et al.*, 1981; Lima, 1995)

Portanto, na análise dos ambientes lacustres foram identificadas as formas de drenagem representadas por anelares, pois o parâmetro observado foi o grau de curvatura, sendo uma avaliada como simples completa e com moderado grau de estruturação e outra como ramificada completa, porém com grau muito forte de estruturação. A identificação dos lineamentos estruturais foi uma informação importante para comprovar movimentos neotectônicos na ilha da Marchantaria.

1.4 No baixo curso do rio Solimões: A ilha da Marchantaria

A ilha da Marchantaria tem uma dimensão espacial longitudinal particular, pois tanto se situa na zona de deposição de sedimentos, que corresponde à área da foz do rio Solimões, quanto na zona de transferência (ou transporte) do rio Amazonas, onde este desenvolve extensamente a sua planície, conforme ilustra a Figura 3. É, portanto, relevante notar que a citada ilha situa-se em um trecho fluvial

com denominações justapostas, ou seja, tanto no médio curso do rio Amazonas e quanto no baixo curso do rio Solimões, pois, regionalmente, o Amazonas ao atravessar a tríplice fronteira (Peru-Colômbia-Brasil) recebe o nome de Solimões até confluir com o rio Negro.

Figura 3. Zonas funcionais básicas de um sistema fluvial. No perfil longitudinal de um sistema fluvial, das cabeceiras a foz (alto, médio e baixo cursos), identificam-se três zonas morfológicas principais: a zona de produção ou fonte; a de transferência ou transporte; e a de deposição. Fonte: Adaptado de Miller (1990)

Situada a sul-sudeste da cidade de Manaus, entre as coordenadas de 03°12'38" a 03°16'02" S e 59°59'42" a 59°53'40" W, a ilha da Marchantaria tem uma superfície aproximada de 31 km², que pode ser aumentada ou reduzida conforme a sazonalidade fluvial, sendo sua extensão longitudinal de 12,70 km e sua largura de 3,50 km, estando a 30 metros acima do nível do mar. Compreende a extensão geográfica do município de Iranduba, integrando à Mesorregião Centro Amazonense e à microrregião de Manaus (LIMA, 2002).

A ilha da Marchantaria, no decorrer dos séculos XVIII e XIX, era nomeada ilha Mura, topônimo associado à presença dos índios Mura pela calha do rio Amazonas. Essa etnotoponímia teve as seguintes grafias: Muras e dos Mouras. Segundo Faria e Coelho (2011) a variante ilha Muras aparece em todas as cartas do século XIX. Sobre a nomenclatura Mura, o Tenente inglês Henrique Lister Maw viajando pelo rio Amazonas, entre 1827 e 1828, fornece a seguinte citação:

A's quatro horas passámos huma ilha a que os Indios déraõ o nome de Mura, em consequência d'alguns Indios daquela tribu terem ali residido em outro tempo, e diz-se que eles estavaõ de vigia quando os botes hiaõ pelo rio para os atacar. A direcção do rio continuou ENE até ao sol posto, mas pouco depois voltou para o Norte, e perto das oito horas entrámos no Rio Negro (MAW, H.L., 1831, p. 205).

A ilha recebeu o nome de Marchantaria ou Marchanteria em razão dos “marchantes” que criavam gado bovino, normalmente de forma extensiva, nas pastagens nativas da várzea. Nota-se, que a (re)nomeação tem a ver com uma nova identidade do lugar, ou seja, a intencionalidade de destacar a pecuária bovina, sendo a principal atividade econômica da ilha até a década de 1980. Por outras palavras, houve uma substituição do etnotopônimo Muras para um sociotopônimo Marchantaria.

Embora o assunto sobre a variação toponímica da ilha não seja de interesse primário, sua menção se deve ao fato de haver na Carta Imagem de Radar 1971/1972, do Projeto RADAMBRASIL o topônimo ilha dos Mouras, assim como no Atlas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) de 2001.

A ilha possui cerca 300 famílias distribuídas nas Comunidades São Francisco (núcleo principal), São Sebastião, São José, São Lazaro I e São Lazaro II. Grande parte dos habitantes é pequeno proprietário rural que, com suas famílias, exerce atividades agrícolas, de pesca, de renda e de bovinocultura extensiva em regime de pastagens naturais.

Até a década de 90, a ilha estava sob jurisdição da SUFRAMA (Superintendência da Zona Franca de Manaus) a qual desenvolvia atividades voltadas para a agricultura e pecuária.

Recentemente, de 2012 a 2013, a Secretaria do Patrimônio da União (SPU) realizou ação de regularização fundiária na ilha da Marchantaria, emitindo o Termo de Autorização de Uso Sustentável (TAUS), documento que regulariza a ocupação das famílias e comunidades que vivem nas várzeas, áreas consideradas da União, embora não exista uma definição de várzea estabelecida por lei, equivalendo, portanto, ao conceito de leito maior. Além da regularização fundiária, o TAUS permite, aos ribeirinhos, acesso às políticas públicas, sendo, também, uma forma de combater a grilagem, o desmatamento e as queimadas.

O tipo climático para a ilha é o Equatorial, quente e superúmido, caracterizado por não apresentar uma estação normalmente seca, temperatura média anual em torno de 26°C e precipitação média anual de 2.250 mm (NIMER, 1991). A estação chuvosa (período de forte atividade convectiva) é observada durante os meses de novembro a março e a redução de chuvas (ou baixa convecção) abrange os meses de maio a setembro, e nos meses de abril e outubro ocorre a transição entre o período chuvoso e seco, respectivamente (KUWAHARA, 2012). Assim, pela sazonalidade pluviométrica na Amazônia Central, no Solimões-Amazonas o período da enchente inicia em novembro e continua até junho, atingindo o nível máximo (cheia) em junho e/ou julho, e o período da vazante começa em julho e prossegue até outubro, atingindo o nível mínimo (seca) nos meses de outubro e/ou novembro.

Inserida na bacia paleozoica do Amazonas, especificamente, no Domínio Morfoestrutural Iranduba (PALHA e CARVALHO, 2005), Marchantaria compreende as litologias pertencentes à cobertura superficial cenozoica, de idade holocênica (LATRUBESSE e FRANZINELLI, 2002; FRANZINELLI, 2011; IGREJA, 2012), congregando areias, siltes e argilas inconsolidadas (RADAMBRASIL, 1976; CPRM, 2006; REIS, 2006).

A unidade geomorfológica da ilha corresponde à planície do rio Amazonas (GATTO, 1991; ROSS, 2001; AB'SABER, 2003; CPRM, 2009), caracterizada por feições planas com depósitos fluviais lineares recurvados e sob a forma de feixes paralelos (RADAMBRASIL, op. cit.), exibindo amplitude de relevo nula (zero) e inclinação das vertentes variando entre 0 e 3° (CPRM, 2006).

Os terrenos da ilha são sazonalmente inundados por *águas brancas* (cor ocre) que possuem alto percentual de magnésio (Mg) e cálcio (Ca), são neutras ou pouco ácidas (pH 6,5 a 7) (Junk, op. cit.) e transportam uma quantidade considerável de sedimentos (argila, silte e areia fina) que chegam a 37 mg/l na época da seca e 165 mg/l no período da cheia do Amazonas (SIOLI, 1984).

Na classificação de Iriondo (1982), que identificou na planície do rio Amazonas faixas de sedimentos geradas por atividades fluviais atuais, a ilha da Marchantaria enquadra-se na unidade *planície de bancos e meandros atuais*, pois no setor estudado a planície apresenta-se irregular e descontínua, constituída, principalmente, por ilhas de canal, muitas delas com lagos em seus interiores que,

através de furos³, se conectam ao rio Solimões ou a outros lagos contíguos, no período da cheia.

Latrubesse e Franzinelli (2002) identificaram, na planície aluvial do médio Amazonas, a unidade *planície predominantemente de canal*, considerando a ilha da Marchantaria como exemplo dessa unidade morfossedimentar, dotada de feições características como bancos de areia ativos, diques marginais e espiras de meandro.

Pela sua posição geográfica, predominam os solos classificados como Gleissolos Hápticos e Neossolos Flúvicos (TEIXEIRA *et al.*, 2010; EMBRAPA, 2006). Enquanto os Neossolos Flúvicos (solos aluviais) associam-se às áreas elevadas da ilha, aos diques marginais e às margens dos lagos, os Gleissolos, considerados solos mais novos, ocorrem no interior e nas depressões lacustres, apresentam pouca estruturação e teores elevados de silte e areia fina (TEIXEIRA *et al.*, op. cit.), sendo que a fração de areia fina e a de silte grosso consiste, sobretudo de quartzo e, em menor proporção, de feldspato (IRION *et al.*, 1997).

A vegetação da ilha da Marchantaria é caracterizada como *matas de várzeas*, sendo classificada por Boher e Gonçalves (1991), especificamente como *vegetação pioneira de várzeas atuais*, distribuída sobre terrenos que ficam encobertos por até 10 m de água ao longo de 5 a 7 meses, entre março a setembro, dependendo da elevação do terreno e/ou da amplitude da inundação (JUNK e PIEDADE, 1993). A maioria das plantas, durante o período da vazante, começa a brotar, e na enchente floresce e frutifica (JUNK, 1983).

Em razão da fase de sucessão vegetal ter início com as fases submersa e flutuante, evoluindo para instalação e estabilização de estrato arbustivo-arbóreo, o RADAMBRASIL (1978), classifica a cobertura vegetal como sendo *formação pioneira hidromórfica*, apresentando diferentes fitofisionomias caracterizadas pelos estratos: arbóreo, periodicamente inundado; arbustivo; e graminoso (estágio hidrosseral).

O IBGE (2012) classifica a vegetação da planície aluvial de *vegetação com influencia fluvial* (comunidades das planícies aluviais) que refletem os efeitos das cheias dos rios no período das chuvas ou das depressões alagáveis anualmente. É

³ O furo é um canal fluvial sem correnteza própria, que interliga canais fluviais ou um rio com um lago (depressão lacustre) ou outros componentes internos de uma planície de inundação (Ab'Sáber, 2003).

uma vegetação de primeira ocupação edáfica (pioneiras), que ocupa ambientes rejuvenescidos pelos seguidos depósitos aluvionares.

Assim, na época da vazante, ocorre a colonização das formações pioneiras nos depósitos arenosos dos diques marginais expostos (LEITE *et al.*, 1996), como por exemplo, a árvore de embaúba (*Cecropia latiloba*), uma vegetação edáfica muito típica de primeira ocupação. Comum às margens dos lagos são os bancos de herbáceas flutuantes (JUNK, 1997), destacando-se a canarana (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc).

Como aponta Ab'Saber (2002), no macrodomínio amazônico, nas planícies aluviais labirínticas, ocorrem ecossistemas muito diferenciados, “ainda que pertencentes a uma só família do ponto de vista hidrogeomorfológicos” (p. 9). Tais planícies, são ecossistemas terrestres, aquáticos e subaquáticos associados (ilhas, diques marginais e lagos), recobertos por vegetação arbórea ou capins aquáticos, “expostos ou submersos, em função da retração ou re-expansão das águas” (p.9).

2 A INTERFACE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VEGETAÇÃO - PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO

2.1 A abordagem Biogeomórfica

O estudo de interação entre os componentes bióticos (plantas e animais) e abióticos (fatores geomorfológicos) dos sistemas fluviais é denominado biogeomorfologia (VILES, 1988; OSTERKAMP e FRIEDMAN, 1997; BAPTIST, 2005; Naylor, 2005). É um subcampo relativamente novo, que surgiu no final da década de 1980, a partir de novas abordagens multidisciplinares para a geomorfologia (NAYLOR, 2005). A biogeomorfologia tem um caráter interdisciplinar, pois representa a interação entre ecologia e geomorfologia.

Em reforço a esta ideia, Tricart (1963) ao destacar as aplicações indiretas da geomorfologia com outras disciplinas, enfatiza que “o meio geomorfológico constitui uma das condições ecológicas dos seres vivos, principalmente, das plantas e dos animais terrícolas” (p. 17). Por isto, o autor ressalta que o conhecimento de fenômenos geomorfológicos possibilita determinar a essência das inter-relações entre a geomorfologia e as disciplinas afins.

Por sua vez, Pereira e Almeida (2000) consideram que a “Geomorfologia assume papel destacado nas correlações históricas das dinâmicas biológica e geográfica” (p. 246), pois os principais ciclos biogeoquímicos (o da água, o do gás carbônico, o do oxigênio e o do nitrogênio) ressaltam as inter-relações entre a *biodiversidade* (e.g. variação de ecossistemas e riqueza de espécie), bem como sua distribuição geográfica, com os geomorfológicos. Assim, as alterações climáticas e geomorfológicas no ambiente possibilitam a ocupação e expansão de organismos pioneiros, sobre certas feições do relevo, e permitem a extinção daqueles estabilizados e especializados (PEREIRA e ALMEIDA, 2000; FRAGOSO JR. *et al.*, 2009).

Naylor (2005) reconhece que embora a biogeomorfologia não tenha uma definição precisa, ela pode ser vista como uma ciência em evolução, parte integrante das abordagens das Ciências da Terra. Para a autora, qualquer estudo que analisa

a interação entre os processos ecológicos e geomorfológicos constitui pesquisa biogeomorfológica.

De acordo com Baptist (2005), os estudos biogeomorfológicos abrangem tanto os sistemas terrestres quanto os aquáticos. Assim, para o citado autor, nos sistemas fluviais os fatores geomorfológicos considerados como importantes, são: a topografia e composição do leito (e.g. rocha, areia, silte, argila, cascalhos), o transporte de sedimentos (carga dissolvida, carga de fundo e carga suspensa), o tipo de fluxo fluvial e as formas de fundo (e.g. ondas, dunas, antidunas).

Osterkamp *et al.* (op. cit.), ao discutirem a interdependência entre a vegetação e os processos erosivos/deposicionais, consideram que as formas de relevo controlam a vegetação e a mesma regula a evolução do relevo. No entanto, os autores, sugerem que os estudos biogeomorfológicos devem ir além da medição topográfica e do inventário da vegetação, pois ocorrem situações complexas, observadas em campo, que devem ser cuidadosamente estudadas.

Para Casco *et al.* (2005), a vegetação da planície de inundação tem uma função importante para a retenção de sedimentos transportados. As raízes dos bancos de capins flutuantes funcionam como um filtro, retendo até 1.326 gramas de sedimentos inorgânicos e até 2.642 gramas por metro quadrado.

Na planície de inundação a vegetação tem as interações biogeomorfológicas evidentes. O crescimento e a sucessão vegetal dependem das condições abióticas locais, principalmente da magnitude e do tempo de inundação e/ou saturação hídrica (encharcamento do solo) e da composição do substrato. Por outro lado, a vegetação afeta significativamente a hidrodinâmica, através do transporte de sedimentos, e a morfodinâmica, através da erosão e acumulação de sedimentos (BAPTIST, 2005; GURNELL (2001) *apud* BAPTIST, 2001).

A Figura 4 apresenta um esquema simplificado da inter-relação entre a vegetação e os processos fluviais (ZIMMERMAN *et al.*, 1967; TSUJIMOTO, 1999; BAPTIST, 2005). As setas grossas indicam o processo fluvial principal no qual, por meio do fluxo, que é regulado pela morfologia do leito (rugosidade) e pelo tipo de cobertura vegetal, os sedimentos transportados alteram o comportamento morfológico do canal (geomorfologia) pela erosão e/ou sedimentação. Essa mudança morfológica poderá causar, através da erosão fluvial, a remoção da vegetação instalada nas margens. A vegetação, por sua vez, tem influência sobre o fluxo da corrente do rio e na erosão fluvial (geomorfologia). As setas finas indicam

ações secundárias, tais como: o controle do crescimento da vegetação, principalmente nas depressões, devido à sucessiva colmatação; o efeito da morfologia do leito sobre os modos de transporte de sedimentos (arrasto e rolamento, saltação e suspensão); e a consequência da concentração de sedimentos no fluxo turbulento (TSUJIMOTO, op. cit.).

Figura 4. Diagrama esquemático da interação entre a vegetação e os processos fluviais. Fonte: Adaptado de Baptist (2005).

Observa-se, portanto, que a predominância de um determinado tipo de vegetação em pontos específicos da várzea associa-se às condições particulares do ambiente fluvial.

Novo (2008) reconhece que “a topografia da planície de inundação controla, de certa forma, a distribuição da vegetação” (p. 227). Em um perfil esquemático da planície (Fig. 5) é possível de visualizar a distribuição da vegetação e suas relações com as feições geomorfológicas e os níveis de inundação.

Figura 5. Seção transversal esquemática da planície de inundação, destacando a distribuição da vegetação nas principais feições geomorfológicas. 1 – Terraços fluviais; 2 – Diques marginais; 3 – Ilha fluvial; 4 – Paleodique; 5 – Terra firme; 6 – Canal principal; 7 – Canal secundário (paraná); 8 – Canal temporário; 9 – Paleoplanície; 10 – Bacias de inundação (baixo); 11 – Depósito de canal. Fonte: Adaptado de Novo (2008).

Esses níveis de inundação correspondem à posição dos patamares erosivos e deposicionais na planície de inundação. De acordo com Novo (op. cit.) o nível de inundação de margens plenas (*bankfull discharge*) corresponde ao nível topográfico de erosão ativa das margens do canal e marca o limite de ocupação por vegetação perene, mesmo que inundada. Os demais níveis topográficos correspondem aos níveis de inundação de baixa frequência.

Segundo Baptist (2005) quando os processos biológicos preponderam sobre os processos geomorfológicos, a vegetação reproduz, mantém ou transforma as suas funções geomorfo-ambientais. Mas, quando os processos geomorfológicos preponderam sobre os biológicos a vegetação ajusta-se ao ambiente. No entanto, em ambos os casos é necessário à análise das escalas temporais e espaciais na interação dos processos (id. ibidem.). A escala temporal varia desde microssegundos até milhões de anos, enquanto a escala espacial varia desde a escala nanométrica (p.ex. tubos capilares do solo) até a extensão continental ou global. Contudo, Parker e Bendix (1996) salientam que

Quando um certo tipo de vegetação apresenta uma conexão com um relevo particular é, frequentemente, difícil compreender se as características físicas do relevo ou os processos geomórficos ativos associados a ele estão relacionados a origem. (p. 209, tradução nossa)

De acordo com Goodwin *et al.* (1997), o principal agente modelador do relevo fluvial é a variabilidade do caudal, e a disponibilidade de água é o fator importante para o controle do desenvolvimento da vegetação. Assim, os autores salientam que os processos hidrogeomórficos (processos fluviais) e as alterações bióticas, dependentes de condições climáticas regionais, são os principais processos que contribuem para a formação dos ecossistemas ripários (Fig. 6).

As informações contidas na Figura 6 mostram que a distribuição da vegetação está vinculada com o ambiente físico e as relações biológicas. Gurnell (1997) aponta os processos físicos relevantes: a magnitude e frequência das inundações, a composição do substrato, os tipos de solo e de rios, as características dos sedimentos e as taxas de erosão e sedimentação. Por outro lado, os processos biológicos são: a habilidade de uma espécie competir com outras espécies e as fases de colonização e sucessão vegetal.

Figura 6. Diagrama simplificado ilustrando a interação entre os processos fluviais e ecológicos que formam os ecossistemas ripários. As setas representam os caminhos causais pelas quais as condições geomórficas ou vegetacionais (verde) são alteradas por processos físicos ou biológicos (azul). Fonte: Adaptado de Goodwin *et al.* (1997).

As inundações episódicas de grande magnitude podem alterar a planície de inundação e a morfologia do canal, reduzindo ou ampliando o canal, e/ou destruir a vegetação ciliar. Assim, associações vegetais específicas podem se desenvolver sobre superfícies desnudas (sem vegetação) ou deposicionais recentes. Frequentemente, a vegetação se diversifica conforme a distância em relação à margem do rio e ao nível topográfico.

Casco *et al.* (2005) também apontam o efeito controlador da vegetação sobre a erosão do canal fluvial. Para os autores, a estrutura da vegetação (cobertura, densidade e estratificação) é importante para a magnitude e frequência das inundações, pois produzem mudanças na morfologia do canal, além de que a existência de vegetação firmemente estabelecida nas bordas do canal marca a magnitude dos eventos de inundação. Diz ainda os autores que

O estabelecimento de vegetación permanente a las orillas del canal depende de factores hidrológicos (especialmente la variabilidad hidrométrica y la disponibilidad de humedad en el suelo) y geomorfológicos (como el grado de consolidación del suelo colonizable por plantas y la importancia de los procesos de erosión/sedimentación em cada punto de la planicie inundabel. (p.125)

No Brasil, a abordagem sistemática relacionando as unidades geomorfológicas da planície fluvial e a tipologia da vegetação, vem sendo desenvolvidos consideravelmente nos rios Araguaia e Paraná. Os exemplos incluem o estudo de distribuição e evolução da vegetação sob o controle da dinâmica do canal e do tipo de sedimentos das unidades geomorfológicas na planície aluvial do Médio Araguaia (LATRUBESSE e STEVAUX, 2006), o controle das unidades geomorfológicas da planície de inundação sobre a distribuição da vegetação ripária da ilha Mutum, no Rio Paraná (CORRADINI *et al.*, 2006), a discussão de como a dinâmica fluvial do canal, considerando os processos de erosão/deposição, e a dinâmica de cheias, atuam nos processos de sucessão ecológica e distribuição vegetacional do médio Araguaia (MORAIS *et al.*, 2008), a abordagem dos efeitos dos pulsos de inundações, no período de 1976 a 2007, sobre a planície de inundação e nas ilhas do Alto rio Paraná e seus impactos sobre a vegetação (COUTO *et al.*, 2009) e o mapeamento da distribuição espacial das unidades da vegetação e os controles das unidades morfovegetacionais da ilha do Bananal (VALENTE *et al.*, 2011).

Em dois compartimentos da planície fluvial do rio Iguaçu (Paraná), Curcio *et al.* (2007) constataram que as feições geomórficas e as características dos tipos de solo determinam mudanças significativas na composição e na estrutura florística na mesma unidade fitogeográfica. A formação pioneira fluvial e a floresta fluvial do rio Iguaçu estão relacionadas à altura e à forma das feições geomórficas (ponta da barra, barra atual, interbarra e barra subatual) e aos fatores pedológicos.

No âmbito da região amazônica, Franzinelli *et al.* (1999) sugerem que a fragmentação do ecossistema é uma resposta aos efeitos da neotectônica sobre a Bacia Amazônica. Os autores estudaram o processo de captura do rio Cuieiras, afluente do rio Negro, e constataram que os movimentos neotectônicos contribuíram para o caráter sucessional da vegetação em três níveis topográficos (blocos tectônicos), assim distribuídas: floresta de terra firme⁴ em bloco elevado; vegetação mista (florestas de igapó/terra firme) ou em processo de homogeneização, em zonas de contatos; e espécies arbóreas de terra firme em processo de adaptação ao estresse causado pela saturação hídrica, no bloco subsidente (lago Jarada).

⁴ Termo relacionado com a estabilidade, altitude e segurança, tanto nos aspectos da inundação sazonal, quanto erosional e/ou deposicional relacionados com os processos fluviais (Igreja *et al.*, 1999).

Similarmente, no rio Puraquequara, afluente da margem esquerda do rio Amazonas, a partir da delimitação das falhas geológicas, constatou-se que a vegetação apresenta um nítido controle neotectônico integrado aos processos hidrogeomorfológicos: contato transicional/abrupto⁵, entre as matas de várzea e igapó, e contato abrupto, entre as matas de igapó e terra firme (FORTES, 2007).

De acordo com Igreja (2000), os avanços nos estudos neotectônicos na Amazônia auxiliaram a consolidação do Modelo Neotectônico Amazônico Atual ou Transcorrente Destral (SNTD), de direção geral ENE-WSW (Fig. 7), originado por tensões compressivas e transcorrentes, resultantes do movimento das placas litosféricas Sul-Americana, Nazca e Caribenha (IGREJA e CATIQUE, 1997). Assim, os principais rios amazônicos, delineiam extensos elementos tectônicos, cujas planícies de inundação possuem características morfoestruturais e sedimentares (lagos, ilhas, paranás e furos atuais) que indicam a evolução do Sistema Neotectônico (loc. cit.).

Figura 7. Modelo Neotectônico Amazônico Atual. As compressões são W-E (placa de Nazca), e secundariamente N-S (Placa Caribenha), resultando a componente principal em NW-SE (Igreja *et al.*, 2003).

A inter-relação entre a estruturação neotectônica com a compartimentação do ecossistema amazônico foi também evidenciada nos estudos que demonstraram

⁵ Uma zona de transição abrupta coincide com um plano de falha, apresentando um gradiente topográfico neotectônico e a inter-relação entre os dois blocos. (Franzinelli *et al.*, 1999).

que o rio Madeira é um neotectonodivisor que separa duas regiões biogeográficas distintas (IGREJA *et al.*, 2001).

Nessa análise, no ecossistema amazônico, quando ocorre rebaixamento de blocos cobertos por vegetação de terra-firme, desenvolvem-se espécies vegetais do igapó ou da várzea e, ainda, a adaptação das espécies vegetais remanescentes da terra-firme. Por outro lado, é possível de encontrar espécies de matas de várzea e igapó em blocos de terra-firme, associadas a soerguimento de um bloco neotectônico de áreas alagáveis.

É evidente que os estudos biogeomorfológicos apoiados no tripé geomorfologia, processos fluviais, neotectônica e ecologia, são consideravelmente capazes de permitir uma nova abordagem em várias escalas espaço-temporais.

Souza *et al.* (2003) afirmam que é fundamental para a manutenção de recursos hídricos da bacia Amazônica o conhecimento sobre a distribuição espacial dos tipos de vegetação e das superfícies líquidas. Os estudos acerca da distribuição/interação das formações vegetacionais nas unidades geomorfológicas de uma planície de inundação permite, além da abordagem interdisciplinar, a reconstrução das fases evolutivas da paisagem fluvial.

Assim sendo, na ilha da Marchantaria, existem indicadores paleoambientais, que correspondem a mudanças climáticas ocorridas no Quaternário, a processos de sedimentação/erosão diferentes e ao controle neotectônico.

2.2 O canal fluvial versus planície de inundação

O canal fluvial e a planície de inundação são feições geomorfológicas distintas, e compõem a planície aluvial (PEREIRA *et al.*, 2002). O canal fluvial (leito menor) corresponde ao espaço geralmente ocupado pelo curso de água e contém o leito da vazante, e a planície de inundação (leito maior ou de cheia) que corresponde à área que fica submersa quando o rio transborda no período das cheias. Dessa forma, a planície aluvial pode ser interpretada como um registro morfossedimentar de uma sequência de eventos paleohidrológicos (MORAIS *et al.*, 2008).

O modelado do canal fluvial é interpretado como resultado de uma interação entre as características do leito (largura, profundidade, rugosidade, declividade),

granulometria dos sedimentos que formam os bancos, características da vegetação aquática e terrestre, regime do fluxo e descarga (FRYIRS e BRIERLEY, 2005).

Entre os elementos associados ao canal fluvial existem as barras de canal (*channel bar*), barras laterais (*marginal bar*), barras de meandro ou de acreção lateral (*point bar*), que correspondem aos depósitos de canal, ilhas e bancos, além do talvegue e baixio. As formas típicas e/ou os ecossistemas associados à planície de inundação (fora do canal) são os diques naturais, os canais e meandros abandonados, os canais secundários, o depósito de rompimento de dique (*crevasse splay deposit*) e as bacias de inundação (CHRISTOFOLETTI, 1980; SUGUIO e BIGARELLA, 1990; PEREIRA *et al.*, 2002).

Para Leopold *et al.* (1964) a planície de inundação é uma faixa de terra margeando um canal fluvial, com relevo pouco acentuado e aonde ocorre o transbordamento, durante período de cheias. Ainda, segundo os autores, a distribuição da vegetação na planície de inundação, frequentemente, reflete os vários ambientes de sedimentação e erosão.

Iriondo (1985) declara que na dinâmica morfológica do sistema fluvial (migração lateral, erosão e deposição de sedimentos) o canal flui ao longo de uma faixa deprimida que ele próprio escavou. Essa faixa é denominada planície de inundação.

Para Rocha (2011), a planície de inundação surge como “forma proveniente do ajuste entre as variáveis da geometria hidráulica do canal e sua carga, na busca do perfil agradacional do rio ao longo do tempo” (p.59). Por conseguinte, a planície de inundação pode ser definida, segundo Rocha (2010), como “uma feição deposicional do vale do rio, associada com um clima particular ou com o regime hidrológico da bacia de drenagem” (p.157). Os depósitos, de modo geral, são de natureza tracional, onde se observa uma estruturação interna que obedece às variações do regime de fluxo, resultante da interação entre a corrente que passa e o fundo do leito (FÁVERA, 2001).

Segundo Nanson e Croke (1992) *apud* Andrade e Souza Filho (2011), a planície de inundação, em sua classificação genética, é uma forma aluvial, separada de seu canal por margens e construída por sedimentos transportados pelo rio.

A planície de inundação ou várzea, para Christofolletti (1980), é a forma simples de sedimentação fluvial. É composta por aluviões depositados dentro ou fora do canal principal. No período da vazante, o escoamento fica reduzido a setores

do canal, onde haverá depósito de aluviões com o abaixamento do nível das águas, ao passo que durante o período das cheias o nível das águas, transbordando sobre as margens do canal, acarreta deposição de sedimentos nas depressões laterais. Fica claro que, o escoamento da água na várzea é diferente de que ocorre no canal principal, porque a “água pode tomar outros caminhos preferenciais, o que pode resultar em um retardamento ou encurtamento do fluxo da água para seções a jusante” (FRAGOSO JR. *et al.*, 2009, p. 181). Além disso, o estágio de margens plenas assinala a descontinuidade entre o canal fluvial e a planície de inundação e, para atingi-lo, o escoamento fluvial realiza-se no interior do canal, gerando várias formas topográficas (ROCHA, 2011).

Na perspectiva geomorfológica, a planície de inundação engloba elementos topográficos específicos e estruturas deposicionais fluviais, na fase do canal e na fase do transbordamento (CHRISTOFOLETTI, 1980). No entanto, a planície não deve ser caracterizada pelos processos e formas de relevo desenvolvidas no canal fluvial, pois tais formas topográficas são de “natureza deformável e de rápida mutabilidade” (CHRISTOFOLETTI, *op. cit.*, p. 75).

Tipicamente, segundo Silva (2006), os depósitos em suspensão dão origem às bacias de inundação e os depósitos de carga de fundo originam diques marginais e depósitos de rompimento de diques. Nesse sentido, considera-se que a morfologia do canal pode migrar devido à atuação dos processos sedimentares ou erosivos.

A enchente ou cheia, do ponto de vista ecológico, é um evento que pode homogeneizar os ambientes fluviais e conectá-los, de acordo com Thomaz *et al.* (1997). Em outras palavras, os habitats da planície de inundação podem ser alterados, permanecendo diferenciados durante a fase de seca (terrestre), e homogêneos entre si durante a fase de inundação (THOMAZ *et al.*, 1997).

Junk *et al.* (1989) definem planície de inundação ou áreas alagáveis como sendo a “zona de transição aquática/terrestre” (ATTZ), porque periodicamente ocorre alternância entre os ambientes aquáticos e terrestres (Fig. 8). Na ATTZ, os elementos aquáticos e terrestres (água, sedimentos, matéria e energia) estão intrinsicamente conectados por uma “fronteira móvel”, sendo apontada como unidade indivisível (PIEDADE *et al.*, 2013).

Figura 8. Variação anual do fluxo de inundação (*pulso de inundação*) à jusante da ilha da Marchantaria. (A) *Fase terrestre*, durante período de seca (nível de 11,83 metros); (B) *Fase aquática*, durante o período de cheia (cota máxima de 20,68 metros, registrado em toda a série histórica). Foto: Mircia Fortes (2011/2013)

Essa dinâmica de integração entre a água e terra ou a variação do fluxo de inundação (*pulso de inundação* ou *flood pulse*) (Fig. 9) é o principal processo que produz e mantém a planície de inundação, e afeta, consideravelmente, a biota fluvial que se desenvolve nela (BAYLEY, 1995). “Este pulso pode variar em amplitude, duração, frequência e previsibilidade” (PIE DADE op. cit., p. 411). Assim, de acordo com o tipo de pulso de inundação, as áreas alagáveis podem ser classificadas a partir dos parâmetros climáticos, hidrológicos, hidroquímicas e botânicos, como: pulso monomodal previsível de alta amplitude e longa duração (áreas de várzeas e igapós ao longo dos grandes rios amazônicos), pulso monomodal previsível de baixa amplitude e longa duração (grandes áreas planas nos interflúvios de drenagem insuficiente, alagadas pelo excesso de precipitação, em época chuvosa), pulso polimodal imprevisível de curta duração (áreas ripárias ao longo de igarapés e pequenas depressões, alagadas por pancadas de chuvas locais) e pulso poli modal previsível de curta duração (ocorre nas áreas costeiras influenciadas por marés) (JUNK *et. al.*, 2011; PIE DADE *et al.*, 2013).

Figura 9. Esquema simplificado do *pulso de inundação* (*Flood pulse*) na várzea amazônica, destacando a inter-relação entre a vegetação e fases aquática/terrestre. Fonte: Adaptado de Bayley, (1995).

Ainda, Junk *et al.* (1989) empregam a expressão “sistema rio-planície de inundação”, com a conotação de planície de inundação, ambientes permanentemente lóticos (canal principal) e lênticos (lagos).

De acordo com Rocha (2010) o sistema rio-planície de inundação é dinâmico, está condicionado às interações entre os seus subsistemas (rio, pântanos, canais, ilhas, lagos e zonas de transição) e tem uma diversidade de feições em diferentes estágios geomórficos sucessionais. Assim, o referido autor, admite que “certo determinismo nos processos ecológicos pode ser esperado” (p. 158).

Thoms (2003) utiliza o termo *ecossistema rio-planície de inundação*, ao invés de sistema, para referir-se a um ambiente espacialmente dinâmico, onde a água desempenha um papel importante para a conexão entre vários habitats da planície. A conectividade lateral entre o canal principal e a planície de inundação é um fator essencial para o funcionamento do *ecossistema rio-planície de inundação*, sendo a fragmentação desse ecossistema o resultado da redução ou eliminação das conexões entre as feições geomorfológicas. Na opinião do autor, existe pouco conhecimento sobre a transferência de sedimentos da várzea para os canais fluviais durante o período de conectividade (inundação), a passo que existe muito entendimento sobre a transferência de sedimentos e nutrientes do canal fluvial para a planície de inundação.

A compreensão da dinâmica do *pulso de inundação* está, com certeza, associada ao processo anual de águas altas (cheia) e águas baixas (seca) que comanda a reprodução e manutenção da vegetação ripária, principalmente, amazônica. Mas, o *pulso de inundação* não explica toda a dinâmica e funcionamento das áreas sujeitas à inundação. Os processos hidrológicos não são suficientes para explicar a vegetação associada aos tipos de formas da paisagem aluvial, uma vez que os diversos elementos topográficos são dinâmicos, em função da inter-relação dos processos erosivos/deposicionais sazonais, topográfico-neotectônicos e climato-ambientais.

Morais escreveu em 1936 que as migrações laterais do rio Amazonas “vão metamorfoseando seus aspectos em trechos tão diferentes, pois as margens recuam de um lado e se ampliam de outro, as ilhas mergulham aqui e afloram acolá, os canais divagam e as praias mudam-se” (p. 25-6).

Essa perspectiva restrita dos processos sedimentares fluviais amazônicos amplia-se com a concepção de suporte ecológico e padrão de biodiversidade dos ecossistemas da Amazônia brasileira de Ab’Saber (2002), que tece as seguintes considerações sobre os processos hidrogeomorfológicos da planície de inundação:

Trata-se de um mosaico terra-água labiríntico [...]: diques marginais baixos, outrora florestados, ultrapassados pelas águas durante as grandes cheias; floretas de várzeas altas em alguns setores em que a planície encosta-se na base dos tabuleiros; réstias de florestas biodiversas em diques marginais interiorizados; [...]; vegetação herbácea ou campestre em leitos abandonados; capins nativos nas bordas de lagos de várzea, expostos ou submersos, em função da retração ou re-expansão das águas. (p. 9)

É interessante constatar que o *mosaico terra-água labiríntico*, corresponde ao *sistema rio-planície de inundação*, sendo que a abordagem de Ab'Saber é particularmente biogeográfica e geomorfológica.

Na opinião de França *et al.* (2005), o estudo da planície aluvial amazônica é um desafio, devido à sua dimensão semicontinental, diversidade natural, patrimônio cultural e à heterogeneidade das áreas alagadas.

Denominada regionalmente de várzea, a planície do sistema fluvial Solimões-Amazonas é o ambiente periodicamente inundado pelos de rios de águas “brancas” (alta turbidez), relativamente ricas em nutrientes dissolvidos, principalmente em cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (SIOLI, 1973). À medida que a corrente das águas “brancas”, durante períodos de cheias, adentra na planície de inundação sua velocidade é progressivamente reduzida e a carga suspensa é depositada. Assim, a várzea é anualmente recoberta como uma nova camada de aluviões (FERREIRA *et al.*, 1999).

Os sedimentos da planície foram depositados durante o Pleistoceno (que vai de cerca de 1.8 milhões a 10 mil anos atrás) e Holoceno (LATRUBESSE e FRANZINELLI, 2002). Os principais depósitos pleistocênicos estão correlacionados ao Pleniglacial médio a superior da Glaciação Wisconsin (América do Norte), cujas taxas de precipitação anual se situavam entre 500 e 1.000 mm. Em resposta ao cenário climático, houve condições de aridez, com substituição de floresta por savana (LATRUBESSE *et al.*, 2005).

Segundo Rangel-Ch. *et al.* (2008), o Pleniglacial médio (40.000 – 30.000 anos AP) foi um período muito seco (baixa precipitação e menos efeitos do pulso de inundação sobre a sucessão ecológica), de transição entre o clima frio-úmido e o frio seco. Nesse período ocorreu a diminuição da vegetação aquática e a expansão da floresta de terra firme. No Pleniglacial superior (30.000 – 16.500 anos AP), as florestas de várzea e terra firme regrediram, indicando a diminuição do caudal do rio, iniciando o estabelecimento de uma fase seca. No final desse período, ocorreu o aumento e a permanência da vegetação de várzea, com espécies de *Myrtaceae* e palmeiras de *Maurítia*, indicando o início do Tardiglacial (14.000 – 11.000 anos AP) (RANGEL-CH. *et al.*, op. cit.).

No Holoceno a Amazônia sofreu efeito de oscilações climáticas que afetaram seus sistemas fluviais. A sedimentação provavelmente está associada a um

decréscimo na precipitação, atingindo uma extrema aridez durante o Hipsitérico⁶, ou seja, entre 7.000 e 4.500 anos AP (antes do presente) (LATRUBESSE *et al.*, op. cit.). O Holoceno tardio, de modo geral, foi mais úmido do que o Holoceno médio e inferior.

A respeito à idade dos sedimentos da planície, Klammer (1984) expõe que a várzea “é um composto, não um corpo de sedimento inteiramente do Holoceno, e embora as formas deposicionais predominem, partes da planície [...] tem sido afetadas pela degradação durante um estágio baixo anterior do rio” (p. 18), e, adiante, comenta que os aspectos físicos mudam consideravelmente tanto nas seções transversais quanto no perfil longitudinal.

Ao “composto de sedimento” reconhecido por Klammer, Igreja (2007; 2012) denominou de Cinturão de Várzeas Solimões-Amazonas (CVSA), que representa os diversos compartimentos da várzea delimitados por fatores topográfico-neotectônicos. Esse cinturão com gênese, dimensão e extensão diversas (IGREJA, 2012), corresponde às sequências de planícies de inundação encaixadas (IRIONDO, 1982; KLAMMER, 1984).

De acordo com Filizola e Guyot (2011), baseados nos dados obtidos na estação hidrométrica Manacapuru (a jusante da ilha da Marchantaria), a vazão e o fluxo sólido do rio Solimões, entre 1995 a 1998, foram estimados em, respectivamente, $96.230 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ e $447.10^6 \text{ ton.ano}^{-1}$. Segundo esses autores, existe uma grande zona de sedimentação entre Manacapuru e Óbidos ($100.10^6 \text{ ton.ano}^{-1}$).

Evidências obtidas em amostras de sedimentos da ilha da Marchantaria, junto às barras arenosas internas, apresentaram idades entre 10,9 e 1,06 ka A.P. (idade ^{14}C determinada em sedimentos a 8,33m de profundidade). Esse estudo, também, indica sedimentos de baixa maturidade, sugerindo rápido transporte sedimentar provenientes de áreas fontes andinas. A construção das barras dos rios Solimões/Amazonas, provavelmente, estaria relacionada a chuvas torrenciais a partir do Holoceno médio (FERREIRA, 2013).

Segundo Latrubesse (2007), o ambiente da planície aluvial do Amazonas não é totalmente inundável nas típicas cheias. De fato, Mertes *et al.* (1996), calculou que entre Vargem Grande, no alto Solimões, e Óbidos, médio Amazonas paraense,

⁶ Período quente no Holoceno, quando a temperatura média global teria se elevado entre 2 e 3 °C acima da atual.

aproximadamente 40.000 km² da várzea e 4.000 km² de ilhas são inundadas diretamente pela água do rio Amazonas. Por outro lado, o restante da planície (aproximadamente 20.000 km²) entre Vargem Grande e Óbidos pode permanecer acima do nível de inundação (terra firme) ou é inundada por igarapés, água subterrânea, infiltração ou águas pluviais (Mertes *et al.*, op. cit.). Ressalta-se, que a amplitude do canal principal, no período de 1970 a 1996, variou de 8 a 15 metros (FILIZOLA *et al.*, 2002)

Certamente, diante a complexidade da planície de inundação do rio Amazonas, Latrubesse (2007) enfatiza a dificuldade em descrever a várzea sob um enfoque atualístico, dentro do contexto genético, pois o sistema fluvial Solimões-Amazonas é um arquivo morfossedimentar de uma sucessão de eventos paleohidrológicos.

Além da complexidade genética da planície de inundação, “o rio e o ciclo das águas, com suas fases de enchente e vazante, são uma dimensão fundamental no universo simbólico das populações amazônicas” (CASTRO, 2003, p. 331). As formas de ocupação e de uso dos recursos nos diversos ambientes da várzea são saberes para a reprodução social e cultural. Como enfatiza Castro (op. cit.), o tempo social e o tempo individual das populações tradicionais ribeirinhas são definidos a partir de regulações dos ciclos da natureza. Portanto, as ilhas podem ser pequenos territórios periféricos.

2.3 A vegetação na planície de inundação - Amazônia Central

Ao longo do canal fluvial e da planície de inundação do rio Amazonas distribui-se, em função da altura e duração da inundação, da composição dos sedimentos e dos níveis topográficos, a *vegetação periodicamente inundada*. A estrutura inclui vegetação arbórea, arbustos e campo de várzea (predominância de gramíneas).

Prance (1980) classifica dois tipos de floresta inundada por rios de água branca: *Floresta periodicamente inundada* (Mata de várzea estacional) e *Floresta permanentemente inundada* (pântanos permanentes). A *mata de várzea estacional* inundada periodicamente tem alta biomassa, árvores altas emaranhadas por lianas lenhosas, sendo comuns as raízes suportes e pneumatóforos (BRAGA, 1979). As

espécies mais características são: a embaúba (*Cecropia latiloba*), pioneira intolerante à sombra (PAROLIN, 2002); tarumã-da-várzea (*Vitex cymosa*); catoré (*Crataeva benthamii*); matapasto (*Senna reticulata*), pioneira que coloniza áreas abertas, principalmente em pastagens abandonadas; e a mungubeira (*Pseudobombax munguba*). A floresta de pântano permanente, sobre solo saturado de água, é encontrada especialmente em depressões da planície. O dossel é mais aberto do que na mata de várzea estacional (PRANCE, 1980).

As flutuações anuais do nível da água variam entre 10 e 15 metros (JUNK, 1989; PIEDADE, 1995; PAROLIN *et al.*, 2010) e a vegetação colonizadora de áreas alagáveis podem sobreviver a períodos de até seis meses de inundação anual (PIEADADE, 1995). Essa interpretação é corroborada por presença de vegetação adaptada à submersão parcial ou total durante o período prolongado de cheia (MAIA, 1997).

De acordo com Barbosa *et al.* (2007) as espécies arbóreas, cujo ciclo de vida é longo, são menos tolerantes à grande quantidade de sedimentação, enquanto a vegetação herbácea ao resistir a mudanças ambientais estabelece novas populações.

A zonation da vegetação no ambiente da planície em função da distância da água foi sugerida por Junk (1970): macrófitas aquáticas flutuantes e abertas, situadas em áreas baixas, abertas e com muita luminosidade; e arbustos e espécies arbóreas, nos níveis altos.

Essa sucessão florestal, conforme Peixoto *et al.* (2009), e a mudança da paisagem ao longo do gradiente vertical da planície de inundação estão amplamente inter-relacionadas. Os sedimentos fluviais recém-depositados são colonizados por gramíneas e herbáceas, seguidas por arbóreas pioneiras, que toleram taxas de sedimentação de até 20 cm. À medida que o pacote sedimentar aumenta de espessura e a velocidade da água diminui as formações monoespecíficas (e.g. embaubeiras e oeiranas) se desenvolvem, tolerando taxas de sedimentação de cerca de 1 cm. Esses agrupamentos arbóreos monoespecíficos se estabelecem 20 anos após tornar-se efetiva a colonização da área pelas espécies pioneiras (WORBES *et al.*, 1992; PEIXOTO *et al.*, op. cit.).

Como exemplo de um processo sucessional que ocorre ao longo de gradiente topográfico, considera-se os estágios de zonation na vegetação de várzea, apresentado por Worbes (1997). Na fase inicial do processo sucessional, predomina

o capim mori (*Paspalum fasciculatum* Willd. ex Flüggé). O processo contínuo de sedimentação permite o estabelecimento de oeirana (*Salix martiana* Leyb), que corresponde o estágio pioneiro ou primário. Posteriormente, segue-se o estágio secundário, com dominância de embaúba (*Cecropia latiloba*), formando cordões monoespecíficos. A sucessão secundária tardia, com abundância de munguba (*Pseudobombax munguba*), é o estágio intermediário entre o estágio secundário e a comunidade climax. A espécie florestal piranheira (*Piranhea trifoliata*) é o último estágio alcançado no processo sucessional. Porém, Parolin (2005) considera uma possível sequência sucessional com matapasto (*Senna reticulata*), ou seja, a espécie arborea pioneira *S. reticulata* poderá substituir o *P. fasciculatum*, a *S. martiana* e *C. latiloba*, na fase inicial do processo de sucessão (Fig. 10). A oeirana se estabelece a partir da cota de 23 metros até a cota de 26 metros sobre o nível do mar (WORBES, 1997), enquanto o matapasto coloniza somente áreas acima de 25 metros do nível do mar (PAROLIN, 2005).

Figura 10. Típica sequência sucessional da várzea e uma possível sequência com *Senna reticulata* como fase inicial da zonation ecológica (Worbes *et al.*, 1992; Parolin, 2005).

Contudo, como afirmam Junk e Piedade (1993) nas áreas próximas às margens dos rios, é difícil de classificar as plantas da planície de inundação, pois

muitas delas estão adaptadas, vivem tanto em terrenos alagados quanto nos secos. Por outro lado, no período seco, com baixa disponibilidade de umidade no solo e altas taxas de evaporação, as plantas podem também experimentar um *estress* hídrico, que é tolerado pela fisiologia, morfologia etc. (PAROLIN *et al.*, 2010).

Junk (1989) classificou a vegetação arbórea da várzea na região de Manaus, em relação ao gradiente e tempo de inundação, em três níveis de comunidades: *comunidade arbustiva*, que se estabelece a partir da cota de 21 metros acima do nível médio do mar (ANM) e está sujeita à inundação anual cerca de 230-270 dias; *comunidade arbórea de nível médio*, que se estabelece a partir da cota de 23 ANM e está sujeita à inundação anual cerca de 140-230 dias; e *comunidade arbórea de nível alto*, que se estabelece a partir do nível de 25 metros ANM e está sujeita à inundação anual inferior a 140 dias (Fig. 11).

Figura 11. Perfil esquemático mostrando a distribuição da vegetação da várzea na região de Manaus em função do gradiente de inundação em cada posição do relevo. A – comunidade arbustiva; B – comunidade arbórea média; C – comunidade arbórea alta. M.a.n.m = metros acima do nível do mar. Fonte: Piedade *et al.*, 2010.

Por conseguinte, Ayres (1993) classificou as florestas de várzea em: *chavascal*, no qual o nível de inundação varia entre 5 e 7 metros e fica inundada durante 6 a 8 meses por ano; *restinga baixa* com um nível de inundação de 2 a 5-5 metros e permanece inundada por um período de 4 a 6 meses por ano; e *restinga alta*, nas áreas elevadas da planície de inundação, com nível médio de inundação de

1 a 2,5 metros e permanecendo anualmente alagada por um período de 2 a 4 meses.

As faixas de restingas arenosas, situadas as margens dos rios e das ilhas, quando expostas na vazante, são colonizadas por árvores pioneiras (LEITE *et al.*, 1996), principalmente a embaúba.

Geralmente, as árvores na ilha da Marchantaria apresentam cerca de 30 metros de altura, e o dossel superior é dominado pela presença da *P. munguba* (KETELHUT, 2004). A *P. munguba* é uma espécie arbórea, decídua, abundante em cotas de inundação entre 4 e 6 metros e especializada em colonizar áreas abertas. Nos níveis baixos da ilha ocorre a Arapari (*Macrolobium acaccifolium* (Benth.)), leguminosa arbórea semidecídua.

Outras formações vegetais características da várzea são as macrófitas aquáticas (*macro* = grande; *fita* = planta) ou plantas aquáticas vasculares. São vegetais cuja área foliar (superfície fotossinteticamente ativa) está permanentemente ou anualmente, total ou parcialmente submersa em água ou flutuante em sua superfície (Cook *et al.*, 1974).

Nas proximidades de Manaus constatou-se que as áreas alagáveis são amplamente colonizadas por macrófitas, sendo consideradas dominantes a *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc. e *Paspalum repens* (BARBOSA *et al.*, 2008; COSTA, *et al.*, 2011), conhecidas popularmente como canarana (capins flutuantes), e as herbáceas livres e flutuantes, regionalmente reconhecidas como aguapé e mururé (*Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata* respectivamente). Conforme Piedade *et al.* (2005), adaptadas à dinâmica da deposição de sedimentos, as herbáceas anuais terrestres cobrem os terrenos baixos da planície, durante a vazante, enquanto as plantas herbáceas semiaquáticas ocupam os terrenos elevados.

Conserva *et al.* (2007) classificaram, na região amazônica, as macrófitas pelo hábito de crescimento em (Fig. 12):

- Macrófitas enraizadas no sedimento, com folhas flutuantes. Ex.: vitória-régia (*Victoria amazônica*), lírio d'água (*Nymphaea amazonum*).
- Macrófitas enraizadas no sedimento, com folhas emergentes. Ex.: canarana (*Echinochloa polystachya*).

- Formas transicionais, enraizadas no sedimento, tornando-se livres flutuantes com a subida do nível da água. Ex.: canarana rasteira (*Paspalum repens*).
- Livre-flutuantes submersas abaixo da superfície da água. Ex.: utriculária (*Utricularia foliosa*).
- Livre-flutuantes na superfície da água. Ex.: mururé (*Salvinia auriculata*).
- Livre-flutuantes com folhas acima da superfície da água. Ex.: alface d'água (*Pistia stratiotes*).

Figura 12. Grupos ecológicos das macrófitas aquáticas. Fonte: Fragoso Jr. *et al.*, 2009.

No âmbito da ilha da Marchantaria, além das plantas herbáceas citadas anteriormente, considera-se dominante, a herbácea livre e flutuante conhecida como alface d'água (*Pistia stratiotes*) (VIEIRA-NETO *et al.*, 2006; SOUSA *et al.*, 2009).

Os ambientes lacustres presentes na ilha da Marchantaria, com suas diferentes morfologias e gêneses, apresentam três ambientes, na época da enchente: bancos de macrófitas aquáticas, floresta inundada e canal do lago (WAICHMAN *et al.*, 2002).

Segundo Piedade *et al.* (op. cit.) a vegetação herbácea é importante para a retenção de partículas do solo durante a vazante (acelera o processo de sedimentação), impede a erosão hídrica do solo e promove os primeiros estágios do

processo de sucessão. As raízes da vegetação herbácea são caracterizadas pelo microssítio de estabelecimento (micro-habitat), que contém rica comunidade de peixes e insetos. No entanto, para os autores, a pecuária bovina e a agricultura são as principais atividades econômicas que ameaçam as plantas herbáceas.

Outra característica dos ecossistemas de várzea é a produção de frutos e dispersão de sementes, que pode variar nas comunidades vegetais. Muitas árvores frutificam durante o período de inundação e alguns frutos ao caírem na água permanecem flutuando, favorecendo a dispersão das sementes pela água (hidrocoria) e/ou pelos peixes frugívoros (ictiocoria) (MAIA, 1997; MAIA *et al.*, 2007).

Como visto, a vegetação da planície de inundação distribui-se espacialmente com relação à hidrodinâmica fluvial (sedimentação, erosão, fluxo, etc.), aos distintos níveis tectono-topográficos, às diferentes intensidades, frequência e durabilidade da sazonalidade.

Devemos assinalar, particularmente, a importância da interação vegetação-planície de inundação, pois considerando a várzea como *áreas úmidas* ou *zonas úmidas* (*wetlands*), com uma complexidade ecológica, cobertura vegetal, lagos e solos específicos, tem-se a necessidade de uso sustentável dos seus recursos, uma vez que a população ribeirinha rural do estado do Amazonas, de acordo com Piedade (2010)⁷ “concentra cerca de 80% da atividade econômica, onde a prática das atividades como a pesca, agricultura, pecuária e silvicultura são essenciais para sobrevivência das populações” (informação oral).

Nesses termos, concordamos com Souza *et al.* (2003) quando afirma que para a manutenção de recursos hídricos é primordial o conhecimento sobre a distribuição espacial dos tipos de vegetação e das superfícies líquidas.

2.4 O ecossistema insular em planície de inundação

Carbonari (1981), tecendo comentário sobre a biogeografia insular, afirma que “as ilhas formam, por suas condições especiais, um domínio biológico particular” (p.2) e, geralmente, são “pequenas massas de terra cercadas de água” (p. 2). Para o autor, duas ilhas não são idênticas, mesmo pertencendo ao mesmo arquipélago.

⁷ PIEDADE, M.T.F. “Pesquisadores discutem projeto do Pronex em Workshop”, FAPEAM, Manaus, 18/08/2010. Disponível em : <http://www.fapeam.am.gov.br/noticia>.

Encontrando-se acima do nível da água, as ilhas constituem um dos elementos da paisagem fluvial limitados por canais bifurcados e recobertos por vegetação permanente (OSTERKAMP, 1998). Para o autor, uma ilha, além de forma isolada de relevo da várzea, está ajustada aos processos fluviais do canal. Por isso, é considerada ilha de “regime”, porque reflete a variação sazonal.

No entanto, Wyrick (2005) afirma que embora a vegetação seja considerada como um dos mais importantes indicadores da estabilização de ilhas, o estabelecimento de uma cobertura vegetal não é necessariamente um requisito para definir uma ilha fluvial, pois existem ilhas rochosas. Conforme o autor, uma ilha estável é aquela que permanece tanto no período *interinundação* quanto no período de pós-enchente. Por outro lado, as ilhas estão dentre os primeiros elementos da paisagem a desaparecer em decorrência da dinâmica fluvial. Assim, o que caracteriza o espaço de uma ilha fluvial é sua instabilidade sazonal (SOUZA *et al.*, 2010).

Segundo Osterkamp (2007), podem ser enumerados quatro processos importantes que determinam a formação de ilhas fluviais. Estes processos compreendem a avulsão fluvial, a migração lateral do canal, a deposição de sedimentos no leito do canal e o estabelecimento da vegetação. As ilhas de avulsão formam-se a partir de aluviões residuais, decorrentes da mudança abrupta no curso de um canal fluvial.

Do ponto de vista de Wyrick (*op. cit.*), ilhas são massas de terra no interior de um canal fluvial. Estão separadas da planície de inundação pelas águas que as circundam, apresentam certa estabilidade, e permanecem expostas durante o escoamento de margens plenas⁸ (leito menor) ou *bankfull*. O nível de margens plenas (Fig. 13) demarca o limite entre os processos fluviais que modelam o canal e os que constroem a planície de inundação (FERNANDEZ, 2003).

⁸ A descarga de margens plenas é a vazão líquida que preenche na medida justa o canal antes de extravasar em direção da planície de inundação ativa, a qual é uma superfície adjacente ao canal fluvial, modela pelos processos erosivos/deposicionais do fluxo das cheias (Fernandez, 2003).

Figura 13. Representação esquemática do nível de margens plenas (seção transversal). Fonte: <http://ag.arizona.edu> (Adaptação)

Por sua vez, Gurnell *et al.* (2005) *apud* Döring e Tockner (2009) acrescentam que o surgimento de ilhas depende, efetivamente, da acumulação de fragmentos lenhosos de grandes proporções, que favorecem o crescimento da vegetação a partir da retenção de sedimentos e disponibilidade de nutrientes oriundos da decomposição vegetal.

Além disso, as ilhas fluviais, para Döring e Tockner (2009), são elementos chave da planície de inundação. São fontes de nutrientes, para as áreas adjacentes menos produtivas. Por isso, conforme Morrison (1998) *apud* Ketelhut (2004), o termo ilha pode ser empregado para avaliar um habitat de acordo com a gênese, fisiografia, extensão, posição geográfica e o isolamento.

Américo (2010) ao estudar a conectividade entre um ambiente insular e sua cobertura vegetal, argumenta que “a ideia usual de ilhas como terras isoladas geograficamente e a ausência de mobilidade do indivíduo vegetal podem gerar [...] um pensamento de inexistência de relações efetivas entre matéria, fluxo e energia” (p. 40). Para ele, os rios conectam ilhas entre si, a partir do movimento dos sedimentos e nutrientes, criando um ambiente de grande fluxo e troca de energia.

Tomando-se em consideração essa conectividade, define-se ilha como um ambiente circunscrito, produto sedimentar de vários episódios deposicionais/erosionais. Além disso, o ambiente insular contém nos sedimentos, na biota e cobertura vegetal registros da magnitude, frequência e duração das enchentes (OSTERKAMP, 1998; WYRICK, 2005).

O canal do rio Amazonas tem uma sinuosidade média de $<1,5$ e está dividido, em alguns trechos, por inúmeras ilhas, as quais estão separadas da planície de inundação adjacente por paranás (HUDSON e WINKLERPRINS, 2004).

Albernaz e Costa (2008) reconhecem que as modificações na feição dos ambientes lacustres, no canal e nas ilhas, advindas do volumoso fluxo de sedimentos carregados pelos rios de águas brancas, possivelmente significa perda de 200 metros de margens anualmente. Simultaneamente ocorre à formação de ilhas e barras pelo processo de sedimentação.

Para Barriel (2009), a presença de ilhas no canal produz diferenças batimétricas e hidrodinâmicas no canal fluvial que, em interação com a fauna e vegetação, favorecem a multiplicação e o desenvolvimento de várias espécies aquáticas.

Os processos fluviais de erosão e sedimentação, segundo Jokinen *et al.* (1996), estabelecem a diferença de idades dos sedimentos das ilhas do rio Amazonas. Logo, os autores entendem que nas ilhas, territorialmente maiores, existem áreas sedimentares com idades variadas, enquanto nas ilhas menores, os sedimentos são jovens e homogêneos.

Outra questão sobre as idades das ilhas ao longo do rio Amazonas é o fato de no noroeste do Peru (Amazônia Peruana) as idades das ilhas são inferiores há 45 anos, enquanto nas proximidades da região de Manaus, as ilhas têm muitos séculos (JOKINEN *et al.*, op. cit.). Marchantaria, por exemplo, de acordo com Irion *et al.* (1997), tem aproximadamente 6000 anos AP.

Portanto, nota-se que os ecossistemas insulares são presença marcante ao longo de todo o curso do rio Amazonas e estão comumente associadas aos seguintes fatores: as condições mesológicas (coloração da água); às formas geoestruturais, principalmente neotectônicas; aos processos hidrodinâmicos; e a geomorfologia fluvial (FORTES *et al.*, 2003).

3 CARACTERÍSTICAS BIOGEOMORFOLÓGICAS DA ILHA DA MARCHANTARIA

3.1 Geomorfologia Tectônica

A unidade litológica da ilha da Marchantaria, sem denominação formal, compreende os depósitos quaternários associados ao sistema da planície aluvial do rio Solimões-Amazonas, predominantemente compostos por aluviões areno-argilosos recentes e sub-recentes. Esse conjunto de cobertura sedimentar inconsolidada está superposto em unidades litoestratigráficas depositadas a partir do Eocretáceo (Aptiano) ao Neocretáceo (Maastrichtiano), segundo Cunha *et al.* (2007), ou no limite Paleoceno-Mioceno da era Cenozóica, de acordo com Caputo (2011), pertencentes à Formação Alter do Chão constituída por rochas clásticas continentais.

Como descrito por Igreja (2012), a morfologia da ilha está controlada pelo Rombograben⁹ Manaus (direção geral N40E), situado no último trecho do rio Solimões, correspondendo tanto à direção preferencial quanto regional do estiramento (distensão) neotectônico. O desenvolvimento deste romboagraben vincula-se ao sistema de falhas transcorrentes dextrais recentes (IGREJA, 2011) que ocorre no Encontro das Águas de Manaus, ou seja, na intersecção das direções estruturais N40E, N65W e N75E (Fig. 14).

Figura 14. Contexto geológico-tectônico do eixo central (Solimões/Negro/Amazonas). Q – Quaternário (areias, siltes e argilas inconsolidadas da planície do Rio Solimões); K – Cretáceo Superior (Formação Alter do Chão). Observam-se o Rombograben Manaus, no qual está alojada a ilha da Marchantaria, e as principais Zonas de Falhas Neotectônicas ativas: 2 – Iranduba; 3 – Aleixo; 4 – Paciência Leste; 5 – Manaquiri; 6 – Curari. (Igreja e Franzinelli, 2007; Franzinelli, 2011; Igreja, 2012).

⁹ Compartimentação tectônica de distensão, em forma de losango ou triangular.

A figura 14 mostra a posição do Rombograben Manaus e suas relações espaciais com as principais intersecções neotectônicas que influenciam a região do Encontro das Águas. O segmento meridional do rombograben é delimitado pelos lineamentos Curari (N40E) (Fig. 15) e Manaquiri (N75E). Um ramo da Falha Paciência Leste (N65W) é o limite a sudoeste. O limite nordeste é, provavelmente, definido pela Falha do Careiro (N65W), e a borda norte é delimitada pela Falha Aleixo (N40E).

Figura 15. Vista parcial do baixo curso do rio Solimões, margem direita. Várzea da Costa do Curari, a jusante do paraná homônimo, salientando (linha vermelha) o controle neoestrutural (N40E), o que implica instabilidade potencial (processos erosivos). Foto: Mircia Fortes (28/01/2011).

A ilha da Marchantaria, como descrevem Franzinelli e Igreja (2012) indica tanto a reorientação do canal do rio Solimões, de N75E para N40E, ou seja, que fluindo de oeste forma uma curva antes da junção com o rio Negro, como à subsidência tectônica do Rombograben Manaus. Essa subsidência resulta redução de potencia (baixa energia) do rio Solimões nesse trecho e, conseqüentemente, acréscimo da deposição fluvial holocênica (IGREJA, 2007) e mudança da feição fisiográfica da ilha em questão.

Face ao exposto, baseando-se em efeitos neotectônicos sobre a região estudada, foi possível de definir para a ilha da Marchantaria a compartimentação morfotectônica *Planície Aluvial de Origem Tectônica*. Esse compartimento é caracterizado pela baixa variação altimétrica (plana a levemente plana), com desníveis locais inferiores a 15 m na época da seca, sendo que nas áreas planas

(centro-leste da ilha) esses deniveis são de até 1 m de altura. De forma geral, apresenta topos planos a convexo, com vertentes concavas e muito curtas, especialmente, nos bancos arenosos recurvados, estreitos e alongados.

A partir do arranjo dos elementos neotectônicos que condicionam as formas quaternárias atuais, bem como, da evolução das características fisiográficas da ilha da Marchantaria apresentadas nos mapas e imagens foi possível de subdividir a compartimentação da Planície de Acumulação Aluvial de Origem Tectônica, de montante para jusante, em duas unidades bem distintas: Depósito Aluvial Sub-recente (DASr) e Depósito Aluvial Recente (DAR) (Fig. 16).

Figura 16. Delimitação das unidades de depósitos aluviais da ilha da Marchantaria: Depósito Aluvial Sub-recente (DASr) e Depósito Aluvial Recente (DAR). Imagem do Google Earth (DigitalGlobe2014, Imagem Landsat/2013) Org.: Mircia Fortes

a) Unidade Depósito Aluvial Sub-Recente (DASr)

A Unidade Depósito Aluvial Sub-recente é de sedimentação antiga, compreende um losango neotectônico a montante da ilha (seção centro-oeste), com 12,113 km² e direção aproximada WSW-ENE. Até meados da década de 70 o losango neotectônico apresentava uma área de 19,93 km² (1993,75 ha) (Fig. 17). Em outras palavras, a área da ilha da Marchantaria aumentou 11,166km², no período entre 1956 e 2013.

Figura 17. Configuração espacial da ilha da Marchantaria, anos de 1956 e 1971, e década de 80. (A) Esboço geomorfológico da ilha da Marchantaria levantado e interpretado por Sternberg (1956); (B) Recorte da imagem de Radar GEMS 1000 (Folha SA.20-Z-D), obtida em 1971/72, publicada em 1981 (2ª ed.); (C) Vista área oblíqua da ilha, a partir da montante (Irion *et al.*, 1997), na década de 80.

Comparando as Figuras 16 e 17, nota-se que no intervalo de tempo entre 1956 e 2013 atuou um amplo conjunto de processos erosivo-deposicionais.

A análise de cartas e imagens de satélites revela a evolução morfológica da ilha da Marchantaria, de 1956 a 2010. Observa-se na Fig. 18 o processo de acresção lateral, onde a anexação sucessiva das barras de soldamento a jusante do nucleo principal da ilha causou o fluxo de deflexão, o fluxo transversal de barras, alogamento das barras de soldamento, e, também, produziu mudança no talvegue.

Figura 18. Evolução morfológica da ilha da Marchantaria (1956-2010). O contorno de linhas brancas mostra o crescimento da ilha. Imagem do Google Earth (DigitalGlobe2014, Imagem Landsat/2013) Org.: Mircia Fortes

Áreas a montante do losango foram erodidas lateralmente, fazendo com que a sua localização geográfica passasse de $60^{\circ}00'25''$ para $59^{\circ}59'42''$ (localização a atual) (Fig. 19). Concomitantemente, nesse mesmo intervalo de tempo ocorreu sedimentação de novas áreas, a jusante do losango, e, também, intenso processo erosivo na margem direita do rio Solimões.

Figura 19. Mudança morfológica, por processos erosivos fluviais a montante da ilha da Marchantaria, no período entre 1972 e 2013 (contorno vermelho). A área erodida foi de aproximadamente 4.80km^2 . (Camadas de fundo: Folhas SA,21-Y-C e SA.20-Z-D, imagem ESRI Imagery world2D). Org.: Mircia Fortes.

Em geral, os processos erosivos são decorrentes da interação dos fatores climáticos (e.g. volume, distribuição temporal e intensidade de chuvas), hidrodinâmicos (e.g. descarga hídrico-sólida), litológicos (e.g. porosidade, permeabilidade do terreno, estratificação) e neotectônicos, essencialmente por toda extensão das zonas de fraqueza das juntas e falhas, de acordo com Igreja *et al.* (2010).

A forte instabilidade morfodinâmica ocorre ao longo da margem norte do losango (Fig. 20). Nessa seção do canal, o máximo da intensidade da corrente é encontrado junto à margem curva (convexa) da ilha. Destaca-se, que a erosão é desencadeada pela corrente fluvial que solapa a margem, mas é controlada por falhas neotectônicas. A propósito, na unidade em questão, a erosão acarreta perdas elevadas de solo e problemas socioeconômicos, tais como redução de áreas produtivas de subsistência e destruição de casas ribeirinhas.

Figura 20. Ocorrência de erosão fluvial na margem norte da ilha da Marchantaria. (A) Visão vertical, destacando pontos de erosão na margem norte da ilha (Image 2014/Digital Globe); (B) Erosão da margem curva, onde são visíveis os resíduos lenhosos resultantes da queda da vegetação ripária (Foto: Mircia Fortes, 2013).

Outra característica peculiar dessa unidade é a sucessão de falhas, predominantemente, arqueadas que progridem em direção ao centro do losango (Fig. 21). É um conjunto de bancos alongados, recurvados e estreitos, com cerca de 2 a 6 km de comprimento, apresentando a forma de “olho” (ocelar). Os bancos mais antigos, com cristas entre 60-70 metros de altura estão afastados da margem atual da ilha. Algumas das depressões entre os bancos estão preenchidas por água (lagos ou canais), outras estão em processo de colmatagem.

O arranjo dos elementos dos ambientes lacustres apresenta as seguintes características:

- Estrutura anelar (lagos recurvados) e forma ramificada completa, indicando que o arranjo anelar se aplica a estrutura falhada curva;
- Grau de estruturação, muito forte, apresentando curvas que convergem para um ponto central, o lago Central ou Grande;
- Fator de Confiabilidade: 1 - caracterizando uma depressão com controle neotectônico.

Figura 21. Mapa imagem salientando as principais falhas curvas da ilha da Marchantaria. L – Lagos neotectônicos quaternários: 1 – Lago Central ou Grande; 2 – Lago Camaleão; 3 – Lago Cobra; 4 – Lago Novo; A/B – Alto/Baixo relativos (Image 2014/Digital Globe). Org. Mircia Fortes.

b) Unidade Depósito Aluvial Recente (DAR)

A unidade Depósito Aluvial Recente situa-se à jusante da ilha da Marchantaria (seção centro-leste), em nível topográfico mais baixo. Com aproximadamente 18,900 km², a geometria da DAR é losangular, cuja diagonal maior apresenta uma direção geral E-W.

Em termos sedimentares é a unidade mais significativa de toda a planície tectônica, mais extensa e jovem (últimos 40 anos), onde os processos sedimentares sobressaem-se diante os processos erosivos. Apresenta tendência ao aumento longitudinal e variação de forma.

Os ambientes lânticos apresentam formas irregulares, tendendo a elipsoidais. Na época da vazante, a retração das águas limita o espaço dos lagos (situados na área central dessa unidade), os quais se conectam entre si por meio de pequenos canais, inclusive com os canais da unidade Recente. Na cheia, os lagos situados a montante dessa unidade se ligam diretamente ao rio Solimões.

Quanto ao arranjo dos elementos lacustres, essa unidade apresenta:

- Estrutura anelar com forma simples completa, também com controle neotectônico;

- Grau de estruturação, moderado;
- Fator de confiabilidade: 0,6, caracterizando uma depressão estrutural.

Nota-se que, a unidade Sub-recente constitui o setor mais elevado da ilha da Marchantaria. É a unidade com relevo levemente ondulado, sedimentos antigos e na qual predomina o processo erosivo marginal. A unidade Recente, no setor mais baixo da ilha, por sua vez, apresenta relevo plano, sedimentos jovens relacionados à progressiva subsidência e onde o processo de sedimentação é maior que o de erosão (Fig. 22).

Figura 22. Vista das unidades da Planície Aluvial de Origem Tectônica da ilha da Marchantaria, nos períodos da cheia (2011) e seca (2013) do rio Solimões. A1 e A2 correspondem à Unidade DASr, e B1 e B2 à Unidade DAR. Nota-se, que a diferença na compartimentação topográfica é visualizada, apenas, no período da seca, onde sobressaem-se os desníveis locais e o conjunto da vegetação. Foto: Mircia Fortes; Imagem Landsat TM-5.

Portanto, os depósitos fluviais da *Planície Aluvial de Origem Tectônica* foram, gradativamente, retrabalhados por eventos tanto neotectônicos quanto hidrodinâmicos, e, por conseguinte, os lagos, os estreitos paranás-mirins e furos são considerados feições neotectônicas ativas.

3.2 Unidades Morfossedimentares

A ilha da Marchantaria está situada na calha central do canal do rio Solimões, próximo a sua desembocadura e divide o curso do referido rio, em dois braços, ou seja, neste trecho o rio é considerado *anabanches*, caracterizado por ramificações encurvadas, os paranás.

Os canais tipo *anabanches* são dois segmentos paralelos de um rio que se prolongam até certo ponto antes de retornar ao canal principal. Assim, durante o período de cheia do rio Solimões, os canais *anabanches* (paranás), separados pela ilha da Marchantaria, se conectam, funcionando como canal principal. Quando desconectados (no período da vazante) a ilha pode ser considerada como zona úmida fora do rio Solimões.

A ilha da Marchantaria é um subambiente da *planície predominantemente de canal*, definida por Latrubesse e Franzinelli (2002) como *unidade de ilhas*. Essa unidade, como o próprio nome diz, é uma sequência sedimentar situada no centro do canal do rio Solimões, com feição aparentemente estável, coberta por vegetação ripária, gerada e controlada pelas atividades atuais do canal principal.

Para a ilha da Marchantaria foram definidas duas unidades morfossedimentares holocênicas: *Feições Espiras de Meandro* e *Barras de Soldamento* (Fig. 23). Cabe salientar, que as unidades morfossedimentares foram definidas a partir do padrão neotectônico da ilha, da interpretação visual apresentada nas imagens e do trabalho de campo, principalmente, no período da vazante.

Figura 23. Unidades morfo-sedimentares da ilha da Marchantaria: 1 – Unidade Feições Espiras de Meandro; 2 – Unidade Barras de Soldamento. (Image 2014/Digital Globe). Org. Mircia Fortes.

a) Unidade Feições Espiras de Meandro

A unidade *feições espiras de meandro* está associada à unidade neotectônica sub-recente. É a área núcleo da ilha cujas margens foram erodidas, portanto residual. Todavia, os sedimentos acrescidos à jusante ocasionaram o aumento da área núcleo, ou seja, da ilha.

Trata-se da morfologia mais elevada da ilha, dotada de superfície irregular, levemente ondulada e baixa amplitude topográfica. A ondulação do terreno deve-se as espiras geradas, principalmente, pela atividade lateral do rio (ou paranás). São espiras estreitas e arqueadas, compostas de areia fina (20 cm de profundidade), caracterizadas geralmente pela presença de lagos (espiras lacustres) (Fig. 24).

Na Ilha da Marchantaria, algumas depressões entre as espiras são consideradas paranás ou furos. Os processos de erosão da margem geraram descontinuidade nas espiras, aqui consideradas como canais residuais.

Figura 24. Aspectos da Unidade *Feições Espiras de Meandro* da ilha da Marchantaria. (A) Canal residual entre duas espiras; (B) Canal fluvial seco entre duas espiras. Foto: Mircia Fortes, 2013.

b) Unidade Barras de Soldamento

A Unidade *Barras de Soldamento* situa-se a montante da unidade *feições de espiras*. É uma faixa alongada, tipo *cauda*, anexada ao núcleo residual da ilha (partes laterais a montante) nas últimas quatro décadas. Os depósitos dessa unidade apresentaram nos primeiros 20 cm de profundidade predomínio de silte.

O desenvolvimento típico destas barras está associado à formação de “zonas de sombra”, onde a velocidade do fluxo é menor, ocasionada pela barragem que as ilhas fazem ao fluxo principal (SANTOS *et al.*, 1992). Assim, o núcleo residual da ilha da Marchantaria, atuando como obstáculo, desviou o fluxo do rio Solimões, deixando atrás de si, uma zona com menor capacidade de transporte, onde se propiciou a formação das *barras de soldamento*, primeiramente, por acreção lateral e, posteriormente, alongamento à jusante.

Topograficamente mais baixa em relação às *feições de espiras*, essa unidade morfossedimentar apresenta superfície plana e, eventualmente, levemente ondulada. Sua principal característica é a grande quantidade de lagos. Os lagos apresentam formas irregulares, tendendo a ser elípticos, e são drenados por pequenos canais (furos) durante a enchente.

Diques marginais (natural *levees*) são comuns nessa unidade, normalmente com altura entre 1 e 2,0 metros acima do nível mínimo da água do rio (Fig. 25). Os diques são feições alongadas e estreitas, derivadas por acreção sedimentar vertical durante os períodos de cheias.

Figura 25. Feições da Unidade *Barras de Soldamento* da ilha da Marchantaria. (A) Desníveis locais (linha vermelha). Observa-se marca de barra e paleocanais (setas vermelhas); (B) Dique marginal, situado à jusante (norte da ilha). Foto: Mircia Fortes.

As unidades morfossedimentares anteriormente mencionadas são geoformas que apresentam correlação com a estrutura neotectônica Rombograben Manaus, e, também, com as feições estruturais da ilha.

As *barras de soldamento* indicam a sedimentação progressiva, no sentido W-E, da ilha da Marchantaria. Essa deposição, de acordo com Igreja (2007), migra lateralmente o rio Solimões para leste, registrando o basculamento holocênico do Rombograben Manaus para sudeste.

3.3 Unidades Biogeomórficas

A distribuição espacial da vegetação de várzea (Formação Pioneira com influencia fluvial) na ilha da Marchantaria sobre as diferentes elevações do terreno, bem como, os níveis de inundação, é bem evidente.

As interpretações das imagens e os trabalhos de campo permitiram identificar associações vegetais arbóreas, arbustivas e herbáceas, situadas em geoformas distintas. No entanto, opto-se por agrupá-las em vegetação com espécies lenhosa e vegetação herbácea, porque existem áreas antropizadas, que apresentam tanto vegetação arbustiva quanto cultivos agrícolas entre a vegetação arbórea, e áreas em processo de zonação com ocorrência de vegetação arbustiva esparsa.

Portanto, a partir da interação dos elementos neotectônicos com as unidades morfossedimentares, foi possível definir duas unidades biogeomórficas predominantes na ilha estudada: a Unidade de *Vegetação Lenhosa*, que se distribui

nas duas unidades morfossedimentares, nos gradientes mais elevados, e a Unidade de *Vegetação Herbácea*, que se estende por todos os ambientes lacustres, nos pequenos canais e nos barrancos situados às margens da ilha.

a) Unidade de Vegetação Lenhosa

Caracateriza-se por apresentar espécies arbóreas (médias e altas) e arbustivas situadas nas unidades morfossedimentares *feições de espiras de meandro* e *barras de soldamento*, indicando certa estabilidade da ilha nessas unidades.

Segundo Worbes (1985), a altura das árvores varia de 25 a 30 metros e o conjunto das copas arbóreas pode ser dividido em quatro camadas.

Sedimentos de granulometria arenosa, com maiores teores de areia fina, são os que mais comumente ocorrem sob essa unidade. A estrutura arenosa favorece o desenvolvimento do sistema radicular das árvores. No entanto, os sedimentos arenosos inconsolidados são mais propensos à erosão fluvial, fato observável na ponta da ilha, à montante, e borda norte do depósito aluvial sub-recente.

Essa unidade de vegetação é predominante nas *feições espiras de meandro*, cobrindo aproximadamente 4,20 km² da unidade morfossedimentar. Em posição topográfica mais alta da ilha e sobre as barras arenosas (Fig. 26), as espécies lenhosas remanescentes concentram-se, principalmente, nos lagos arqueados situados na parte central da ilha, menos antropizados, estando associadas com as herbáceas terrestres e macrófitas aquáticas flutuantes.

Figura 26. Aspectos da Unidade de Vegetação Lenhosa da ilha da Marchantaria. (A) Vegetação arbórea/arbustiva localizada nas *feições espiras de meandro* (setor central). É possível observar a vegetação herbácea (tonalidade verde clara) às margens dos lagos (Image 2014/Digital Globe); (B) Vista em primeiro plano de área antropizada, em segundo plano, árvores e arbustos à margem de lago recurvado. Foto: Mircia Fortes, 2013.

Na unidade morfossedimentar *Barras de Soldamento* a vegetação lenhosa ocupa área reduzida, cerca de 3,40 km². Nessa unidade morfossedimentar, a *vegetação lenhosa* está posicionada em relevo mais baixo e plano. A ocorrência de lagos é frequente e a periodicidade de inundação é superior que a unidade *feições de espiras de meandro*.

No dique marginal, à montante da ilha, constituído de silte e areia, além das herbáceas, se estabelece a formação pioneira arbustiva/arbórea (Fig. 27).

Figura 27. Vegetação arbustiva-arbórea na unidade morfossedimentar *Barras de Soldamento*, à jusante da ilha da Marchantaria. (A) Vegetação arbustiva, arbórea e herbácea em faixa de terra entre o lago e o rio Solimões ((Image 2014/Digital Globe); (B) Aproximação da área circular vermelha da Fig. A: Dique marginal com ocorrência linear de arbustos e árvores, apresentando, também, formações herbáceas (período da vazante). Foto: Mircia Fortes, 2013.

Outro aspecto dessa unidade de vegetação é o predomínio de espécies arbóreas que perdem parcial ou totalmente as folhas (deciduidade). No final da cheia (fase aquática) a maioria das árvores perdem as folhas, recuperando-as durante a vazante (fase terrestre). O arapari (*Macrolobium acaccifolium*), o catoré (*Crataeva benthamii*) e a mungubeira (*Pseudobombax Munguba*) (Fig. 28) são exemplos de espécies arbóreas estacionais.

Figura 28. Mungubeira (*P. Munguba*) parcialmente submersa e com frutos, no período da cheia. Foto: Mircia Fortes (2011)

A mungubeira, o catoré e a embaúba são as espécies arbóreas mais frequentes na ilha da Marchantaria. Citamos outras espécies arbóreas presentes: mari-mari (*Cassia leiandra*); piranheira (*Piranhea trifoliata*); tarumã (*Vitex cymosa*); urana (*Alchornea castaneifolia*), semi-decídua, tem hábito arbustivo ou arbóreo e desenvolve-se nos bancos arenosos; abiurana (*Pouteria glomerata*); matapasto (*Senna reticulata*), pioneira arbórea-arbustiva; sardinheira (*Laetia corymbulosa*); sucuuba (*Himatanthus sucuuba*); urucuri (Se a oeirana (*Salix humboldtiana*), árvore pioneira. Palmeiras ocorre de forma esparsa, entre as quais o jauari (*Astrocaryum jauari*).

b) Unidade de Vegetação Herbácea

As herbáceas crescem abundantemente, ocupando quase toda a extensão da ilha, quer no período da enchente, quer no período da vazante. No entanto, o maior grupamento de herbáceas ocorre na unidade morfossedimentar *barras de soldamento*. Essa vegetação é diretamente relacionada com as *fases aquática e terrestre*, por isso são divididas em terrestres e aquáticas.

As espécies de macrófitas flutuantes livres (Fig. 29) mais importantes são: o aguapé (*Eichhornia crassipes*), a alface d'água (*Pistia stratiotes*), o mururé (*Salvinia auriculata*) e a samambaia d'água (*Ceratopteris pteridoides*). As macrófitas terrestres ou sanozais são dominadas por gramíneas emergentes, tais como: a canarana (*Echinochloa polystachya*), a canarana rasteira (*Paspalum repens*) e o mori ou capim mori (*Paspalum fasciculatum*).

Figura 29. Macrófitas aquáticas flutuantes. Indivíduos de *Eichhornia crassipes* (aguapé) (A) e de *Pistia stratiotes* (alface d'água) (B), a jusante da ilha da Marchantaria. As fotos foram tomadas no mês de maio de 2011 (período da enchente). Fotos: Mircia Fortes.

Sedimentos areno-siltosos de granulometria fina e muito fina, são os que, no geral, ocorrem sob essa unidade de vegetação.

Durante o período da vazante as herbáceas anuais terrestres colonizam os diques marginais expostos e os terrenos mais baixos da ilha da Marchantaria. No período das cheias, as depressões (lagos interiores) são preenchidas por sedimentos, e as macrófitas aquáticas dominam os ambientes lacustres (Fig. 30), através de pequenos canais que conectam um lago com outro. Na vazante, as depressões são colonizadas por macrófitas terrestres.

Figura 30. Banco de macrófitas com predomínio de capins flutuantes, no interior do lago. No segundo plano, nota-se a vegetação arbórea à jusante da ilha da Marchantaria. Foto: Mircia Fortes, 2013.

A vegetação herbácea tem um grande potencial ecológico. Tem funções relevantes como: retenção de sedimentos; minimiza a erosão durante a vazante; inicia o estágio de sucessão ecológica. Além destas funções, as herbáceas contribuem para o desenvolvimento de insetos, aves, crustáceos e anuros, e fornece abrigo e alimento para várias espécies de peixes.

A Tabela 2 ilustra as caracterisitcas geomorfotectônicas e vegetacionais, associadas à textura do solo e ao uso da terra.

Por fim, as unidades de vegetação da ilha da Marchantaria estão espacialmente distribuídas em duas grandes unidades morfossedimentares. Entretanto, esta distribuição é relativa, porque a posição geográfica das unidades de vegetação pode mudar tanto sazonalmente (vazante-enchente) quanto pela dinâmica fluvial (sedimentação-erosão).

COMPARTIMENTAÇÃO MORFOTECTÔNICA	UNIDADES MORFOSEDIMENTARES	UNIDADES BIOGEOMÓRFICAS	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Unidade Depósito Aluvial Sub-Recente	Feições Espiras de Meandro	Vegetação Lenhosa: <ul style="list-style-type: none"> • Predominantemente arbórea; • Ocupa 4,20 km² da área; • Frequência de vegetação pioneira (arbustivo-herbácea). 	Relevo levemente ondulado; Bancos de areia recurvados, estreitos e alongados; Predomínio dos processos erosivos; Lagos recurvados e estreitos; Predomínio de sedimentos arenosos finos; Paleocanais; Área de ocupação urbana mais antiga, e
Unidade Depósito Aluvial Recente	Barras de Soldamento	Vegetação Herbácea: <ul style="list-style-type: none"> • Predomínio de macrófitas aquáticas (enraizadas, livres, flutuantes); • Vegetação arbustiva esparsa, intercalada por estrato graminoso. 	Relevo plano e presença de diques marginais; Barras de soldamento, com lagos irregulares e em processo de colmatação; Predomínio dos processos de sedimentação; Predomínio de silte; Ocupação recente, isolada e rarefeita; Desmantamento para pastagens.

Tabela 2. Características geomorfotectônicas e vegetacionais da ilha da Marchantaria. Org. Mircia Fortes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica fluvial não gera, apenas, processos erosivos a montante da ilha da Marchantaria e/ou processos deposicionais à jusante. Pós-enchente, ou seja, no período da vazante são notáveis as barras centrais arenosas a montante e as barras laterais anexadas ao longo da margem meridional da ilha. As barras arenosas laterais estão num estágio de estabilização, pois a vegetação de gramíneas e pioneiras está se desenvolvendo.

É importante destacar, que a vegetação, principalmente, a arbórea, da ilha da Marchantaria está extremamente alterada devido às diversas formas de uso do solo. Atualmente, limitando-se a pequenos fragmentos situados na área central da ilha e em alguns trechos às margens da ilha.

A população da Marchantaria está espacialmente concentrada a montante da ilha (lados meridional e setentrional), que é a área sedimentar mais antiga. Os principais núcleos, que são também os mais antigos, localizam-se na borda setentrional. Assim, à jusante as áreas topograficamente mais baixas, com maior taxa de sedimentação, limitam a ocupação populacional.

Na borda meridional, apresentando relevo plano, a vegetação arbórea foi, frequentemente, substituída por pastagens para bovinocultura de corte (aproximadamente 2 mil cabeças). Nos últimos 10 anos houve grande expansão das áreas de pastagens, destacando-se a introdução de gramíneas do gênero *Brachiaria*, de grande poder invasor. A vegetação (árvores e arbustos) presentes nas pastagens distribui-se esparsamente, prevalecendo o manejo extensivo. Segundo informação oral, a maioria das propriedades pertence a pequenos produtores rurais e pescadores que moram na Costa do Curari, Distrito situado à margem direita do Solimões.

Os cultivos de autoconsumo (feijão, macaxeira, mandioca e jerimum) e de renda (alface, cebolinha, coentro, couve, pepino, maxixe, jiló, tomate, milho, mamão, maracujá, banana e melancia) são atividades desenvolvidas por pequenos agricultores familiares, sobretudo, na borda setentrional. Os cultivos são feitos em áreas ao redor das casas, frequentemente, nos quintais, ou entre os caminhos.

Portanto, o alto grau de fragmentação florestal da ilha dificultou uma análise integrada, condicionando a caracterização da vegetação em duas grandes unidades.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que:

- A morfologia da ilha da Marchantaria está controlada pelo Rombograben Manaus (direção geral N40E), situado no último trecho do rio Solimões, reorientando o canal do rio Solimões, de N75E para N40E e gerando subsidência tectônica. Essa subsidência reduz a potencia do fluxo rio Solimões nesse trecho e, conseqüentemente, favorece a deposição fluvial holocênica e mudança da feição fisiográfica da ilha.
- A partir do arranjo dos elementos neotectônicos que condicionam as formas holocênias atuais, foi possível de subdividir a compartimentação da Planície Aluvial de Origem Tectônica, de montante para jusante, em duas unidades bem distintas: Depósito Aluvial Sub-recente (DASr) e Depósito Aluvial Recente (DAR).
- A Unidade Depósito Aluvial Sub-recente é de sedimentação antiga, compreende um losango neotectônico a montante da ilha (seção centro-oeste), com 12,113 km² e direção aproximada WSW-ENE. Possui falhas, predominantemente, arqueadas que progridem em direção ao centro do losango.
- A unidade Depósito Aluvial Recente situa-se à jusante da ilha da Marchantaria (seção centro-leste), em nível topográfico mais baixo. Com aproximadamente 18,900 km², possui geometria losangular. Em termos sedimentares é a unidade mais significativa de toda a planície tectônica, mais extensa e jovem (últimos 40 anos), onde os processos sedimentares sobresaem-se diante os processos erosivos. Apresenta tendencia ao aumento longitudinal e variação de forma.
- A ilha da Marchantaria é um subambiente da *Planície Dominantemente de Canal*.
- Foram definidas duas unidades morfossedimentares holocênicas: *Feições Espiras de Meandro* e *Barras de Soldamento*.
- A Unidade *Feições Espiras de Meandro* é caracterizada pela presença de bancos arenosos, estreitos e arqueados, alguns constituem lagos.

- A Unidade *Barras de Soldamento* é uma faixa alongada, tipo *cauda*, anexada ao núcleo residual da ilha nas últimas quatro décadas. É caracterizada por um relevo plano e constituída de lagos com formato irregular, tendendo a elípticos.
- A vegetação da ilha da Marchantaria se distribui espacialmente de acordo com as unidades estruturais e morfossedimentares e pode ser classificada em duas unidades principais:
 - 1) Unidade de *Vegetação Lenhosa* ocupam as duas unidades morfossedimentares, mas, principalmente, na unidade barras de espiras. Apresenta espécies arbóreas (médias e altas) e arbustivas, predominando as espécies arbóreas decíduas. A *P. Munguba* (mungubeira), a *Crataeva benthamii* (catoré) e *Cecropia latiloba* (embaúba) são as espécies arbóreas mais frequentes.
 - 2) Unidade de *Vegetação Herbácea*: As herbáceas crescem abundantemente, ocupando quase toda a extensão da ilha, quer no período da enchente, quer no período da vazante. Mas, a maior concentração de herbáceas ocorre na unidade morfossedimentar *barras de soldamento*. As principais espécies de macrófitas flutuantes livres são a *Eichhornia crassipes* (aguapé), *Pistia stratiotes* (alface d'água), *Salvinia auriculata* (mururé) e *Ceratopteris pteridoides* (samambaia d'água). As principais macrófitas terrestres ou sanozais são a *Echinochloa polystachya* (canarana), *Paspalum repens* (canarana rasteira), *Paspalum fasciculatum* (mori ou capim mori).
- As atividades antrópicas, sobretudo associadas as pastagens, contribuíram para o desmatamento da vegetação (principalmente arbórea), acelerar os processos erosivos fluviais e perda do habitat, pois a varzea é um ambiente com alto grau de instabilidade morfodiânica.
- A dinâmica fluvial, nos últimos quarenta anos, vem erodindo áreas à montante da ilha, removendo gradativamente a vegetação arbórea. Ao contrário, à jusante, ocorre principalmente deposição, propiciando a colonização da área por espécies herbáceas e pioneiras.
- A partir da interação dos aspectos geomorfológicos com a vegetação, associados à fase aquática (enchentes) e fase terrestre (vazante) foi possível

definir duas grandes unidades de vegetação na ilha da Marchantaria, no sentido longitudinal.

- Finalmente, esta pesquisa, além dos objetivos propostos, fornece diretrizes para zoneamento insular da planície de inundação do rio Amazonas, visando contribuir para a minimização de problemas ambientais nessas áreas de grande potencial ecológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. Amazônia Brasileira: Um macrodomínio. *In*: _____. Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. p. 65-81.

_____. *Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira*. Revista Estudos Avançados, v. 16, n. 45, São Paulo: USP, 2002. 30p. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v16n45/v16n45a02.pdf>. Acesso em: 25 set. 2011.

ALBERNAZ, A.L.; COSTA, L.R.F. A conservação da várzea: Características ambientais e importância. *In*: ALBERNAZ, A.L. (Org.) Conservação da várzea: Identificação e caracterização de regiões biogeográficas. Manaus: Ibama/ProVárzea, 2008.

ANDRADE, I.R.A.; SOUZA FILHO, E.E. *Mapeamento de feições morfológicas da planície de inundação do Alto Rio Paraná, através do uso de produtos orbitais*. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 12, n. 2, 2011. p. 39-44.

AMÉRICO, J. Conectividade insular: um estudo da presença de *Spartina alterniflora* nas ilhas Cananéia e Comprida. 2010. 84f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

AYRES, J.M. *As matas de várzea do Mamirauá*. MCT/CNPQ/Sociedade Civil Mamirauá. Estudos de Mamirauá, v. I. Brasília: Distrito Federal. 1993. 123p.

BAPTIST, M.J. *Modelling floodplain biogeomorphology*. Ph.D. thesis, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, 2005. 213 p. Disponível em: <<http://repository.tudelft.nl/>>. Acesso em: 16 jan. 2011.

BAPTIST, M.J. *Review on biogeomorphology in rivers: processes and scales*. Delft Univ, Delft (Netherlands). n. 3, 2001. 21 p. Disponível em: <<http://ocw.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/Baptist%202001.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2011.

BARBOSA, K.M.N.; KIRCHNER, F.F.; PIEDADE, M.T.F.; MATOS, F.D.A. Detecção de mudanças entre os anos de 1989 e 2003 em uma ilha de várzea da Amazônia Central. *In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, abril de 2007. p. 6867-6874.

BARBOSA, K.M.N.; PIEDADE, M.T.F.; KIRCHNER, F.F. Estudo temporal da vegetação herbácea da várzea da Amazônia Central. *In: Revista Floresta*, América do Norte, v. 38, n. 1, Curitiba: PR, mar. 2008. p. 89-94. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br>>. Acesso em: 05 abr. 2011.

BAYLEY, P.B. Understanding large river: floodplain ecosystems. *In: BioScience*, v. 45, n. 3, Ecology of Large Rivers, 1995. p. 153-158. Disponível em: <<http://links.jstor.org/sici?sici>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

BERRIEL, T.C.S. O Domínio das Ilhas Fluviais e a sua relevância ambiental para o curso médio inferior do rio Paraíba do Sul. *In: Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, Campos dos Goytacazes/RJ, v.3, n.2, p. 51-60, jul./dez. 2009.

BOHER, C.B.A.; GONÇALVES, L.M.C. Vegetação. *In: IBGE, Geografia do Brasil: Região Norte*, v. 3, 1991, Rio de Janeiro: IBGE. p. 137-141.

BRAGA, P.I.S. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta Amazônica. *In: Revista Acta Amazônica*, v. 9, n. 4, 1979. p. 53-80.

BRASIL. DNPM – Projeto RADAMBRASIL. *Levantamento de Recursos Naturais*. v. 10, Folha SA21 – Santarém, Rio de Janeiro, 1976.

BRASIL. DNPM – Projeto RADAMBRASIL. *Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais*. v. 18, Folha SA.20-Manaus, Rio de Janeiro 1978, v. 18.

CAPUTO, M.V. Discussão sobre a Formação Alter do Chão e o Alto de Monte Alegre. *In*: NASCIMENTO, R.S.C., HORBE, A.M.C.; ALMEIDA, C.M. (Eds.). Contribuição à Geologia da Amazônia, Manaus, SBG/Núcleo Norte, v. 7, 2011.p. 7-23

CASCO, S.L.; CHIOSSI, N.I.B.; NEIFF, J.J. *La vegetación como indicador de la Geomorfología Fluvial*. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 6, n. 1, 2005. p. 123-136.

CASTRO, E. Geopolítica da água e novos dilemas a propósito da Amazônia e seus recurso naturais. *In*: ARAGÓN, L.E.; CLÜSENER-GODT, M. (Org.). Problemática do uso local e global da água da Amazônia. Belém:NAEA, 2003. p. 321-342

CARBONARI, M.P. Ecossistema insular: importância de seu estudo. *In*: Caderno de Ciências da Terra. (65), IGEOG/USP, São Paulo, 1981. p. 1-14.

CONSERVA, A.S.; CARVALHO, M.P.; COSTA, C.R.; AZEVEDO, V.A. Macrófitas Aquáticas. *In*: ALBERNAZ, A.L.K.M. (Org.). Bases Científicas para a Conservação da várzea: Identificação e Caracterização de regiões biogeográficas. 1 ed., Brasília: Edições IBAMA, 2007. p. 65-76. Disponível em: <www.ibcperu.org>. Acesso em: 02 out. 2011.

COOK, C. D. K.; GUT, B. J.; RIX, E. M.; SCHNELLER, J.; SEITZ, M. *Water plants of the world*. The Hague, The Netherlands: Dr. Junk B.V. Publishers, 1974. 561 p.

CORRADINI, F.A.; FACHINI, M.P.; STEVAUX, J.C. *Controle geomorfológico da distribuição da vegetação ripária do Rio Paraná: Parte I – Unidades geomórficas da planície de inundação*. Revista UnG/Geociências, v. 5, n. 1, 2006. p. 13-21.

COUTO, E.V.; SOUZA FILHO, E.E.; MOREIRA, D.S.; HAYAKAWA, E.H. *Relação pulso de inundação-cobertura vegetal em áreas interface terra-água da planície aluvial do Alto Rio Paraná*. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 13 a 17 de set. de 2009, São Lourenço-MG. p. 1-4.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Monitoramento Hidrológico: Boletim n. 20, de 30/05/2012.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas*. Escala 1:1.500.000. Manaus: CPRM, 2009. CD ROM.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Mapa Geológico do Estado do Amazonas*. Escala 1:1.000.000. Manaus: CPRM, 2006. CD ROM.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2 ed., São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CUNHA, P.R.C.; MELO, J.H.G.; SILVA, O.B. Bacia do Amazonas. *In: Boletim de Geociências da Petrobras*. v. 15, n.2, maio/nov.2007. p. 227-251.

CURCIO, G.R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M.L.; DEDECEK, R.A. A floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. *In: Floresta*, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007. p. 125-147

DÖRING, M.; TOCKNER, K. Morfologia e dinâmica de zonas ripícolas. *In: ARIZPE, et al. (Eds.). Zonas ribeirinhas sustentáveis: um guia de gestão*. ISA Press/Eurodois: Portugal, 2009. p. 24-50

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EMBRAPA. *Manual e métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro. 2. ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 212 p.

FARIA, M.D.; COELHO, M.C.L.F. O barão de Ladário e as cartas manuscritas do Rio Amazonas. *In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica*. Paraty, 10 a 13 de maio de 2011. 15p.

FEDERAL ENVIRONMENTAL ASSESSMENT REVIEW OFFICE (FEARO). Ecological Land Survey Guidelines for Environmental Impact Analysis. *In: Ecological*

Land Classification Series, n. 13, Environmental Conservation Service Task Force, Environment Canada, 1978. 42p. <Disponível em: <http://www.cfs.nrcan.gc.ca>>. Acesso em: 07 nov. 2012.

FÁVERA, J.C.D. *Fundamentos de estratigrafia*. Rio de Janeiro:EdUERJ, 2001.

FERNANDEZ, O.V.Q. Determinação do nível e da descarga de margem plena em cursos fluviais. *In*: Boletim de Geografia, UEM, n. 21, 2003. p. 97-109. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br>>. Acesso em: 29 jun. 2012.

FERREIRA, M.P. *Geocronologia e proveniência dos sedimentos holocênicos da confluência dos rios Negro e Solimões, AM*. Dissertação de Mestrado, São Paulo:IGc/USP, 2013. 95p.

FERREIRA, S.J.F.; REICHARDT, K.; MIRANDA, S.A.F. Características físicas de sedimentos e solos de dois lagos de várzea na Amazônia Central. *In*: Acta Amazônica, 29 (2), 1999. p. 277-292.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J.L. Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. *In*: Revista Brasileira de Geociências, 41(4), dez. de 2011. p. 566-576. Disponível em: <www.sbgeo.org.br>. Acesso em: 11 jul. 2012.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J.L.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRA, E.; FREITAS, M.A.V. Caracterização Hidrológica da bacia Amazônica. *In*: RIVAS e FREITAS (Org.). *Amazônia uma perspectiva interdisciplinar*, Manaus: EDUA, 2002. p.33-53.

FRAGOSO JUNIOR, C.R.; MARQUES, D.M.; FERREIRA, T.F. *Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos*. São Paulo; Oficina de Textos, 2009.

FORTES, M.R. A paisagem biogeomorfológica da bacia hidrográfica do rio Puraquequara. *In*: I Simpósio de Conservação na Amazônia, Manaus: EDUA, 2007.

FORTES, M.R.; TOLEDANO, M.S.A.; ARAÚJO, N.J.S. Perspectivas para o desenvolvimento do ecoturismo insulo-fluvial na Amazônia. *In: Anais do Simpósio Amazônia, cidade e geopolítica das águas*. Belém: PA, NAEA/UFPA, 2003. p. 95-97.

FRANÇA, A.M.S.; FLORENZANO, T.G.; NOVO, E.M.L.M. A dinâmica do pulso de inundação: Aplicações de sensoriamento remoto na estimativa da área de expansão dos sistemas lacustres da planície aluvial do rio Amazonas. *In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, set. 2005, USP. p. 2742-2750.

FRANZINELLI, E. Características morfológicas da confluência dos rios Negro e Solimões (Amazonas, Brasil). *In: Revista Brasileira de Geociências*, v. 41. N. 4, 2011. p. 587-596.

FRANZINELLI, E.; IGREJA, H. *Ponta das Lajes e o Encontro das Águas, AM: A Formação Alter do Chão como moldura geológica do espetacular Encontro das Águas Manauara*. 2011. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br>>. Acesso em: 10 abr 2012.

FRANZINELLI, E.; IGREJA, H.; REPOLHO, T. *Fragmentation of ecosystem owing to neotectonics in the Amazon Basin*. Science of Tohoku University, 7th series (Geography), v. 49, n. 2 (Special Issue on GLOCOPH '98) dec., 1999. p. 207-214.

FRYIRS, K.; BRIERLEY, G. *Practical application of the River Styles framework as a tool for catchment-wide river management: A case study from Bega catchment, New South Wales, Australia*. Blackwell Publishing, 2005. 230p ISBN 1741381533. Disponível em: www.riverstyles.com/ebook.php

GATTO, L.C.S. Relevô. *In: IBGE, Geografia do Brasil: Região Norte*, v. 3, 1991, Rio de Janeiro: IBGE. p. 47-60.

GOODWIN, C. N.; HAWKINS, C. P.; KERSHNER, J. L. *Riparian Restoration in the Western United States: Overview and Perspective*. Restoration Ecology, v. 5, n. 4, 1997, pp. 4-14. Disponível em: <<http://depts.washington.edu>>. Acesso em: 24 jun. 2011.

GURNELL, A.M. The hydrological and geomorphological significance of forested floodplains. *In: BAPTIST, M.J. Review on biogeomorphology in rivers: processes and scales.* Delft Univ, Delft (Netherlands). n. 3, 2001. 21 p. Disponível em: <<http://ocw.um>>. Acesso em: 05 abr. 2011.

GURNELL, A.M. The hydrological and geomorphological significance of forested floodplains. *In: Global Ecology and Biogeography Letters*, v. 6, Floodplain forests special issue, Blackwell Science Ltd., 1997. p. 219-229. Disponível em: <<http://www.jstor.org>>. Acesso em: 14 maio 2013.

GURNELL, A.M.; TOCKNER, K.; EDWARDS, P.J.; PETTS, G.E. Effects of deposited wood on biocomplexity of river corridors. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3:377-382, 2005.

HUDSON, P.F.; WINKLERPRINS, A.M.G.A. *Form and function of lower Amazon floodplain distributary channels, Pará, Brazil.* National Science Foundation, January, 2004, 15 p. Disponível em : <www.utexas.edu/.../amazon/nsf_a>. Acesso em: 10 jan. 2012.

IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. n.1, 2 ed., Rio de Janeiro: RJ, 2012.
 IGREJA, H.L.S. A neotectônica e as mudanças hidrogeológicas do Sistema Fluvial Solimões-Amazonas: Encontro das Águas de Manaus - EAM - Amazonas, Brasil. *In: Revista Geonorte, Ed. Especial*, v. 2, n. 4, 2012. p. 20-33.

_____. Neotectônica: A importância para o bioma amazônico. *In: Workshop Geotecnologias aplicadas às áreas de várzea na Amazônia*, 17 a 18 de jul., Manaus: IBAMA, 2007. p. 93-96.

_____. *Aspectos do Modelo Neotectônico da Placa Sul-Americana na Província Estrutural Amazônica, Brasil.* Tese para acesso à classe de Professor Titular da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2000. 155p

IGREJA, H.L.S.; CARVALHO, J.A.L.; FRANZINELLI, E. Aspectos das terras caídas na região Amazônica. *In: REBELLO, A. (org.). Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física. Manaus: Edua, 2010. P. 135-154.*

IGREJA, H.L.S.; CATIQUE, J. Análise neotectônica do lineamento de Itacoatiara centro-leste do Estado do Amazonas. *In: Anais do Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Pirinópolis: Goiás, maio, 1997.*

IGREJA, H.; FRANZINELLI, E.; CAMARGO, J.M.F.; FORTES, M.R. *O Rio Madeira como um neotectonodivisor do ecossistema amazônico. In: Anais da Reunião Especial da SBPC, Manaus/AM, abr. 2001.*

IGREJA, H.; FRANZINELLI, E.; MELO, A. P. Analysis of Geologic Joints and their relationship with Geomorphologic Features of Risk of Greater Manaus, Amazonas State, Brazil. *In: Geomorphic Hazards: towards the prevention of disasters. The International Association of Geomorphologists and Mexican Society of Geomorphology Conference. Mexico. v. 8, 2003.*

IGREJA, H.; TOLEDANO, M.S.A.; FORTES, M.R. Revisão conceitual de paraná com base na geologia e geomorfologia: Paraná do Careiro, Estado do Amazonas, Brasil. *In: Anais da 9ª Semana de Geografia do Amazonas, Manaus: EDUA, 1999. p. 47-60.*

IRION, G.; ADIS, J.; JUNK, W.J.; WUNDERLICH, F. Sedimentological studies of the "Ilha de Marchantaria" in the Solimões/Amazon River near Manaus. *In: Amazoniana, v. 8, n.1, 1983. p. 1-18.*

IRION G.; JUNK, W.J.; MELLO DE, J.A.S.N. The large Central Amazonian River Floodplains near Manaus: Geological, climatological, hydrological, and geomorphological aspects. *In: JUNK, W.J. (ed.) The Central Amazon Floodplain - Ecology of a pulsing system. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1997. p. 23-46.*

IRIONDO, M.H. *Introducción a la Geología*. Ediciones el Rio, Córdoba, 1985. 297p

IRIONDO, M. H. Geomorfologia da Planície Amazônica. *In: Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil. 1982. p. 323-348.*

JONG, J.F. *Modelling the influence of vegetation on the morphodynamics of the river Allier*. Ph.D. thesis, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, 2005. p. 104. Disponível em: <<http://repository.tudelft.nl/>>. Acesso em: 03 abr 2011.

JOKINEN, P.; TUUKKI, E.; KALLIOLA, R.; SARMIENTO, A. Vegetación en terrenos de diferentes edades em las islas del alto rio Amazonas, Peru. *In: Folia Amazonica*, v. 8(2), 1996. p. 121-139.

JUNK, W.J. General aspects of floodplain ecology with special reference to amazonian floodplains. *In: JUNK, W.J. (Ed.) The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*. Berlin: Springer, 1997. p. 3-20.

_____. Flood tolerance and tree distribution in Central Amazonian flood-plains. *In: HOLM-NIELSEN, L.B.; BALSSLEV, H. (Eds.). Tropical Forest - Botanical dynamics speciation and diversity*. Academic Press, London, 1989. p. 47-64.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; SCHÖNGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J.M.; WETLANDS, F.W. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *In: Wetlands*, v. 31, 2011. p. 623-640

_____. As águas da Região Amazônica. *In: SALATI, E. et al. Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. São Paulo: Brasiliense, 1983. p. 45-100.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *In: DODGE, D.P. (Ed.). Proceedings of the International Large River Symposium*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 1989. p. 110-127.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. 1993. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: species diversity and adaptations to the flood pulse. *In: Amazoniana*, v. 12, 1993. p. 467-484.

KETELHUT, S.M. *Ecologia de comunidades de formigas (Hymenoptera:Formicidae) na várzea da Ilha de Marchantaria – município de Iranduba, Amazônia Central*. 2004.

200 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, INPA/UFAM, Manaus.

KLAMMER, G. O relevo da Bacia Amazônica extra-andina. *In*: SIOLI, H. (ed.) The Amazon – Limnology and landscape Ecology of a mighty tropical river and its basin. Tradução de A.K., 1984. 26p.

KUWAHARA, N.; LAGO NETO, J.C.; ABENSUR, T.C. Modelagem de previsão de navegabilidade em rios da Amazônia: ferramenta web de suporte aos usuários do transporte aquaviário. *In*: Journal of Transport Literature, v. 6, n. 3, julho/2012. p. 60-89. Disponível em: <www.transport-literature.org>. Acesso em: 21 set. 2012.

LATRUBESSE, E. Perspectivas hidrogeomorfológicas da diversidade das várzeas amazônicas. *In*: Workshop Geotecnologias aplicadas às áreas de várzea na Amazônia, 17 a 18 de jul., Manaus: IBAMA, 2007. p. 37-41.

LATRUBESSE, E.M.; FRANZINELLI, E. The Holocene alluvial of the middle Amazon River, Brazil. *In*: Geomorphology, v. 44. n. 3-4, 2002. p. 241-257.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C. *Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central*. Revista UnG/Geociências, v. 5, n. 1, 2006. p. 65-73.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C; SINHA, R. Grandes sistemas fluviais tropicais: uma visão geral. *In*: Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 6, n. 1, 2005. p. 01-18

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C; SANTOS, M.L.; ASSINE, M.L. Grandes sistemas fluviais: geologia, geomorfologia e paleohidrologia. *In*: SOUZA, C.R.G. *et al.* (ed.), Quaternário do Brasil, Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p. 276-297

LEITE, F.; OLIVEIRA, A.A.B.; NOVO, E.M. Análise Temporal de dados TM/Landsat-5 e SAR/JERS-1 para a Detecção de Plantas Aquáticas na Ilha de Marchantaria. *In*: Anais VIII Simp. Bras. Sens. Rem., Salvador, 14-19 abr. 1996, INPE. p. 189-190.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. *Fluvial processes in Geomorphology*. San Francisco: Freeman and Company, 1964.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. *In: Métodos em Questão*. Instituto de Geografia (USP), São Paulo, n. 1, 1971. p. 114.

LIMA, M.H.P. (org.). *Divisão territorial brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

LIMA, M.I.C. *Introdução à interpretação radargeológica*. Rio de Janeiro: IBGE, 1995.

MAIA, L.M.A. *Influência do pulso de inundação na fisiologia, fenologia e produção de frutos de Hevea sprucena (Euphorbiaceae) e Eschweilera tenuifolia (Lecythidaceae) em área inundável de igapó da Amazônia Central*. 1997. 186 f. Tese de doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.

MAIA, L.M.; SANTOS, L.M.; PAROLIN, P. Germinação de sementes de *Bothriospora corymbosa* (Rubiaceae) recuperadas do trato digestório de *Triportheus angulatus* (Sardinha) no Lago Camaleão, Amazônia Central. *In: Acta Amazônica*, v. 37, n. 3, 2007. p. 321-326.

MATOS, M.I.S. *Navegando pelo Rio Amazonas: Imagens de gênero nas crônicas de viagem*. Disponível em: <<http://www.klickescritores.com.br>>. Acesso em: 25 de set 2011.

MAW, H.L. *Narrativa da passagem do Pacífico ao Atlântico, através dos Andes nas províncias do norte do Peru, e descendo pelo rio Amazonas, até o Pará*. Coleção Hiléia Amazônica, v. 9. Manaus: ACA/Fundo Editorial, 1989. Reimpressão fac-similar da edição de 1831.

MERTES, L.A.K.; DUNNE, T.; MARTINELLI, L.A. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. *In: GSA Bulletin*, v. 108, n. 9, September 1996. p. 1089-1107.

MILLER, G. T. Living in the environment: an introduction to environmental science. 6th edition. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, 1990.

MORAES, R. *Na Planície Amazônica*. v. 68, 4 ed., São Paulo: Brasiliense, 1936.

MORAIS, R.P.; AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.M. Controles hidrogeomorfológicos nas unidades vegetacionais da planície aluvial do rio Araguaia, Brasil. *In: Acta Sci. Biol. Sci.*, Maringá, v. 30, n. 4, 2008. p. 411-421.

MORRISON, L. W. The spatiotemporal dynamics of insular ant metapopulations. *In: Ecological Society of America*, 79(4), 1998. p. 1135-1146.

NAYLOR, L.A. The contributions of biogeomorphology to the emerging field of geobiology. *In: NOFFKE, N. Geobiology: Objectives, concepts, perspectives*. 2005. pp. 35-51. Disponível em: <books.google.com.br>. Acesso em: 25 out. 2011.

NIMER, E. Clima. *In: IBGE, Geografia do Brasil: Região Norte*, v. 3, 1991, Rio de Janeiro: IBGE. p. 61-71.

NOVO, E.M.L.M. Ambientes fluviais. *In: FLORENZANO, T.G. (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 219-247.

OSTERKAMP, W. R. Fluvial Islands. *In: TRIMBLE, S.W. Encyclopedia of Water Science*. 2 ed., chapter 97, 2007. p. 394-397. Disponível em: <www.crcnetbase.com/.../NOE0849396274.ch97>. Acesso em: 29 maio 2012.

OSTERKAMP, W. R. Processes of fluvial island formation, with examples from Plum Creek, Colorado and Snake River, Idaho. *In: Wetlands*, v. 18, n. 4, BioOne, Washington, DC, 1998. p. 530-545.

OSTERKAMP, W. R.; HUPP, C. R.; STOFFEL, M. *The interactions between vegetation and erosion: new directions for research at the interface of ecology and geomorphology*. *Earth Surf. Process. Landforms* 37, 2012, p. 23–36. Disponível em: <wileyonlinelibrary.com>. Acesso em: 29 maio 2012

OSTERKAMP, W.R.; FRIEDMAN, J.M. Research considerations for biogeomorphology. Proceedings of the U.S. Geological Survey (USGS) Sediment Workshop, February 4-7, 1997. Disponível em: <<http://water.usgs.gov>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

OVIEDO Y VALDÉS, G.F. *Historia general y natural de las Indias, Islas y Tierra Firme del Mar Océano*. Madri, Real Academia de la Historia, v. 4, 1851-1855. p.541-574.

PALHA, W.S.M.; CARVALHO, A.S. Extração automática de lineamentos e análise neotectônica preliminar da região hidrográfica centro amazonense utilizando dados de interferometria de radar. *In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE. p. 1839-1846.

PARKER, K.C.; BENDIX, J. *Landscape-scale geomorphic influences on vegetation patterns in four environments*. *Phys. Geogr.* 17, 1996. p. 113–141.

PAROLIN, P. Life history and environment of *Cecropia latiloba* Amazonian floodplains. *In: Rev. Biol. Trop.* 50(2), 2002, p. 531-545. Disponível em: <www.ots.ac.cr>. Acesso em: 16 set 2011.

PAROLIN, P. *Senna reticulata* (Willd.) H. S. Irwin & Barneby (Fabaceae) as “pasture killer” (“matapasto”) pioneer tree in amazonian floodplains. *In: Rev. Ecologia Aplicada*, v. 4, n. 1 e 2, 2005. p. 41-46.

PAROLIN, P.; LUCAS, C.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F. Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. *In: Annals of Botany*, 105, 129-139, 2010. Disponível em: <www.aob.oxfordjournals.org>. Acesso em: 16 set. 2011.

PASSOS, M. M. *Biogeografia e Paisagem*. Maringá: UEM, 1998. 278 p.

PEIXOTO, J.M.A.; NELSON, B.; WITTMANN, F.; LEDUC, R. Análise da evolução espectral da sucessão da vegetação a partir da colonização das espécies pioneiras e ao longo do seu desenvolvimento, em uma floresta de várzea na região do médio

rio Solimões. *In: Anais do XIV Simp. Bras. de Sens. Rem.*, Natal, Brasil, abr. 2009, INPE, p. 2889-2896. Disponível em: <marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/.../2889-2896.pdf>. Acesso em: 27 out. 2011.

PEREIRA, A.R.; RAMOS, C.; REIS, E.; AZEVEDO, T.M.; NUNES, E.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C. A dinâmica da planície aluvial do Baixo Tejo no Holocénico recente: aplicação de métodos de análise geomorfológica e sedimentológica. *In: Contribuições para a dinâmica geomorfológica*. v. 1, Lisboa:APGeom, 2002. p. 67-76

PEREIRA, A.R.; RAMOS, C.; REIS, E.; AZEVEDO, T.M.; NUNES, E.; FREITAS, M.C. ANDRADE, C. A dinâmica da planície aluvial do Baixo Tejo no Holocénico recente: aplicação de métodos de análise geomorfológica e sedimentológica. *In: Contribuições para a Dinâmica Geomorfológica*. Lisboa: Associação Portuguesa de Geomorfólogos, 2002. 136 p. (Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos). p.67-76

PEREIRA, J.B.S.; ALMEIDA, J.R. Biogeografia e Geomorfologia. *In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (org.). Geomorfologia e meio ambiente*. 3 ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 195-247.

PIEIDADE, M. T. F. *Influência do Pulso de Cheias e Vazantes na Dinâmica Ecológica de Áreas Inundáveis*. Projeto de Pesquisa Dirigida. INPA, Brasília, 1995. Disponível em:<www.livrosgratis.com.br>. Acesso em: 10 ago. 2011.

PIEIDADE, M.T. F.; FERREIRA, C.S.; FRANCO, A.C. Estrategias reproductivas de la vegetación y sus respuestas al pulso de la inundación en las zonas inundables de la Amazonía Central. *In: Revista Ecosistema*. 19 (1), 2010. p. 52-66. Disponível em: <<http://www.revistaecosistemas.net>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

PIEIDADE, M.T. F.; SCHOENGART, J.; JUNK, W. J. *O manejo sustentável das áreas alagáveis da Amazônia Central e as comunidades de herbáceas aquáticas*. Uakari, v. 1, n. 1, p. 29-38, nov. 2005. Disponível em: <<http://www.uakari.org.br>>. Acesso em: 11 ago. 2011.

PIEIDADE M. T. F.; SCHÖNGART J.; WITTMANN F.; PAROLIN P.; JUNK W. J. Impactos ecológicos da inundao e seca a vegetao das reas alagveis amaznicas. *In*: NOBRE, C. A.; BORMA, L. S. (Eds.). Eventos climticos extremos na Amaznia: causas e consequncias. So Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 409-461.

PORRO, A. *As crnicas do Rio Amazonas: traduo, introduo e notas etno-histricas sobre as antigas populaes indgenas da Amaznia*. Petrpolis, RJ: Vozes, 1993. 221 p.

PRANCE, G.T. A terminologia dos tipos de florestas amaznicas sujeitas inundao. *In*: Revista Acta Amaznica, v.10, n.3, 1980. p. 495-504.

RANGEL,-CH., J.O.; HAMMEN, T. van der; ESPEJO, N.E.; ROMERO, I. Cambios en la vegetacin y em el clima durante los ltimos 60.000 em el valle inferior do ro Caquet, Amazonia Colombiana. *In*: RANGEL,-CH., J.O. (Ed.) Diversidad Biotica: Vegetacin, palilgia e paleoecolgia de la Amazonia Colombiana. Bogot: Instituto de Ciencias Naturales, 2008. p. 165-215.

REIS, N.J. et al. *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas*. Manaus: CPRM – Servio Geolgico do Brasil 2006. 125p

RILEY, S.J. A comparison of morphometric measures of bankfull. *In*: Journal of Hydrology, v. 17, ed. 1-2, 1972. p. 23-31.

ROCHA, P.C. Sistemas rio-plancie de inundao: geomorfologia e conectividade hidrodinmica. *In*: Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.33, v.1, p.50-67, jan./jul.2011.

ROCHA, P.C. Morfognese e conectividade em ambientes fluviais do alto rio Paran, Centro-Sul do Brasil. *In*: Bol. Geogr., Maring, v. 28, n. 2, 2010. p. 157-176.

ROCHA, P.C; COMUNELLO, E. Geomorfologia e áreas inundáveis na planície fluvial do alto Rio Paraná. *In: Anais do XIII Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada*, 2009, Viçosa, MG: UFV. P. 60-75.

ROCHA, Y. T. Fontes históricas e pesquisas geográficas: Relatos de viajantes, iconografia e cartografia. *In: GEOUSP - Espaço e Tempo*, São Paulo, n. 17, pp. 135 - 151, 2005.

ROSS, J.L.S. Os fundamentos da Geografia da Natureza. *In: _____* (org.). *Geografia do Brasil*. 4 ed., São Paulo: EDUSP, 2001. p. 13-66.

SANTOS, M. L.; FERNANDEZ, O. V. Q.; STEVAUX, J. C. Aspectos morfogenéticos das barras de canal do rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR. *In: Boletim de Geografia: UEM*, v.10, 1992. p.11-24.

SIGEP. Ponta das Lajes, AM. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/propostas/Ponta_das_Lajes_AM.htm>. Acesso em: 10 abr 2012

SILVA, A. *Padrões de canal do rio Paraguai na região de Cáceres-MT*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2006. 80 f. Disponível em: <www.educadores.diaadia.pr.gov.br>. Acesso em: 11 abr. 2011.

SIOLI, H. *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of Mighty Tropical River and its Basin*. Dordrecht, Holanda: Dr. W. Junk Publishers, 1984.

_____. Principais biótopos de produção primária nas águas da Amazônia. *In: Boletim Geográfico*, n. 236, ano 32, Rio de Janeiro: IBGE, 1973. p. 118-127.

SOARES, C.B.S.S.; TEIXEIRA, W.G.; PINTO, W.H.A.; COSTA, L.A. Geotecnologia aplicado ao estudo da dinâmica do uso da cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental (APA) Encontro das Águas – Iranduba (AM). *In: Anais do XIII Simpósio*

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE, 21-26 abril, 2007, p. 3163-3170. Disponível em: <marte.sid.inpe.br/col>. Acesso em: 11 abr. 2011.

SOARES, P.C.; MATTOS, J.T.; BALIEIRO, M.G.; BARCELLOS, P.F.; MENESES, P.R.; GUERRA, S.M.S.; CORDAS, S.M. Análise Morfoestrutural Regional com imagens de radar e Landsat na Bacia do Paraná. *In: Simpósio Regional de Geologia*, 3., Curitiba, SBG, 1981, v.1, p. 201-216.

SOUZA, J.R.S.; ROCHA, E.J.P.; COHEN, J.C.P. Avaliação dos impactos antropogênicos no ciclo da água na Amazônia. *In: Problemática do uso local e global da água da Amazônia*. Belém: NAEA, 2003. p. 69-94.

SOUSA, W.O.; ROSADO-NETO, G.; MARQUES, M.I.; ADIS, J. Curculionídeos associados à *Pistia stratiotes* L. (Araceae) na Amazônia Central, com novos registros para *Argentinorhynchus* Brites (Coleoptera, Curculionidae). *In: Biota Neotropica*, v. 9, n. 4, 2009. 3p. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br>>. Acesso em: 07 jun. 2011.

SOUZA, A.F.G.; SANTOS, R.H.; MARTINS, G.I.; BRANDÃO, C.R. O viver e o habitar: Os ciclos da natureza e os usos dos territórios fluviais no rio São Francisco - Pirapora/MG. *In: Caminhos de Geografia – Revista on line*. Uberlândia. v. 11, n. 36, dez/2010. p. 308 – 317. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br>>. Acesso em: 29 nov. 2011.

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

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. *Ambiente fluvial*. 2 ed., Florianópolis: Editora da UFSC, 1990.

TEIXEIRA, W.G.; ARRUDA, W.; SHINZATO, E.; MACEDO, R.S.; MARTINS, G.C.; LIMA, H.N.; RODRIGUES, T.E. Solos. *In: Maia. M.A.M.; MARMOS, J.L. (Org.). Geodiversidade do Estado do Amazonas*. Manaus: CPRM, 2010. p. 73-86.

THOMAZ, S.M.; ROBERTO, M.C.; BINI, L.M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. *In: VAZZOLER, A.E.A.M. et al. (ed.). A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: Eduem, 1997.*

THOMS, M.C. Floodplain-river ecosystems: lateral connections and the implications of human interference. *In: Geomorphology*, 56, 2003, p. 335–349. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/geomorph>. Acesso em: 30 jun. 2012.

TRICART, J. Tendências atuais da Geomorfologia. *In: Visitas de Mestres Franceses, Rio de Janeiro: CNG/IBGE, 1963. p. 1-22.*

TSUJIMOTO, T. Fluvial processes in streams with vegetation. *In: Journal of Hydraulic Research*, v.4, n.6, 1999. pp. 789-803. Disponível em: <http://www.tandfonline.com>. Acesso em: 03 abr. 2012.

VIEIRA-NETO, E.; MACIEL, A.; KASPER, D.; SOUZA, R. Efeito do período de vazante sobre a reprodução da herbácea flutuante *Pistia stratiotes* (Araceae) na várzea amazônica. *In: Livro do Curso Ecologia da Floresta Amazônica 2006. Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais/INPA. 6p. Disponível em: <<http://pdbff.inpa.gov.br/cursos/efaf>>. Acesso em: 13 abr. 2012.*

VILES, H.A. Introduction. *In: VILES, H.A. (ed.), Biogeomorphology. Basil Blackwell Ltd., Oxford, 1988. p. 1-8.*

VALENTE, C.R.; LATRUBESSE, E.M.; FERREIRA JR., L.G. *Relationships among vegetation, geomorphology and hydrology in the tropical wetland savanna region of Central Brazil: the Bananal Island. Journal of South American Earth Sciences*, 2011.

WAICHMAN, A.V.; GARCÍA-DÁVILA, C.R.; HARDY, E.R.; ROBERTOSON, A. Composição do zooplâncton em diferentes ambientes do lago Camaleão, na ilha da Marchantaria, Amazônia, Brasil. *In: Acta Amazonica*, 32 (2): 2002, p. 339-347.

WYRICK, J.R. On the Formation of Fluvial Islands. Tese de Doutorado. Oregon State University, 2005. 302 f. Disponível em: <<http://ir.library.oregonstate.edu>>. Acesso em: 30 jun. 2012.

WORBES, M. The forest ecosystem of the floodplains. *In*: JUNK, W.J. (ed.) The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system. Berlin: Springer, 1997. p. 223-265.

_____. Structural and other adaptations to long-term flooding by trees in Central Amazonia. *In*: Amazoniana, 9, 1985. p. 459-484.

ZIMMERMAN, R. C.; GOODLETT, J. C.; COMER, G. H. The influence of vegetation on channel form of small streams. *In*: Symposium on River Morphology. International Association of Scientific Hydrology Publication 75, Wallingford England, 1967. p. 255-275. Disponível em: www.uvm.edu. Acesso em: 03 nov. 2013.