



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**MODIFICAÇÕES NO PADRÃO DE DRENAGEM DA MICROBACIA  
DO PASSARINHO - MANAUS (AM): A FORMAÇÃO DE BARRAS  
SEDIMENTARES TECNÓGENAS POR DEPOSIÇÃO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS**

**JOSÉ CARLOS SANTOS DE SOUZA**

**MANAUS-AMAZONAS  
OUTUBRO/2014**

**JOSÉ CARLOS SANTOS DE SOUZA**

**MODIFICAÇÕES NO PADRÃO DE DRENAGEM DA MICROBACIA  
DO PASSARINHO - MANAUS (AM): A FORMAÇÃO DE BARRAS  
SEDIMENTARES TECNÓGENAS POR DEPOSIÇÃO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Ciências Humanas e Letras da Universidade Federal do Amazonas, em cumprimento aos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Orientadora: Profa. Dra. ADORÉA REBELLO DA CUNHA ALBUQUERQUE**

**Coorientador: Prof. Dr. JOÃO BOSCO LADISLAU DE ANDRADE**

**MANAUS - AMAZONAS  
OUTUBRO/2014**

## Ficha Catalográfica

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

S725m Sousa, José Carlos Santos de  
Modificações no padrão de drenagem da microbacia do Passarinho - Manaus (AM) : A formação de barras sedimentares tecnógenas por deposição de resíduos sólidos / José Carlos Santos de Sousa. 2014  
102 f.: il.; 31 cm.

Orientadora: Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque  
Coorientador: João Bosco Ladislau de Andrade  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Sistema de drenagem. 2. Bacia hidrográfica. 3. Resíduos sólidos. 4. Barra sedimentar tecnógena. I. Albuquerque, Adoréa Rebello da Cunha II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

### **DEDICATÓRIA,**

Este trabalho é dedicado a minha família, que sempre me incentivou, as minhas filhas Milena Oliveira e Karla Sophia, a minha esposa Jéssica Sousa e aos meus pais Adalberto Soares de Souza e Raimunda Vitor de Souza por me ensinarem a persistir nas dificuldades, pelo apoio em situações de angústias e pela força em momentos incertezas.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e por ter me proporcionado a oportunidade de estudar e superar obstáculos;

Aos meus pais Adalberto Soares de Souza e Raimunda Vitor de Souza pelas lições de vida e por terem me apoiado em minha trajetória acadêmica;

A minha esposa Jessica Sousa e aos meus filhos Milena Oliveira, Karla Sophia e Eduardo Sousa pelo incentivo e compreensão;

A minha orientadora Profa. Dra. Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque e ao coorientador Prof. Dr. João Bosco Ladislau de Andrade pela paciência e apoio fundamental na realização desta pesquisa;

A Universidade Federal do Amazonas e ao Programa de Pós Graduação em Geografia;

A todos os professores do Departamento de Geografia pela dedicação e socialização do conhecimento;

A secretária do programa de pós- graduação em geografia Sra. Maria das Graças Luzeiro pela dedicação aos alunos do curso de mestrado;

Ao amigo Chales Silva de Araujo, pelo apoio e fornecimento das imagens utilizadas na confecção dos mapas;

Ao Francisco Weliton Rocha Silva técnico do Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos – LATOSSOLO da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, pelo auxílio durante as análises das amostras de solo;

A todos os amigos e familiares que contribuíram direta e indiretamente para realização desta pesquisa.

## RESUMO

Este trabalho contextualiza a realidade ambiental dos igarapés de Manaus ao longo de sua construção histórica, em particular leva em consideração as modificações ocorridas no sistema de drenagem da microbacia do Passarinho localizado na zona norte de Manaus principal área de expansão nas últimas décadas. Neste sentido a realização deste trabalho teve por finalidade analisar o processo de formação de barras sedimentares tecnógena na referida unidade fluvial bem como caracterizar as propriedades físicas com base na composição gravimétrica dos resíduos sólidos, análise do solo por meio de testes granulométricos e determinação das classes de textura. Assim, os ensaios realizados com as amostras de solo evidenciaram a presença de sedimentos: areia, silte e argila e dos resíduos sólidos. A proporção entre os dois elementos correspondeu a 96% de sedimentos e 4% de resíduos de origem antropogênica. Com relação às classes dos resíduos foi constatado por meio da composição gravimétrica que as barras sedimentares tecnógenas são constituídas essencialmente por materiais: plásticos, metal, tecido, borracha, matéria orgânica entre outros. Assim, o valor total dos resíduos sólidos urbanos identificados nas amostras representou em termos de quantidade o valor correspondente a 9,016kg, sendo o plástico o item de maior proporção, representando 54% dos resíduos avaliados. Outros itens que também se destacaram durante a pesagem foram às embalagens de metal que registraram peso líquido de 1,27 kg, tecido 1,16 kg e borracha com 0,845kg. Estes resultados constituem elementos fundamentais para evidenciar os impactos produzidos pelas barras sedimentares formadas na microbacia do Passarinho, principalmente no que se refere ao volume de sedimentos depositados no canal, pois estes representam impacto direto ao sistema de drenagem tanto no que se refere às alterações na paisagem, quanto no comprometimento da capacidade de vazão das águas pluviais que contribuem para o aumento no risco de inundação, proliferação de doenças e danos materiais causados a população residente no local.

**Palavras chaves:** Sistema de drenagem, Resíduos sólidos, Barra sedimentar tecnógena.

## ABSTRACT

This paper contextualizes the environmental reality of the creeks of Manaus along its historic building, in particular taking into consideration the changes in the drainage system of the watershed Finch located in the north of Manaus, the main area of growth in recent decades. In this sense, this work aimed to analyze the process of formation of sedimentary tecnógena river bars in that unit as well as to characterize the physical properties based on the gravimetric composition of solid waste and soil analysis through testing and determination of granulometric class's texture. In this sense réalisés tests with soil samples showed the presence of natural sediments: sand, silt and clay and solid waste. The proportion between the two elements corresponds to 96% of natural sediments and 4% of the anthropogenic waste. Regarding the classes of waste was observed by means of gravimetric composition that tecnógena sedimentary bars are constructed of materials: plastic, metal, cloth, rubber, and other organic matter. The ratio of these residues represented in terms of the amount corresponding to 9,016kg value, and the plastic item to be greater, representing 54% of the residues analyzed. Other items that also stood out during weighing were the metal packaging which registered net weight of 1.27 kg, 1.16 kg and fabric rubber with 0,845kg. These results are key to highlight the impacts produced by sedimentary bars in the watershed of the Finch, mainly in relation to the volume of sediment, as these represent direct impact on the flow capacity of rainwater and contributes to the increased risk of flooding and proliferation diseases.

**Key words:** drainage system, solid waste, sediment tecnógena Bar.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	15
Figura 2 - A construção do Teatro Amazonas, 1896.....	18
Figura 3 - Canalização e Aterro do Igarapé do Espírito Santo.....	19
Figura 4 - Planta de embelezamento do igarapé de Manaus.....	21
Figura 5 - Obras do Projeto PROSAMIM no Igarapé de Manaus.....	22
Figura 6 - Georeferenciamento de um dos pontos de coleta de solo.....	28
Figura 7 - Método de aquisição das medidas linear das barras sedimentares tecnógenas.....	29
Figura 8 - Gabarito de madeira para coleta de amostra de solo.....	30
Figura 9 - Demonstração do uso do gabarito nas coletas de amostra de solo.....	31
Figura 10 - Coleta de amostra de solo na microbacia do Passarinho.....	32
Figura 11 – Análise de solo em laboratório.....	33
Figura 12 - Preparação de amostras para secagem em estufa.....	34
Figura 13 - Ensaio com amostras de solo para definição das classes granulométricas.....	35
Figura 14- Acreção lateral identificada na microbacia do Passarinho.....	41
Figura 15 - Principais tipos de padrões de drenagem.....	43
Figura 16 - Lineamentos estruturais que mostra o controle dos principais rios da região de por falhas geológicas.....	44
Figura 17 - Padrão de canal retilíneo destacando a posição das barras e os locais de agradação.....	45
Figura 18 - Representação de um canal anastomosado com barras e ilhas.....	46
Figura 19 - Representação espacial de um padrão de canal meandrante.....	46
Figura 20 - Modelo do Padrão de drenagem da microbacia do Passarinho elaborado a partir de dados em formato matricial.....	55
Figura 21 - Modelo de elevação digital utilizado para delimitação e identificação dos níveis topográficos na área da microbacia do Passarinho.....	56
Figura 22 - Imagem destacando o padrão de canal na microbacia do Passarinho.....	57
Figura 23 - Trecho canalizado na microbacia do Passarinho.....	58
Figura 24 - Barras laterais formadas no canal principal da microbacia do Passarinho.....	59
Figura 25 - Barra lateral de sedimentos formada por acreção lateral na margem esquerda do curso médio da microbacia do Passarinho.....	60

Figura 26 - Barra de acreção lateral formada na margem direita curso médio / superior da microbacia do Passarinho.....	60
Figura 27 - Representação de barras laterais e do padrão de canal retilíneo no baixo curso da microbacia do Passarinho.....	61
Figura 28 - Mapa de localização das barras sedimentares.....	62
Figura 29 - Registro de ocorrência de impactos na seção do curso médio microbacia do Passarinho.....	65
Figura 30 - Área de ocorrência de barras sedimentar tecnógenas no curso superior da microbacia do Passarinho.....	67
Figura 31 - Área de ocorrência de barras sedimentar tecnógenas no curso médio da microbacia do Passarinho.....	68
Figura 32 - Área de ocorrência de barras sedimentar tecnógenas no baixo curso da microbacia do Passarinho.....	69
Figura 33 - Impacto dos resíduos sólidos em ambientes fluviais urbanos.....	77
Figura 34 - Dinâmica da formação das barras sedimentares tecnógenas em canais retificados.....	83
Figura 35 - (Croqui) Modelo de barra sedimentar tecnógenas.....	85
Figura 36 - Perfil horizontal e vertical de barra sedimentar tecnógena removida por processo de dragagem.....	87
Figura 37 - Área ocupada por barra sedimentar tecnógena removida por processo de dragagem realizada no leito do canal de drenagem da microbacia do Passarinho.....	88
Figura 38 - Ocupação irregular na comunidade rio Pioriní na seção do curso médio da microbacia do Passarinho.....	89
Figura 39 - Área suscetível a risco de inundação e deslizamento de terra na microbacia do Passarinho.....	90

## LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS

Gráfico 1 - Dados referentes à amostra de solo coletada na margem esquerda do curso superior da microbacia do Passarinho.....	71
Gráfico 2 - Dados referentes à amostra de solo coletada na margem direita do curso superior da microbacia do Passarinho.....	71
Gráfico 3 - Dados referentes à amostra de solo coletada na margem esquerda do curso médio da microbacia do Passarinho.....	72
Gráfico 4 - Dados referentes à amostra de solo coletada na margem direita do curso médio da microbacia do Passarinho.....	73
Gráfico 5 - Dados referentes à amostra de solo coletada na margem esquerda do baixo curso da microbacia do Passarinho.....	73
Gráfico 6 - Dados referentes à amostra de solo coletada na margem direita do baixo curso da microbacia do Passarinho.....	74
Gráfico 7 - Total de resíduos encontrados nas amostras de solo coletadas microbacia do Passarinho.....	75
Gráfico 8 - Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no curso superior da microbacia do Passarinho.....	78
Gráfico 9 - Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no curso superior margem direita da microbacia do Passarinho.....	79
Gráfico 10 - Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no curso médio margem esquerda da microbacia do Passarinho.....	79
Gráfico 11- Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no curso médio margem direita da microbacia do Passarinho.....	80
Gráfico 12 - Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no baixo curso margem esquerda da microbacia do Passarinho.....	80
Gráfico 13 - Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no baixo curso margem direita da microbacia do Passarinho.....	81
Gráfico 14 - Curva granulométrica referente às amostras de solo coletada na microbacia do Passarinho.....	82
Quadro 1 - Dados de localização e medidas lineares das barras sedimentares identificadas no curso superior/médio da microbacia do Passarinho.....	63
Quadro 2 - Dados de localização e medidas lineares das barras sedimentares identificadas no médio/baixo curso da microbacia do Passarinho.....	64
Quadro 3 - Classes de textura e dados granulométricos referentes microbacia do Passarinho.....	81
Quadro 4 - Percentagem e volume de solo e de lixo encontrados nas barras sedimentares na microbacia do Passarinho em Manaus AM.....	84

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>I. CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO</b> .....	14
1.1. Localização e descrição.....	14
1.2. Origem de Manaus: um breve histórico.....	17
1.3. As primeiras obras de intervenção e o aterro dos igarapés de Manaus.....	19
1.4. A urbanização em Manaus e os projetos de embelezamento da área central.....	20
1.5. O desenvolvimento econômico da Amazônia e a expansão urbana de Manaus.....	22
1.6. Crescimento populacional e a expansão urbana da Zona Norte.....	24
1.7. A microbacia do Passarinho no contexto urbano de Manaus e da Zona Norte.....	25
<b>II. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	27
2.1. Bases conceituais.....	27
2.2. Delimitação e seleção dos pontos de amostras.....	27
2.3. Técnicas de mensuração.....	27
2.4. Técnicas de Geoprocessamento e elaboração de mapas.....	28
2.5. Coleta das amostras de material das barras.....	29
2.5.1. Composição gravimétrica aplicada aos resíduos sólidos urbanos.....	32
2.5.2. Procedimentos aplicados às amostras de solo em laboratório.....	33
<b>III. BACIA HIDROGRÁFICA E OS PADRÕES DRENAGEM</b> .....	36
3.1. Bacia hidrográfica: Considerações Teórico-conceituais.....	36
3.2. A bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental.....	36
3.2.1. Rios e os conceitos relacionados.....	38
3.2.2 O ciclo hidrológico e os ambientes fluviais.....	38
3.2.3 O transbordamento dos rios e o processo de sedimentação.....	39
3.2.4 A planície de inundação e as barras sedimentares.....	40
3.3. Drenagem fluvial e os padrões de drenagem.....	41
3.3.1 Os padrões de drenagem dos rios na região do município de Manaus.....	43
3.3.2. Os padrões de canais e a configuração do leito dos rios.....	45
3.4. Impacto dos resíduos sólidos em sistema de drenagem urbana.....	47
3.5. A formação de barras sedimentares no contexto das bacias hidrográficas urbanas....	48
3.6. Depósitos tecnogênicos: conceitos e definições.....	50
3.7. Relevo tecnógeno: conceitos e estudos relacionados.....	52
<b>IV. RESULTADOS E DISCURSÕES</b> .....	55
4.1. Padrão de drenagem e padrão de canal da microbacia do Passarinho.....	55
4.2. Mapeamento e morfometria das barras sedimentares da microbacia do Passarinho...	59
4.3. Barras sedimentares: Análise dos resíduos antropogênicos e textural do solo.....	70
<b>V. CONCLUSÃO</b> .....	92
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	94
<b>ANEXOS</b> .....	99

## INTRODUÇÃO

A urbanização é um fenômeno crescente no mundo todo, tanto que em 2008 pela primeira vez na história, a quantidade de pessoas vivendo em cidades superou o número de pessoas que vivem no campo. No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, mais de 80% da população reside nas cidades. Neste período somente 15,65% das pessoas viviam em área rural, contra 84,35% que viviam em áreas urbanas. Este processo já se manifestava no censo de 2000, no qual se constatou que cerca de 81,25% da população brasileira vivia em áreas urbana e apenas 18,75% em área rural.

Com referência a este aspecto Odum (1988) destaca que a acelerada urbanização e o crescimento populacional nas cidades, a partir de meados do século XX promoveram mudanças significativas nas paisagens que alteraram a dinâmica dos espaços naturais, principalmente, nos rios e cursos d'água situados em áreas urbanas. Nestes locais, se observa que determinados tipos de impactos estão se acirrando, principalmente nas bacias hidrográficas, tornando perceptíveis as modificações no padrão de drenagem dos rios.

Em Manaus, capital do Amazonas, o processo de desenvolvimento econômico produzido em função da implantação da Zona Franca em 1967, impulsionou a urbanização e o crescimento da cidade. Neste período, ocorreu elevada centralização das atividades econômicas e concentração populacional em Manaus (OLIVEIRA e SCHOR, 2008). Este processo associou-se à deflagração de impactos mediante a falta de planejamento e, ausência de política pública efetiva de orientação à população, sobre o uso e ocupação do solo, em especial nos limites das bacias hidrográficas que percorrem o perímetro urbano. Estas constituem pontos de descarte de resíduos provenientes de residências situadas próximas ou, em alguns casos, dentro dos igarapés<sup>1</sup> que compõe a rede de drenagem das referidas unidades.

Nesta linha de abordagem é importante mencionar que a cidade de Manaus é entrecortada por densa rede fluvial, destacando-se a Microbacia do Passarinho, onde o sistema de drenagem desempenha importante papel com relação à dinâmica do ciclo hidrológico. A rede de drenagem desta Microbacia delimita-se entre os bairros, Cidade Nova, Novo Israel, Nova Cidade, Monte das Oliveiras, Colônia Terra Nova, Santa Etelvina e Tarumã-Açu. Estes

---

<sup>1</sup> Termo regional utilizado para denominar pequenos cursos d'água na Amazônia. Dessa forma, "Igarapé", segundo Guerra (2003) significa "caminho de canoa," (de igara – canoa e pé – caminho, trilha), corresponde aos arroios da Região Sul do Brasil.

bairros concentram-se entre as Zonas Norte e Oeste de Manaus, principal zona de expansão da cidade nas duas últimas décadas. O referido canal também se caracteriza por ser um importante tributário do Igarapé da Bolívia e da bacia hidrográfica do Tarumã uma das mais importantes, situadas no perímetro urbano da cidade.

Assim, considerando os antecedentes de ocupação na área da microbacia, deve-se mencionar que entre os anos de 2001 a 2009, a paisagem ao longo de suas margens passou por grandes transformações, principalmente a partir da construção do conjunto nova cidade e das obras de retificação e canalização nos cursos médio e superior do canal principal da microbacia.

Os efeitos destas alterações refletiram, sobretudo, em problemas ambientais como: acúmulo e transporte de resíduo doméstico, assoreamento do leito do canal e aumento na frequência das inundações que afetam parte dos moradores dessa área (SOUZA e ALBUQUERQUE, 2013).

Estas alterações podem ser visualizadas, a partir da implantação de obras de engenharia nos canais, como a retificação e a canalização da rede de drenagem, bem como acúmulo de lixo produzido, por atividades humanas, que normalmente é recolhido de maneira inadequada.

Neste contexto, o resíduo sólido<sup>2</sup> gerado pelo consumo humano, e comumente conhecido por “lixo”, compõe um conjunto de elementos impactantes de fácil visualização nos rios e rede de drenagem, situados nas cidades. Estes resíduos incorporam-se ao ciclo natural do sistema de drenagem, que se estabelece por processo de fluxos de erosão, transporte e deposição. Sendo assim, o lixo acaba promovendo alterações significativas na configuração geomorfológica dos rios, principalmente, aqueles em que a quantidade de sedimentos e de resíduos transportados é elevada a ponto de promover obstrução de bueiros, assoreamento dos leitos dos canais e frequentes inundações.

No decorrer deste processo, parte do lixo é incorporada aos sedimentos fluviais providenciando alterações na composição do relevo fluvial, mediante aos processos morfoesculturais, que atuam diretamente na formação das barras de sedimentos formadas no leito e nas margens dos canais que compõem o sistema de drenagem urbana.

Deste modo, trata-se de uma problemática que vem ganhando significativa relevância nos trabalhos acadêmicos e pesquisas atuais, levando-se em consideração, a demanda por

---

<sup>2</sup> Há distinção entre resíduo sólido e lixo. Enquanto o primeiro está diretamente associado a materiais reutilizáveis e recicláveis, o segundo relaciona-se aqueles materiais sobre os quais não recaem estas possibilidades.

estudos sobre as alterações que ocorrem em ambientes urbanos, mais especificamente nas bacias hidrográficas, onde a identificação dos impactos proveniente da ação humana é de grande importância para o planejamento urbano e ambiental, bem como para a preservação dos recursos hídricos.

Sendo assim, a realização deste estudo justificou-se em função da necessidade de se ampliar conhecimentos acerca dos impactos dos resíduos sólidos lançados nos sistemas hidrográficos de áreas urbanas. Além deste aspecto, é importante conhecer as formas de deposição dos resíduos e as alterações geomorfológicas manifestadas nos ambientes fluviais urbanos principalmente nos canais onde ocorreram modificações no padrão de drenagem.

Neste sentido a realização desta pesquisa teve por objetivo analisar o processo de formação de barras sedimentares de composição tecnógena na microbacia do Passarinho bem como caracterizar as propriedades físicas com base na correlação existente entre a quantidade e volume de sedimentos em relação à quantidade de resíduos de origem antropogênica, além de mensurar e mapear a área ocupada pelas barras tecnógena ao longo do canal principal, em particular nas seções que correspondem ao curso superior e médio onde foram implementadas as obras de canalização e retificação da referida unidade.

## CAPÍTULO I – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 1.1. Localização e descrição fisiográfica

A microbacia do Passarinho figura 1, localiza-se no perímetro urbano de Manaus, mais especificamente entre as Zonas Norte e Oeste da cidade. A extensão desta microbacia em linha reta corresponde a 12 km e sua área é de aproximadamente 27,3 km<sup>2</sup>. Inicia na Zona Norte no bairro Nova Cidade e se estende em direção a Zona Oeste até a sua foz, na confluência com o Igarapé da Bolívia, no Bairro União da Vitória. As coordenadas que compreendem a nascente do seu canal principal são 3° 0'41.23'' latitude Sul e 59° 58'47.60'' longitude Oeste; e na foz correspondem a 2° 58'30.64'' latitude Sul e 60° 2'11.08'' longitude Oeste.

Com relação a Manaus, trata-se de um município que possui área equivalente a 11.401,092 km<sup>2</sup>, limitando-se ao norte com o município de Presidente Figueiredo; ao sul com o Careiro da Várzea e Iranduba; a leste, Rio Preto da Eva e Itacoatiara e a oeste, Manacapuru e Novo Airão. A população é de aproximadamente 1.982.177 habitantes, conforme dados do (IBGE, 2013).

No que se refere à hidrografia, Manaus apresenta uma densa rede hidrográfica, formada por 1.117 canais fluviais, segundo levantamento da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS). Alguns destes igarapés, em muitos casos são confundidos com rios, pela extensão e largura que possuem como exemplo, o Igarapé Tarumã-Açu, situado no setor noroeste da cidade, cuja área é de aproximadamente 34.000 (ha) (SOUZA, 1999).

Em termos de área destacam-se quatro grandes bacias no interior do sítio de Manaus: a bacia do Tarumã, a bacia do São Raimundo, a bacia do Educandos e a bacia do Gigante. Ao todo, existem 19 bacias no espaço urbano de Manaus, classificadas em função da localização de suas respectivas desembocaduras divididas em três grupos: bacias do oeste (três bacias), bacias do sul (nove bacias) e bacias do leste (sete bacias). Em termos de tamanho médio das áreas ocupadas pelas bacias verificou-se que as do oeste apresentam média de 68,4 km<sup>2</sup> em segundo lugar estão às bacias do sul com média de 24,8 km<sup>2</sup> e as bacias do leste com as áreas em torno de 11,9 km<sup>2</sup> (VIEIRA, 2008). A soma das áreas das bacias existentes no sítio urbano de Manaus (512,13 km<sup>2</sup>) é maior que a própria área urbana (441,3 km<sup>2</sup>) porque algumas bacias extrapolam o limite do urbano, como a bacia do Igarapé do Tarumã e algumas bacias do leste, como do Igarapé do Inferno (VIEIRA, 2008).

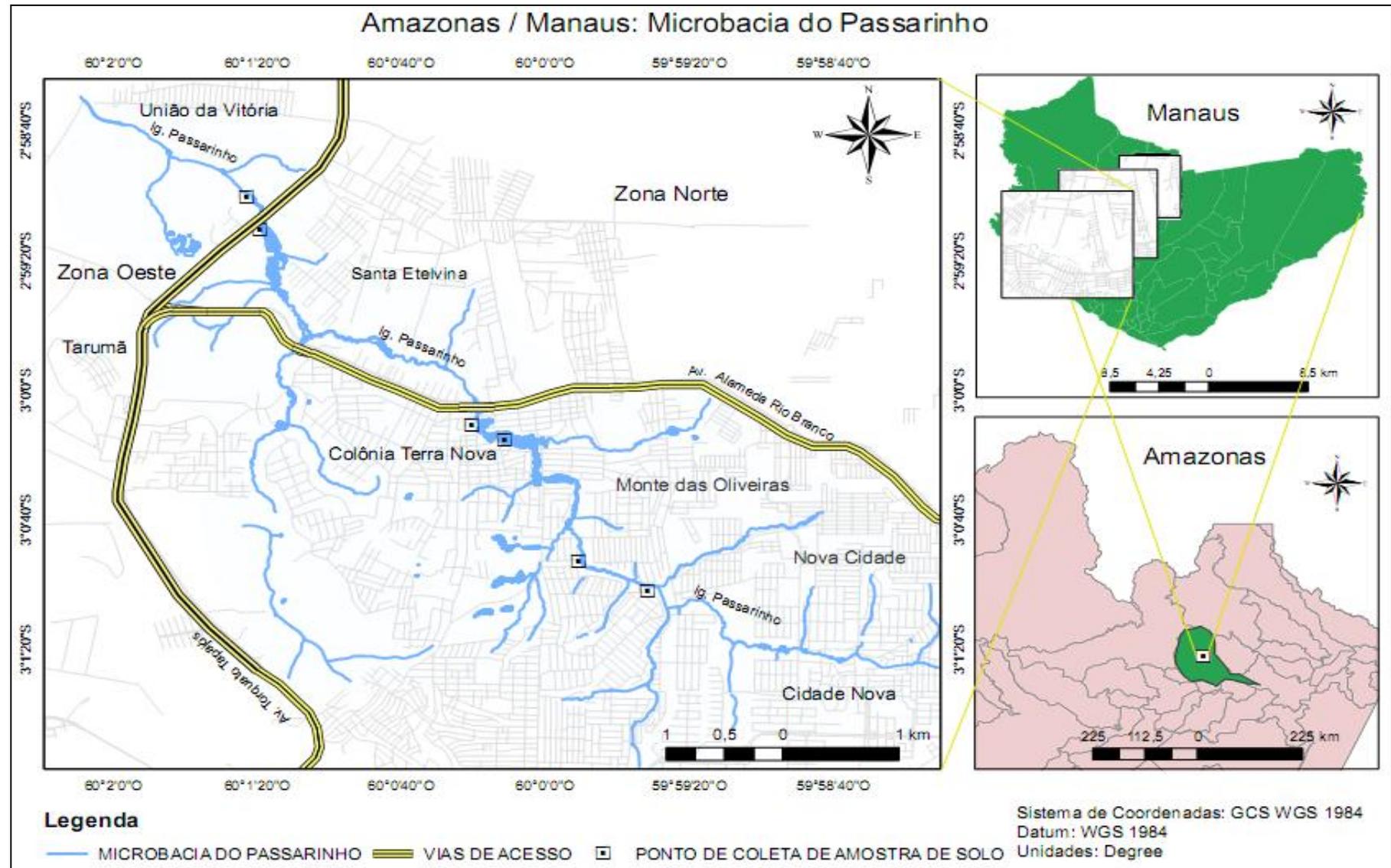


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

Org.: José Carlos

O clima da cidade de Manaus é caracterizado por ser quente e úmido, registrando índices térmicos elevados, principalmente no período ‘seco’. Na classificação de Köppen (1948) apud Aguiar (1995), é do tipo (Af), significando “clima tropical chuvoso de floresta”. Este clima é resultante das características dos elementos climáticos: temperatura elevada, alta umidade relativa, alto índice de precipitação, ventos fracos, entre outros. Estes, por sua vez, estão relacionados com altitude e latitude baixas, abundante vegetação, massas líquidas, entre outros. A temperatura média em Manaus é de 26,7°C. As variações são entre 23,3°C a 31,4°C. Resultando numa amplitude térmica média de 8,1°C. A média anual da umidade relativa é de 83%, e a precipitação de 2.291,8mm, com cerca de 190 dias de chuvas (Aguiar, 1995).

No que se refere ao relevo, o sítio urbano de Manaus apresenta características bem peculiares formadas por interflúvios tabulares, os quais formam encostas côncavas, convexas a retilíneas, que estabelecem limites com a rede de drenagem que compõe os igarapés que cortam a cidade. Os interflúvios tabulares configuram-se como platôs que apresentam expressivas diferenças no que diz respeito à distribuição na área urbana de Manaus. Na Zona Leste, as encostas se caracterizam por apresentar maior declividade e menor extensão se comparadas as da Zona Oeste. Enquanto que as Zonas Norte e Sul apresentam características semelhantes com encostas que variam entre côncavas a convexas, com declividade que varia de grande a pequena e com extensões variadas (VIEIRA, 2008).

Os interflúvios tabulares são também definidos como planaltos sedimentares terciários rebaixados, resultando de processos erosivos pluvio-fluvial e de intemperismo elevado na região (SILVA, 2009). No que diz respeito a este aspecto Muniz e Vieira (2004) destacam que o relevo de Manaus insere-se no “planalto dissecado do rio Trombeta-Rio Negro, cujo relevo apresenta altitude inferior a 150 metros e encontra-se sobreposto a Formação Alter do Chão”.

Para Ab’ Sáber (1953) o sítio urbano de Manaus “está assentado sobre a porção ribeirinha de um sistema de colinas tabuliformes, pertencentes a uma vasta seção de um tabuleiro de sedimentos Terciário”. Nas áreas mais elevadas da região de Manaus encontram-se os Latossolos Amarelados Álicos. Esses solos são de formações antigas, oriundas de processos de laterização e do intemperismo que ocorre intensamente na região Amazônica.

Os Argissolos Amarelos compõem faixas de encostas e se caracterizam por serem ácidos ricos em alumínio e pobres em nutrientes. Nas áreas de baixios, próximas aos igarapés, o solo costuma ser arenoso do tipo Espodossolo e Neossolo Quartzarênico, ainda mais pobres em nutrientes (HIGUCHI e HIGUCHI, 2004).

Quanto à vegetação, a cidade de Manaus apresenta uma composição semelhante a da Floresta Amazônica ou Equatorial, caracterizando-se por ser uma floresta densa, que possui

uma grande heterogeneidade variando de mata primária a áreas de vegetação rasa e aberta, chamadas de campinaranas (MASCARENHA JÚNIOR, 2009).

Neste contexto um modelo de classificação utilizado para caracterizar o tipo de vegetação que ocorre em Manaus incluindo a área de estudo corresponde a três formações florestais distintas: Mata de Terra Firme composta por (Floresta Latifoliada que apresenta folhas grandes e largas, Perenifólia com folhas sempre verdes em função da rápida reciclagem e Higrófila, vegetais que se adaptam em áreas muito úmidas), normalmente apresenta espécies diversas, que variam de 30 a 50 metros de alturas e estão situadas nos terrenos mais altos, fora do alcance das cheias e as Florestas de inundação, constituídas de mata de várzea, mata de igarapé; mata de terraços de inundação e Mata de Igapó (HIGUCHI e HIGUCHI, 2004).

Na cidade de Manaus as espécies vegetais são bem diversificadas. Porém, no que se refere à classificação, observa-se que há uma predominância da mata de terra firme concentrada em fragmentos florestais distribuídos na Zona Oeste, mais especificamente no bairro do Tarumã; na Zona Norte com a presença da Reserva Florestal Adolpho Ducke, e na Zona Leste nas áreas próximas ao Puraquequara.

No Caso da Zona Norte, região onde se localiza a área da pesquisa há pouco mais de cinco décadas era possível observar extensas áreas de mata original que aos poucos foram sendo suprimida pelas obras do conjunto habitacional Cidade Nova, construído na década de 70 (MASCARENHA JÚNIOR, 2009). Ao longo deste processo, as áreas com vegetação remanescente foram desaparecendo e cedendo espaço para ocupações irregulares chamadas de “invasões” que contribuíram para origem dos atuais bairros: Novo Israel, Monte das Oliveiras, Colônia Terra Nova e Monte Pascoal. Neste contexto a figura o recorte espacial delimitado para este trabalho foi a Microbacia do Igarapé do Passarinho que se localiza no perímetro urbano de Manaus mais especificamente entre as Zonas Norte e Oeste da cidade.

## **1.2. Origem de Manaus: um breve histórico**

A cidade de Manaus foi fundada em 1669 com o nome de Lugar da Barra de São José do Rio Negro, local onde inicialmente havia sido construído o “Forte”, símbolo do domínio português sobre a região. No ano de 1832, foi elevada a categoria de vila, e passou a ser chamada de vila da Barra de São Jose do rio Negro (MONTEIRO, 1994). Anos depois, por volta de 1848 foi elevada a condição de cidade recebendo o nome de Manáos, (OLIVEIRA, 2006).

Neste período a cidade cresceu lentamente, constituindo-se apenas de um lugarejo com casas esparsas e poucos moradores, sendo que a cidade registraria um processo de expansão significativo somente no final do século XIX, como reflexo da excelente fase da economia gomífera. Por volta de 1990 a população alcançaria cerca de 50.300 habitantes (SOUZA, 1999; OLIVEIRA, 2006).

A cidade continuou se expandindo com a construção de novas ruas, prédios públicos, palacetes, e o Teatro Amazonas, símbolo da ostentação econômica que revelava até então a melhor fase econômica do Estado do Amazonas, como mostra a figura 2.

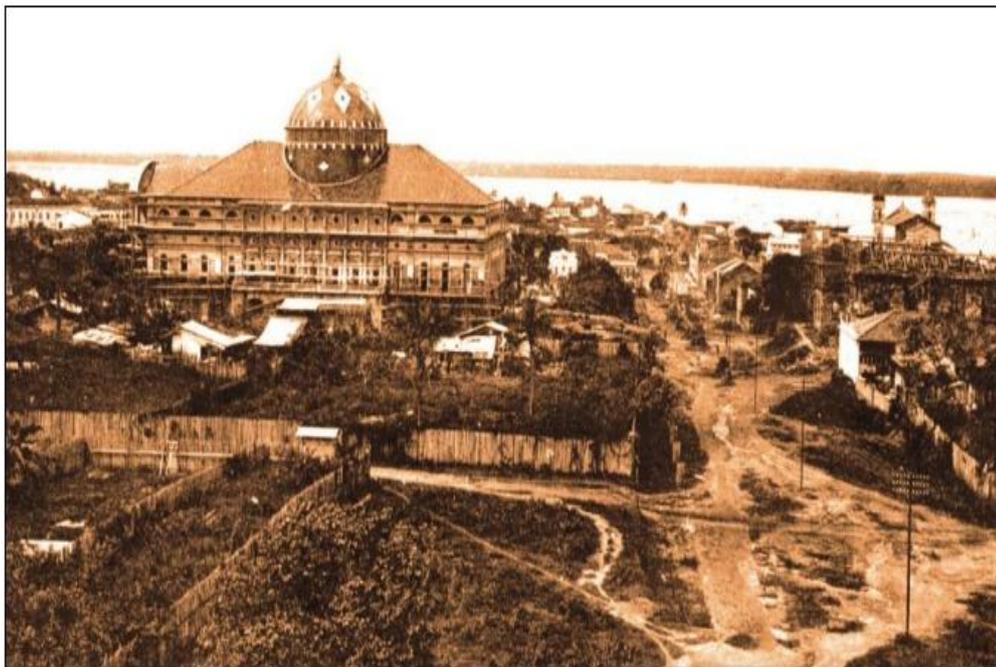


Figura 2: A construção do Teatro Amazonas, 1896.  
Fonte: Departamento de Marketing / Jornal A Crítica, 2003.

Na medida em que a cidade crescia, novos espaços iam sendo incorporados ao perímetro urbano, e novos terrenos bem como as áreas dos igarapés foram sendo ocultadas (aterradas) ou simplesmente eliminadas pelas obras de infraestrutura da época. Neste sentido, (VALLE e OLIVEIRA, 2003) destaca que a primeira área da cidade a ter o seu ambiente natural modificado localizava-se entre a ilha de São Vicente e o igarapé da Ribeira, neste local se deu início a construção do núcleo urbano de São José da Barra do rio Negro e ocorreram as primeiras alterações nos leitos dos igarapés, bem como no relevo, visando adequar às condições do ambiente para que o Forte fosse erguido.

### 1.3. As primeiras obras de intervenção e o aterro dos igarapés em Manaus

O fortalecimento da economia gerada com a exploração da borracha favoreceu os cofres públicos e possibilitou a execução de uma série de obras que visavam ao embelezamento, saneamento e à modernização da cidade. A partir das imagens da época é possível perceber que a cidade de Manaus ampliou seus limites sobre a floresta principalmente ao longo da margem esquerda do Rio Negro, agredindo severamente os igarapés que se colocavam no caminho da acelerada expansão urbana, como mostra a figura 3.



Figura 3: Canalização e Aterro do Igarapé do Espírito Santo.  
Fonte: Departamento de Marketing / Jornal A Crítica, 2003.

Dentre os cursos d'água que constituíam o sistema de drenagem da área central da cidade destacavam-se os igarapés de São Vicente, da Ribeira das Naus, Espírito Santo, Remédios ou Aterro, Bica da Boa vista e Bica do Monte Cristo. Muitos desses canais drenavam extensas áreas da cidade e foram canalizados, aterrados ou transformados em galerias, tal qual ocorreu com o igarapé do Espírito Santo que percorria a área onde atualmente encontra-se a Avenida Eduardo Ribeiro. Quanto ao igarapé dos Remédios ou do Aterro, o mesmo seguia o curso das atuais avenidas Getúlio Vargas e Floriano Peixoto (COSTA JUNHO e NOGUEIRA, 2011).

Nos igarapés não aterrados, por apresentarem vazões fluviais elevadas como o de Manaus, Bittencourt, Mestre Chico e Cachoeira Grande, foram construídas as pontes de ferro interligando a atual Avenida Sete de Setembro no centro histórico e de Flores interligando atual Avenida Constantino Nery, que além de possibilitarem a expansão da cidade para as porções leste e oeste, também se incluíam na política de embelezamento planejadas no governo de Eduardo Ribeiro, cuja visão era de que estas obras atrairiam os investidores estrangeiros e mão de obra para a economia do látex.

Neste período realizou-se a remoção de pessoas que ocupavam as margens dos igarapés para os lugares mais afastados da área central a fim de satisfazer aos interesses da elite do látex. Criava-se assim uma “cidade do fausto” que compreendia uma “maquiagem” visando esconder a sociedade excludente dos menos favorecidos financeiramente, oriundos do ciclo da borracha (COSTA JUNHO e NOGUEIRA, 2011).

De acordo com Oliveira (2003) a configuração urbana de Manaus na década de 60 refletiu, sobretudo, num processo que retomou a geomorfologia da cidade do final do século com o aterro dos igarapés da parte central. Segundo este autor, ao mesmo tempo em que se constituíam como fatores de embelezamento urbano articulados a uma proposta urbanística, as pontes possibilitaram a expansão da cidade no sentido do leste para o oeste, ultrapassando os igarapés de Manaus, Bittencourt e Mestre Chico, na Avenida 7 de setembro, e no sentido sul para o norte através da Avenida Constantino Nery, ultrapassando o igarapé da Cachoeira Grande através da ponte dos Bilhares (OLIVEIRA, 2003).

Neste contexto, percebe-se que foram os investimentos realizados na construção de pontes, estradas e na década de 60 os conjuntos habitacionais, e não os igarapés, os principais vetores de expansão urbana de Manaus. Entretanto, conforme ainda destaca Oliveira (2003), o espaço urbano de Manaus, foi sendo estruturado a partir de uma infraestrutura ou sistemas de objetos artificiais que envolveram, dentre outros aspectos, a construção de pontes e aterro dos canais de drenagem que alteraram a morfologia da cidade de 1920 a 1967.

#### **1.4. A urbanização em Manaus e os projetos de embelezamento da área central**

No que se refere aos projetos e programas que objetivaram o embelezamento e a modernização da cidade de Manaus, Costa Junho e Nogueira (2011) destacam que o “divisor de águas” entre a administração do Presidente da Província do Amazonas, Eduardo Gonçalves Ribeiro (1892-1896), e o governo de Eduardo Braga, tem pouco mais de um século, porém revelaram-se em alguns aspectos com características muito semelhantes.

Neste sentido, enquanto o primeiro governante viveu num tempo impregnado de ares de beleza, progresso e civilização, num período em que a modernidade imprimiu as suas marcas na paisagem de Manaus, considerada naquela época a “Paris dos Trópicos”, o outro vive a Manaus da Zona Franca, das novas tecnologias, onde as cidades reproduzem uma lógica capitalista pautada no desenvolvimento industrial.

Assim, apesar das diferenças nos períodos em que governaram ambos pensaram a cidade para o Outro. Eduardo Gonçalves Ribeiro propôs construir a cidade mais “bela” e urbanizada. Programou, entre outros aspectos, uma administração tecnocrática no intuito de “vencer” os igarapés e colocar Manaus como uma das capitais da modernidade, ideal este almejado pelos governos posteriores. No entanto, a escassez de recursos financeiros gerados pela crise da economia gomífera tornou inviável a efetivação de dispendiosos projetos de intervenções urbanas. Dentre os projetos não executados, merece destaque a planta de embelezamento do igarapé de Manaus como mostra a figura 4.

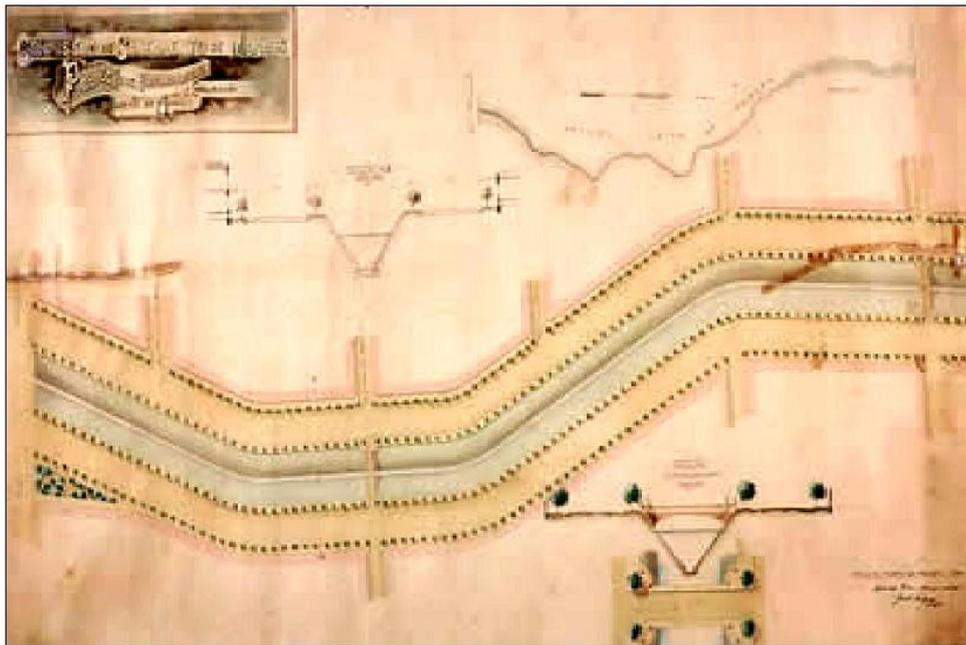


Figura 4: Planta de embelezamento do igarapé de Manaus, planejada no governo de Eduardo Ribeiro. Fonte: Costa Junho e Nogueira (2011).

Projetada pelos ingleses para ser construída em 1906, a planta de embelezamento do Igarapé de Manaus consistia na “conservação do igarapé canalizando-o, arborizando e ajardinando um raio de 100 metros no fim dos quais seria construída uma via paralela ao igarapé e só a partir da parte posterior dessa via seria permitida a construção de casas”. Esse projeto, porém, não foi efetivado em virtude da falta de recursos, pois neste período a

economia gerada a partir da exploração da borracha já apresentava os primeiros sinais de decadência.

Neste contexto a política de melhoria da infraestrutura e da qualidade ambiental dos igarapés de Manaus só seria retomada em 1997, no governo do então prefeito de Manaus, Alfredo Nascimento, que tinha como uma de suas metas o embelezamento da cidade. Para isso elaborou-se o projeto “Nova Veneza” com o objetivo de intervir no igarapé localizado na área do centro histórico da cidade. Esse projeto, porém, não foi totalmente efetivado, sendo mais uma vez retomado e ampliado a partir de 2005, pelo governador Eduardo Braga, com o nome de PROSAMIM Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus como mostra a figura 5.



Figura 5: Obras do Projeto PROSAMIM no Igarapé de Manaus: (A) Imagem do Parque Residencial Manaus; (B) Retificação e Canalização do Igarapé de Manaus.

Assim, o PROSAMIM seguiu essencialmente o mesmo modelo de infraestrutura pautada em uma política de embelezamento precedente em Manaus, com alguns aspectos de inovação com relação ao projeto Nova Veneza. Desse modo entende-se que o Projeto “Nova Veneza” teria ganhado uma nova “roupagem” com o nome PROSAMIM, visto que as duas propostas teriam em comum: a canalização dos igarapés, a construção de galerias (estruturas subterrâneas em concreto armado para esgoto sanitário) e a construção de unidades habitacionais.

### 1.5. O desenvolvimento econômico da Amazônia e a expansão urbana de Manaus

O processo de expansão urbana e a dinâmica do crescimento populacional em Manaus refletem dois grandes períodos de desenvolvimento econômico que se sucederam como marco

na história do Amazonas e da cidade de Manaus, como destaca Oliveira, (2003) primeiro o ciclo da borracha, que vai do final do século XIX ao início do XX e, posteriormente a implantação da Zona Franca em 1967.

A realidade econômica gerada pela produção da borracha no Amazonas em um primeiro momento trouxe significativos avanços no que se refere à infraestrutura: transporte, luz elétrica, sistema de esgoto e pavimentação de ruas em áreas ao entorno do centro da cidade. Entretanto, segundo este mesmo autor estas transformações também refletiram nos aspectos relacionados à moradia ocasionando diversos problemas sociais e ambientais. Pois as áreas mais privilegiadas, tais como terrenos planos e com maior altitude, eram ocupadas pelo segmento de maior poder aquisitivo, enquanto que ao segmento mais pobre restaram as áreas inundáveis e degradáveis das margens dos igarapés.

A decadência do ciclo da borracha em 1920 tirou a Amazônia e o estado do Amazonas do cenário econômico nacional e internacional. Nesse período, Manaus já enfrentava diversos problemas por conta da baixa no preço da borracha conforme apresentado a seguir.

Em 1907, ocorreu queda significativa dos preços da borracha, em decorrência da entrada da borracha asiática no comércio internacional. Chega-se a década de vinte com a cidade de Manaus vencida, já que se passara meio século com toda a economia voltada para a borracha, sem que fossem criadas alternativas para a produção de uma cidade perene (OLIVEIRA, 2003, p. 46).

A crise gerada pela decadência da atividade gutífera atingiu diretamente o estado do Amazonas e principalmente, Manaus. A redução do preço, e da produção da borracha acabou determinando o abandono dos seringais e a migração da população envolvida no processo produtivo que, sem condições de retornar a seus locais de origem, permaneceram em Manaus (OLIVEIRA, 2003).

Assim, a realidade econômica pela qual o Amazonas passava em virtude da crise da borracha também refletiu no aspecto da moradia conforme foi destacado por (OLIVEIRA, 2003, p.78) “Houve proliferação de estâncias e de moradias precárias na área central da cidade, especialmente seguindo o curso dos igarapés”.

A saída da Amazônia do cenário econômico nacional compreendeu um período em que a região foi considerada como frágil, em termos de soberania nacional, e essa fragilidade serviu para legitimar o discurso, por parte do poder central, de integração da Amazônia ao restante do país.

Em 1953, ainda no Governo de Getúlio Vargas foi regulamentado o Plano de Valorização Econômica da Amazônia que definiu a área de abrangência da Amazônia Legal e

a criação da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA). O resultado alcançado a partir desta iniciativa, na prática, não atingiu as expectativas por conta da falta de recursos e empenho político.

Assim, a política de integração da Amazônia tornou-se mais efetiva a partir dos anos 60 com a criação da Zona Franca de Manaus (ZFM) e a implantação do Distrito Industrial, que causou mudança significativa na produção do espaço urbano de Manaus, resultando num crescimento populacional acelerado que teve como reflexo a ocupação de áreas impróprias para moradia, ocasionando o agravamento de impactos socioambientais provocados pelas invasões em áreas verdes e igarapés nas zonas Norte e Leste da cidade.

### **1.6. Crescimento populacional e a expansão urbana da Zona Norte**

O crescimento demográfico ocorrido de forma acelerada, em pouco mais de uma década, resultou dentre outros aspectos, na ampliação espacial de Manaus e num processo de ocupação, que apenas reforçou a lógica das práticas de organização espacial já existente. Estas práticas evidenciaram formas de apropriação do espaço urbano deflagradoras de indicadores de um desenvolvimento desigual (OLIVEIRA, 2003).

Neste processo de desigualdades espaciais, grupos com melhor poder aquisitivo ocuparam áreas de terrenos planos e com boa localização, enquanto que aos grupos menos favorecidos restaram apenas locais com pouca ou nenhuma infraestrutura, como as áreas de encostas, margens e leitos dos igarapés e fundos de vale.

Esta alternativa se não foi a mais viável, pelo menos garantiu que alguns moradores permanecessem situados próximos à área central e de seus locais de trabalho. Todavia, parte da população que não conseguiu se fixar nas margens dos igarapés, em virtude do grande adensamento, já constituído nestes locais teve que se deslocar para áreas mais afastadas e ocupar locais próximos as principais vias de acesso como a Avenida Torquato Tapajós na Zona Norte e Avenida Grande Circular na Zona Leste.

As políticas de habitação adotadas pelo Governo do Estado no final da década de 1970 e início da década de 1980, por meio da construção do conjunto Nova Cidade, destinado à população de menor poder aquisitivo, marcou um período de grandes transformações e reconfiguração do espaço urbano de Manaus. Entretanto, estas políticas não foram suficientes para atender o contingente populacional, resultando numa série de invasões concentradas nas zonas norte e leste da cidade.

Lima, (2005) considera o conjunto habitacional denominado de “Cidade Nova” como o vetor de expansão para Zona Norte de Manaus conforme expõe abaixo:

[...] assim denominado porque comportava, ou pelo menos era assim que o plano de estabelecimento desse conjunto preconizava toda a infraestrutura de uma “outra cidade”, com escolas, praças, enfim, uma estrutura que, pelo que se pôde constatar nos escritos dos jornais da época, pretendia, de certa forma, conter o fluxo populacional para as demais áreas da cidade, sendo que, ao mesmo tempo, pretendia alocar famílias de menor renda (p.34).

O Programa de Aperfeiçoamento do Transporte Coletivo de Passageiros do Município de Manaus, criado pela Empresa Municipal de Transportes Urbanos (EMTU) responsáveis pelo transporte coletivo da capital na década de 1980, destacava as Zonas Norte e Leste, por serem as zonas que apresentaram maior crescimento demográfico, tendo em vista a disponibilidade de terrenos e maior facilidade de acesso viário, uma vez que, estas áreas apresentariam as maiores possibilidades de expansão (LIMA, 2005).

No que se refere a crescimento populacional, Manaus vem acumulando ao longo dos últimos 10 anos uma taxa de crescimento de aproximadamente 28,22%, sendo a população de 10 anos atrás composta de 1.293.852 pessoas e com o crescimento chegou ao total de 1.802.525, aumentando de 662.265 mulheres para 922.632 e de 631.587 homens para 879.893. Com relação a este aspecto nota-se que o Pólo Industrial de Manaus ainda representa um peso significativo na taxa de crescimento da população o de certo modo contribui para um processo de expansão urbana, ainda mais expressiva.

### **1.7. A microbacia do Passarinho no contexto urbano de Manaus e da Zona Norte**

Iniciado como um Conjunto Habitacional destinado à população de baixa renda, o projeto habitacional da Cidade Nova foi responsável por grandes transformações no espaço urbano de Manaus. Entretanto, a ação das políticas públicas não contemplou os problemas gerados pelo contingente populacional, tendo por consequência ocupações irregulares por “invasões” ocorridas na década de 1980, dando origem a outros bairros, além dos que foram constituídos nos limites da microbacia hidrográfica do Passarinho.

Com a expansão urbana, o Conjunto Cidade Nova transformou-se no Bairro Cidade Nova e entre 1981, período que marcará a entrega da primeira etapa do Conjunto Cidade Nova, até o ano de 2008 foram construídos no bairro 28 conjuntos habitacionais populares

totalizando 27.379 unidades habitacionais Costa e Oliveira (2007). Neste período já havia iniciado a construção de outros conjuntos habitacionais na Zona Norte que foram expandidos para área do atual bairro Nova Cidade.

Entre os Conjuntos construídos posteriormente, destaca-se, o Conjunto Nova Cidade. A partir desta construção, foram ampliados os domínios espaciais da cidade, que avançaram sobre a floresta pelas “terras firmes” da Zona Norte. O Conjunto apresentava um total de 9.500 unidades habitacionais que foram entregues no período de 2001-2008. Atualmente, as obras de ampliação dos programas habitacionais do Governo do Estado direcionadas para esta área vêm promovendo significativas mudanças na paisagem local e consequentemente alterando a morfologia dos canais, importante elemento para a manutenção ecológica e sustentável dos ambientes aquáticos, (CUNHA, 2010).

## CAPÍTULO II - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1. Bases conceituais:

A metodologia adotada para realização desta pesquisa consistiu no uso de método experimental aplicado no canal de drenagem da microbacia do Passarinho e levou em consideração, leituras relacionadas à problemática socioambiental urbana bem como uso de arcabouço teórico que envolveu as referências sobre a produção de resíduos sólidos, Günther e Ribeiro (2003), a formação de relevo tecnógeno Peloggia (1998), aspectos e conceitos da geomorfologia fluvial, Christofolletti (1980), Suguio e Bigarella (1990) e Cunha (2009) e da antropogeomorfologia, Santos Filho (2011) além de conceitos associados aos processos impactantes nos ambientes fluviais urbanos discutidos em autores como Botelho e Silva (2012), Guerra e Marçal (2006), Tucci e Neves (2008), dentre outros.

### 2.2. Delimitação e seleção dos pontos de amostras

A delimitação e o reconhecimento da área de estudos foram realizados por meio do georeferenciamento das barras sedimentares e os respectivos pontos de coleta das amostras em levantamento de campo, por toda a margem direita e toda a margem esquerda do curso médio superior da bacia, onde se obteve o registro dos pontos e, coordenadas geográficas das *barras sedimentares de origem natural* e das *barras de origem tecnógena* utilizando-se o GPS. Após a obtenção das coordenadas de cada um dos tipos de barras anteriormente classificadas foi reconhecido o tipo de padrão geomorfológico fluvial do canal hidrográfico.

### 2.3. Técnicas de mensuração

Para melhor visualização e posterior classificação das barras de sedimentação antropogênica (tecnógenas), foram delimitadas no curso principal três subsecções fluviais estabelecidas, no percurso retificado tanto à montante como à jusante do canal, sendo definidas da seguinte maneira: (1) *Seção fluvial à montante da área retificada*; (2) *Seção canalizada do setor médio* e a terceira seção, situada à jusante do setor canalizado, no curso inferior ou baixo curso, estabelecida como (3) *Seção à jusante da área canalizada*.

Foram obtidas as medidas lineares e o perímetro das *barras de sedimento natural* e das *barras de sedimentação antropogênica*, visando-se à obtenção da área total ocupada dentro do canal. A coleta de amostras constou de atividade de campo, onde foram identificadas as barras de sedimentos existentes no canal e selecionadas uma da margem direita e uma da margem esquerda de cada seção, perfazendo um total de seis amostras.

As barras sedimentares tanto naturais, quanto as tecnógenas, bem como os pontos de coleta, foram identificados e georreferenciados a partir do uso de GPS, tendo por referência o sentido de montante para jusante, como mostra a figura 6 a seguir.



Figura 6: Georreferenciamento de um dos pontos de coleta de solo  
Fonte: Atividade de campo realizada pelo autor.

Além da identificação por meio de GPS foi colocada uma estaca de madeira em cada ponto de coleta visando facilitar a localização visual de cada barra de sedimento e dos respectivos pontos em que foram retiradas as amostras de solo.

#### **2.4. Técnicas de Geoprocessamento e elaboração de mapas**

Os procedimentos utilizados para elaboração dos mapas, definição do padrão de drenagem, identificação e mensuração das barras sedimentares, consistiu no uso de técnicas de geoprocessamento e georeferenciamento aplicadas ao sistema de informação geográfica

(SIG). Estes procedimentos foram realizados por meio da vetorização de imagens<sup>3</sup> aérea modelo “Ortofoto da cidade de Manaus referente ao ano de 2012”. O padrão de exatidão cartográfica da imagem corresponde a 0,80m, sendo orientada a partir da projeção cartográfica (Regional Transverso de Mercator - RTM), como mostra a figura 7.

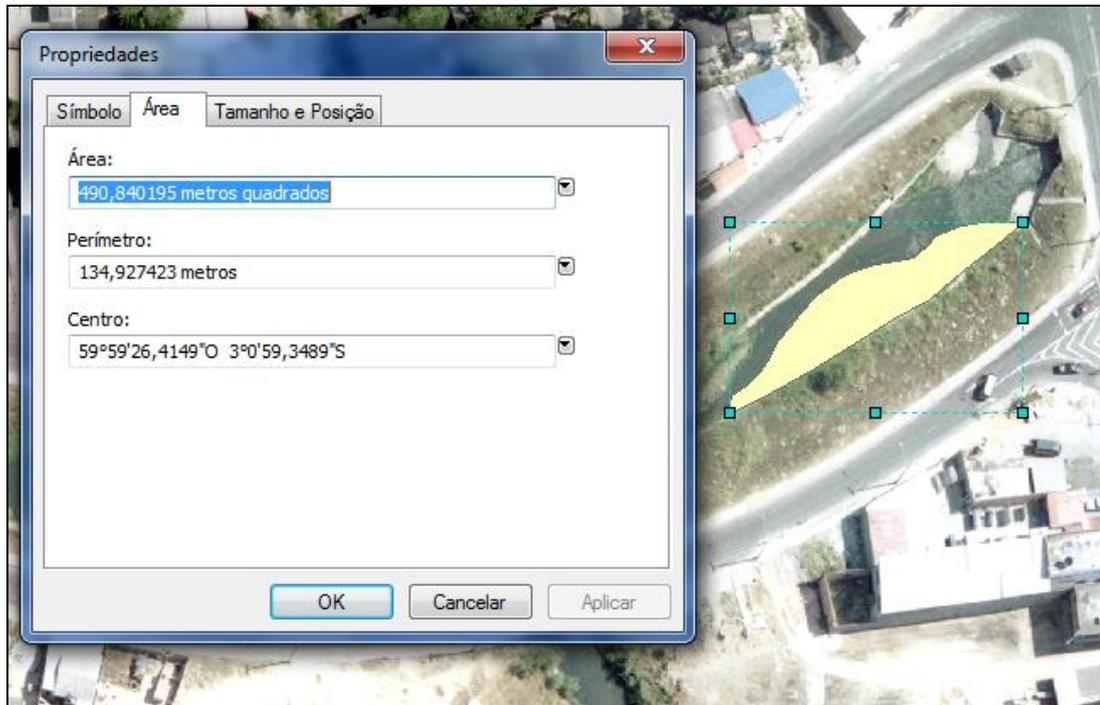


Figura 7: Método de aquisição das medidas linear das barras sedimentares tecnógenas.  
Fonte: Atividade de campo em maio de 2011 e janeiro 2014.

## 2.5. Coleta das amostras de material das barras

Para a identificação da composição das propriedades físicas do material constituinte das barras de sedimentos, foi utilizada uma caixa de madeira com as seguintes dimensões: 1.00m de comprimento por 1.00m de largura e 0.25m de altura, sem fundo conforme mostra a figura 8.

<sup>3</sup> Imagem aerofotogramétrica fornecida pelo setor de Geoprocessamento da Secretaria Municipal de Educação (SEMED) Manaus-AM.

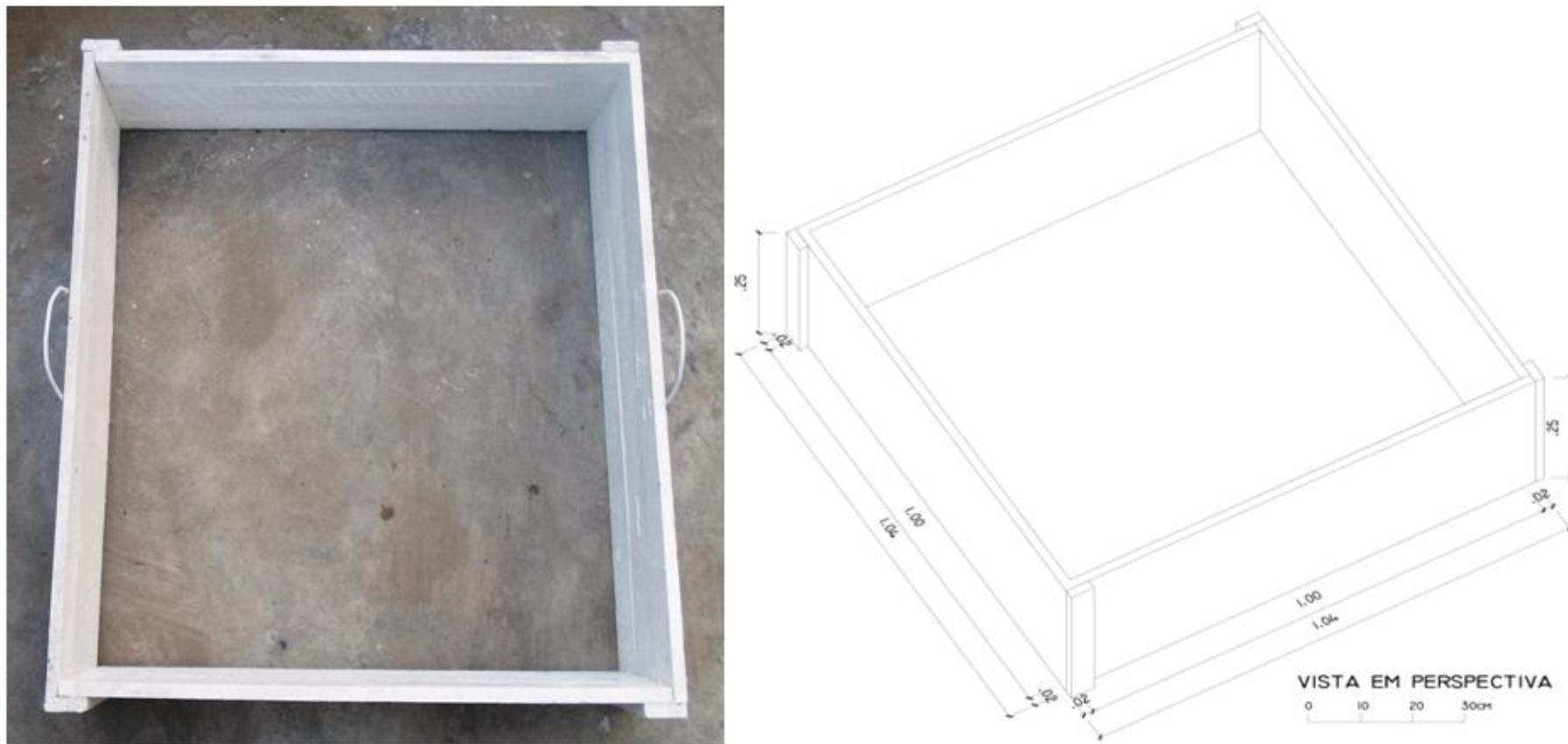


Figura 8: Gabarito de madeira para coleta de amostra de solo de origem tecnógena em áreas de deposi o fluvial nos sistemas de drenagem urbana. Elaborado pelo autor, conforme especifica o em anexo, baseado no método utilizado por, Scoriza *et al* (2012). Desenho produzido por Jair Paulo.

A caixa foi utilizada como gabarito e/ou instrumento, para garantir a retirada do solo correspondente à área de  $1\text{m}^2$  por  $0.25\text{m}$  de profundidade, compondo o volume de  $0.25\text{ m}^3$ . Neste caso, o gabarito de madeira, foi colocado sobre a superfície do solo e com o auxílio de uma pá de corte e uma espátula, foi coletado o material contido na área interna do gabarito até atingir  $25\text{ cm}$  de profundidade como mostra a figura 9.



Figura 9: Demonstração do uso do gabarito nas coletas de amostra de solo  
Fonte: atividade de campo realizada pelo autor em dezembro de 2013.

Todo solo correspondente à área do gabarito foi peneirado como mostra a figura 10 para que houvesse a separação entre os sedimentos naturais (areia, silte e argila) e os resíduos sólidos urbanos. De ambos os materiais foram extraídos o peso e o volume total e posteriormente retirado uma amostra de solo correspondente a  $1\text{ kg}$  para análise em laboratório. Quanto aos resíduos sólidos urbanos detectados nas amostras, os mesmos foram selecionados, armazenados em sacos plásticos e posteriormente submetidos à análise de composição gravimétrica, que consiste na separação dos resíduos por unidade e classe específica para obtenção do peso e da tipologia de cada material. Os dados do material obtidos após análise gravimétrica foram submetidos a tratamento em planilha do programa Excel, onde foram gerados os gráficos e tabelas utilizados na pesquisa.



Figura 10: Coleta de solo na microbacia do Passarinho: (A e B) Segregação e pesagem de solo e lixo  
 Fonte: atividade de campo realizada pelo autor em dezembro de 2013.

Obtidas as amostras dos tipos de material tanto natural como o artificial (lixo) que compõem as barras, a próxima etapa foi o peneiramento das amostras para a separação dos materiais. Deste modo foram pesados o total de resíduo sólido e o total de sedimentos, para posterior verificação.

### 2.5.1. Composição gravimétrica aplicada aos resíduos sólidos urbanos

A Composição Gravimétrica dos materiais encontrados nas amostras de solo selecionadas na microbacia do Passarinho foi realizada com base nos procedimentos desenvolvidos por (ANDRADE, 1989). De acordo com este autor a composição gravimétrica dos resíduos consiste na separação de cada tipo de elemento, onde posteriormente se define o peso, a percentagem e a classe dos mesmos. No caso específico desta pesquisa os ensaios foram realizados fazendo-se uso de balança com capacidade para 50 kg e um balde com capacidade para 10ℓ ou 0,008m<sup>3</sup>. Na primeira fase os resíduos foram divididos em sete frações onde cada fração correspondeu a um balde com resíduos até a borda. Nesta fase ainda foram obtidos o peso e volume de todo o material analisado.

Depois de obter o peso líquido e o volume total dos resíduos de cada amostra foi procedida separação manual dos componentes do lixo. Nesta fase os resíduos antropogênicos encontrados nas amostras de solo foram separados e pesados individualmente obtendo-se o peso e o percentual de cada um dos tipos de resíduos.

### 2.5.2. Procedimentos aplicados às amostras de solo em laboratório

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos – LATOSSOLO do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas, seguindo-se a metodologia da Dispersão Total – Método da Pipeta. Esse ensaio tem como referência o método adaptado da EMBRAPA (1997) descrito a seguir:

- Secar a amostra de solo ao ar livre;
- Destorroar a amostra;
- Passar a amostra na peneira de nº 2,0 mm,
- Passar a amostra da peneira para um recipiente plástico e nomeá-las.
- Pesar 20g de solo; passar para o Becker de 250 ml;
- Adicionar 100 ml de água e 10 ml de solução normal de hidróxido de sódio, ou 10 ml de hexameta fosfato de sódio, tamponado com carbonato de sódio;
- Agitar com bastão de vidro e deixar em repouso durante uma noite, cobrindo o copo com vidro de relógio;
- Transferir o conteúdo para copo metálico do agitador elétrico “stirrer” com o auxílio de um jato de água, deixando o volume em torno de 300 ml. Colocar o copo no agitador e proceder à agitação durante 15 minutos, conforme a figura 11.

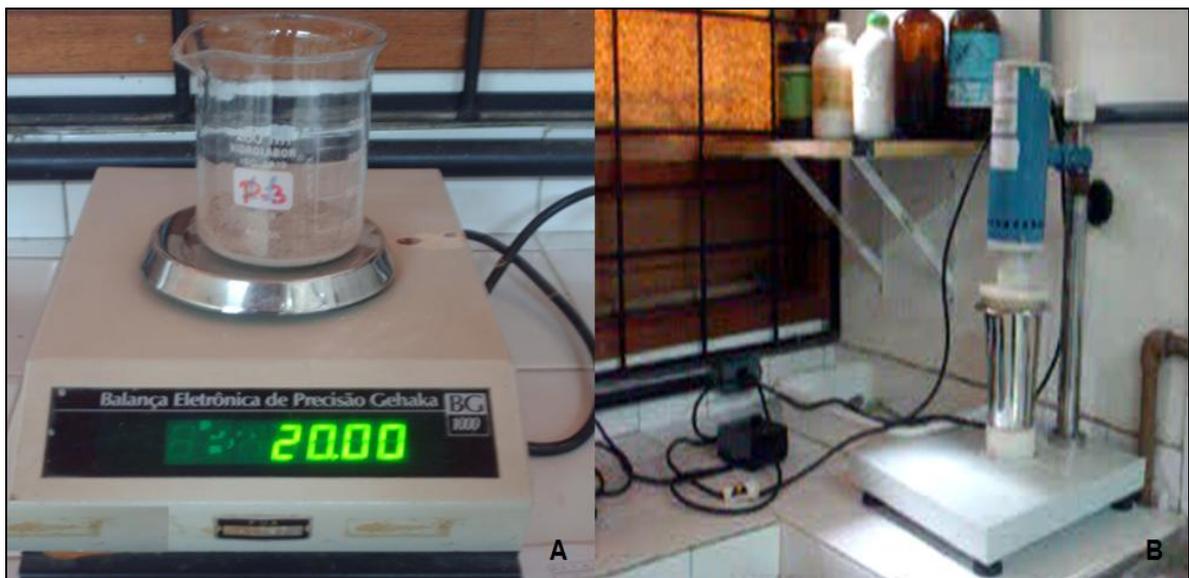


Figura 11: Análise de solo em laboratório: (A e B) Pesagem e agitação das amostra de solo. Fonte: Atividades realizadas em laboratório em março de 2014.

- Passar o conteúdo através de peneira de 0,062mm de malha, colocada sobre um funil apoiado em um suporte, tendo logo abaixo uma proveta de 1.000ml;

- Completar o volume do cilindro até o aferimento, com o auxílio de uma pisseta;
- Agitar a suspensão durante 20 segundos com um agitador de mão;
- Marcar o tempo após concluir a agitação;
- Medir a temperatura da amostra e verificar na tabela o tempo de sedimentação da fração argila para 5cm de profundidade;
- Calculado o tempo, introduzir uma pipeta de 20 ml apoiada em um suporte até a profundidade de 5cm, e coletar a suspensão;
- Transferir o conteúdo da pipeta para Becker de 40 ml numerado, de peso conhecido;
- Agitar a suspensão durante 20 segundos com um agitador de mão e marcar o tempo após concluir a agitação; conforme a figura 12;

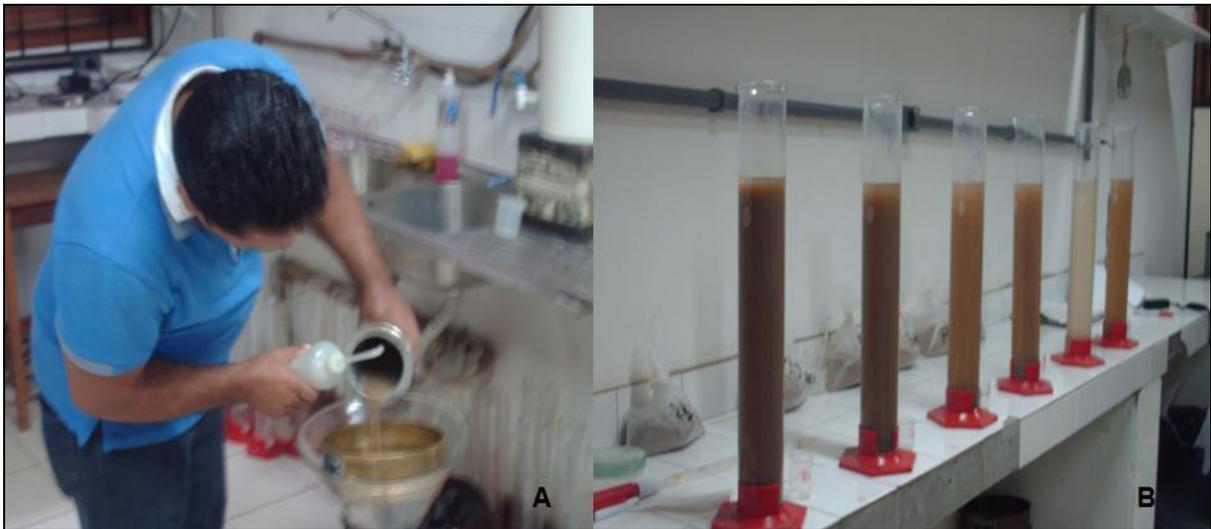


Figura 12: Preparação de amostras para secagem em estufa: (A) Transferência de material para cilindro de 1.000 ml; (B) Processos de sedimentação da fração de argila.

Fonte: Atividades realizadas pelo autor no Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos – (LATOSSOLO) em março de 2014.

- Medir a temperatura da amostra e verificar na tabela o tempo de sedimentação da fração argila para 5 cm de profundidade;
- Calculado o tempo, introduzir uma pipeta de 20 ml apoiada em um suporte até a profundidade de 5 cm, e coletar a suspensão;
- Transferir o conteúdo da pipeta para Becker de 40 ml numerado, de peso conhecido;
- Colocar o Becker na estufa deixar até evaporar completamente a suspensão;
- Retirar da estufa, colocar em dessecador, deixar esfriar e pesar;
- Transferir a fração areia para outro Becker numerado e de peso conhecido, eliminar o excesso de água e em seguida colocar na estufa;

- Após secagem, deixar esfriar e secar.

Estabelecidos tais procedimentos serão calculados os valores das frações de acordo com as seguintes expressões:

$$\text{Areia(g)} = [\text{Areia(g)} + \text{Bécker(g)}] - [\text{Bécker(g)}]$$

$$\text{Areia(\%)} = [\text{Areia(g)} \times 100] / 20$$

$$\text{Argila(g em 5ml)} = [\text{Argila(g)} + \text{Bécker(g)}] - [\text{Bécker(g)}]$$

$$\text{Argila(g total)} = [\text{Argila(g em 5ml)} \times 1000] / 20$$

$$\text{Argila(\%)} = [\text{Argila(g total)} \times 100] / 20$$

$$\text{Silte(\%)} = 100 - \text{Argila(\%)} - \text{Areia(\%)}$$

Estes procedimentos técnicos auxiliam na identificação dos percentuais representativos das frações dos materiais presentes nas barras de sedimentos na microbacia do passarinho. As classes granulométricas das areias foram obtidas a partir peneiramentos e separação das amostras de solo fazendo-se uso de peneiras granustest como mostra a figura 13.



Figura 13: Ensaios com amostras de solo para definição das classes granulométricas.  
Fonte: Atividades realizadas em laboratório em março de 2014.

## **CAPÍTULO III - BACIA HIDROGRÁFICA E OS PADRÕES DE DRENAGEM**

### **3.1. Bacia hidrográfica: Considerações Teórico-conceituais**

Define-se por bacia hidrográfica a área territorial composta por um sistema fluvial hierarquizado, o qual é formado por um canal principal, e seus afluentes. Assim a quantidade de água que atinge os cursos fluviais depende do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e do seu regime, e das perdas devidas a evapotranspiração e infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Suguio e Bigarella (1990); Cunha (2009) o termo bacia hidrográfica ou de drenagem constitui um sistema fluvial definido pela área abrangida por um rio principal e seus afluentes. Segundo estes autores, a delimitação e geometria da rede de drenagem resultam da inter-relação dos fatores topográficos, índice pluviométrico, cobertura vegetal, tipo de solo, litológica e estrutura geológica.

Nesta mesma linha de abordagem Botelho e Silva (1999) descrevem a bacia hidrográfica como sendo uma área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, de forma que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída (exutório) sendo limitada pelos divisores de água.

Assim, percebe-se que vários são os conceitos atribuídos ao conjunto de rios: Bacia hidrográfica, sub-bacia ou microbacia, uma vez que estas definições irão depender principalmente da sua extensão natural, territorial e dos limites administrativos dos municípios e estados onde as bacias estão inseridas.

No caso das microbacias trata-se de um termo que segundo Botelho e Silva (2012), surge entre as décadas de 80 e 90 com a função de viabilizar o gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos em escala local. A partir deste momento as microbacias assumiram um importante papel no que se diz respeito aos estudos relacionados à análise e planejamento ambiental do espaço urbano.

### **3.2. A bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental**

As bacias hidrográficas constituem sistemas abertos onde à interação entre os elementos (solo, água, ar e vegetação) resulta em constantes ganhos e perdas de matéria e energia. Além destes elementos existem outros componentes que atuam na dinâmica fluvial

das bacias, dentre os quais se destacam os topos, as encostas, os canais de drenagens e as águas subterrâneas.

Desse modo, qualquer interferência significativa em um desses componentes, poderá desencadear alterações com efeitos negativos a jusante e nos fluxos de saídas (descarga, cargas sólidas e dissolvidas) assim como na deposição de sedimentos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Meneguzzo (2006), a bacia hidrográfica, independente do nível hierárquico, constitui uma célula básica de análise ambiental, onde é permitido conhecer e avaliar os componentes tanto de ordem natural como social, processos e interações que nela ocorrem.

A bacia hidrográfica, segundo Mendonça (2012), é uma unidade fundamental da paisagem, onde os elementos físicos e sociais se interagem para organizar o espaço geográfico. Estas características são bastante evidentes, pois é na bacia hidrográfica que se manifesta o arranjo combinado de fatores ambientais, com uma dinâmica que resulta, principalmente, dos processos conduzidos pela água. Como as bacias hidrográficas se constituem por uma extensão variável do território, verifica-se que as atividades econômicas, industriais ou urbanas, estão sempre afetando o meio ambiente, seja de forma direta ou indireta.

Avaliando a questão do gerenciamento ambiental de bacias no Brasil, percebe-se que o poder público vem assumindo uma postura que visa o controle e a melhoria das reservas de recursos hídricos, e um dos esforços para reduzir a contínua degradação desses recursos está na instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH a partir da aprovação da lei 9.433 de 8 de Janeiro de 2007. Esta lei definiu novos parâmetros para a gestão da água que deve ser realizada a partir da bacia hidrográfica, tendo como principal mecanismo a criação dos Comitês que são responsáveis pelo gerenciamento de programas socioambientais específicos e em acordo a realidade de cada bacia. Além do que, a referida lei estabelece a cobrança pelo uso da água captada por empresas ou indústrias como forma de gerar recursos para a manutenção e recuperação ambiental no interior da bacia.

Com ênfase a esta questão, vale ressaltar que em 2006, o Governo do Estado do Amazonas criou o Comitê da Bacia do Rio Tarumã-Açu, cuja principal finalidade é garantir a qualidade da água em uma das áreas de Manaus, onde o crescimento urbano tem se intensificado nos últimos anos.

Levando em conta, os aspectos que envolvem os problemas ambientais visualizados nos sistemas de drenagem, Fortes (2009) destaca que nas bacias hidrográficas os processos hidrológicos são semelhantes aos desenvolvidos no âmbito natural, diferem-se no

funcionamento e evolução. Nas cidades, aumentam as construções sobre as superfícies impermeáveis (pavimentação asfáltica e concreto), o relevo é modificado pelos elementos urbanos (relevo tecnogênico) e altera-se a velocidade do escoamento superficial, o que torna rápido o fluxo da água que chega aos bueiros durante elevadas precipitações, transbordam e alagam as cotas mais baixas do entorno dos igarapés. Como a cidade de Manaus dispõe de uma precária e reduzida rede de esgoto, quase todo o detrito gerado pela população acaba sendo despejado, sem tratamento, nos igarapés (FORTES, 2009).

Neste contexto, é percebido que a realidade ambiental de Manaus reflete, sobretudo, a forma de relacionamento da comunidade com os igarapés, não considerando como prioridade a preservação dos recursos hídricos. Assim, nota-se a necessidade de uma ação mais efetiva por parte do poder público, no sentido de sensibilizar a sociedade quanto à importância destes recursos que nos últimos anos vem adquirindo valor econômico. Dessa forma, a análise aqui proposta, compreende o conceito de bacia hidrografia em suas múltiplas definições.

### **3.2.1. Rios e os conceitos relacionados**

As correntes fluviais representam possivelmente um dos mais importantes agentes geológicos, que desempenham papel de grande relevância não só na escultura do modelado da superfície terrestre, como também no condicionamento ambiental da própria vida do homem. As civilizações antigas, por exemplo, floresceram as margens dos grandes rios e ainda hoje grandes cidades situam-se e desenvolvem-se ao longo dos rios principais que influem de maneira diferenciada nos continentes (CUNHA, 2009).

De acordo com Suguio e Bigarella (1990) o relacionamento dos rios com a vida cotidiana do ser humano fez com que os cientistas se interessassem pelo seu estudo desde a mais remota antiguidade e assim surgiram às primeiras teorias sobre a origem dos vales fluviais. Neste contexto, do ponto de vista da geologia a palavra rio é empregada geralmente para referir-se ao tronco principal de um sistema de drenagem, ou seja, em outras palavras o rio constitui um corpo de água corrente confinada num canal.

### **3.2.2. O ciclo hidrológico e os ambientes fluviais**

O ciclo hidrológico refere-se à troca contínua de água na hidrosfera e na atmosfera, a água do solo, superficiais, subterrâneas e das plantas (TUCCI, 2003). Trata-se de um dos

processos mais importante que atuam no sistema de drenagem, pois grande parte dos rios são abastecidos por meio destes processos.

Neste sentido a água evaporada das massas superficiais (rios, lagos e oceanos) e do solo eleva-se na atmosfera e formam nuvens que se condensam e retorna a superfície da terra sob forma de chuva, neve granizo ou orvalho. Assim, a água contida nas nuvens representa energia potencial quando cai realizam trabalho. As águas precipitadas são distribuídas pela superfície terrestre de várias maneiras.

- Algumas fluem superficialmente indo até aos córregos e riachos;
- Outras se infiltram e deslocam-se através do solo indo até os rios ou emergindo com fontes;
- Algumas são armazenadas no subsolo como água subterrânea e outras permanecem advindas como umidade do solo;
- Parte das chuvas caídas sobre o terreno e sobre a vegetação evapora-se, retornando a atmosfera;
- Parte é absorvida pelas raízes das plantas e transpirada pelas folhas, voltando igualmente a atmosfera.
- Pequena parte reage quimicamente no subsolo, participando da constituição dos minerais alterados;
- Através dos rios, parte da água atinge o mar, onde é novamente evaporada. As relações entre as várias formas do comportamento das águas constitui um sistema fechado designado ciclo hidrológico.
- A infiltração ocorre até o ponto em que o suprimento de água exceda a capacidade do solo em absorvê-la. A capacidade de infiltração constitui o equilíbrio entre suprimento e ordem de infiltração. Quando a capacidade de infiltração é superada inicia-se o escoamento superficial até alcançar o canal do rio ou sistema de drenagem.

### **3.2.3. O transbordamento dos rios e o processo de sedimentação**

O transbordamento dos rios constitui outro processo sedimentar, especialmente importante em sistemas fluviais, cuja relação entre carga em suspensão e carga de leito é moderada ou elevada. No entanto, enquanto que a migração lateral dos canais e o desenvolvimento de meandros são processos de sedimentação por acreção lateral, o transbordamento acarreta uma acumulação por acreção vertical.

A deposição ocorre, evidentemente, durante períodos de cheias e inundações; ao transbordar, as águas têm a sua velocidade bruscamente diminuída, provocando a deposição da fração grosseira de sua carga suspensa imediatamente às margens do canal constituindo os depósitos de diques naturais. A fração mais fina constituindo a carga em suspensão é espalhada pela planície de inundação, originando os depósitos de planície de inundação.

Neste contexto os processos sedimentares que atuam dentro e fora de um canal fluvial são fundamentais, tanto na caracterização das fácies fluviais, bem como dos tipos básicos de sistemas deposicionais fluviais. Portanto, da compreensão dos processos sedimentares, depende o reconhecimento das fácies específicas e em consequência, do tipo particular de canal ou de qualquer outra feição pertinente (SUGUIO E BIGARELLA, 1990).

#### **3.2.4. A planície de inundação e as barras sedimentares**

Na planície de inundação, por exemplo, encontram-se barras de meandros e de canais, ilhas aluviais. Cortes e enchimentos de canais, diques marginais, espargimento de crevassa e bacias de inundações. Dependendo do processo de formação e a natureza dos depósitos existe dois tipos fundamentais de forma de acreção que podem ser descritas da seguinte forma: acreção lateral ou vertical. Dos processos de acreção lateral da carga do leito resultam as barras de meandro, as barras de canais e as ilhas aluviais. A acreção vertical se faz à custa da carga suspensa durante as cheias, quando as águas transpõem os diques marginais. A acreção vertical é responsável pela formação dos depósitos dos diques marginais, as crevassas e das bacias de inundação, Suguio e Bigarella (1990). Assim, o enchimento dos canais resulta, em geral, de processos mistos de acreção vertical onde os depósitos consistem basicamente de sedimentos da carga de leito ou da carga em suspensão.

No entanto, considerando o contexto atual dos canais urbanos, como é o caso da microbacia do Passarinho, percebe-se que tanto o processo de acreção lateral como mostra a figura 14. Quanto à acreção vertical resultam não somente das cargas de sedimentos naturais, mas incluem-se a estes processos os materiais constituídos por resíduos sólidos urbanos provenientes das atividades humanas, descartados direta ou indiretamente nos canais de drenagens.

Neste sentido, os processos que envolvem a dinâmica natural de um rio ou de um sistema de drenagem em área urbana, também podem ser compreendidos a partir das ações humanas: obras de engenharia (canalização, retificação) e descarte de lixo que ocorrem nestes ambientes.



Figura 14: Acreção lateral identificada na microbacia do Passarinho.  
 Fonte: Atividades de campo realizado em janeiro de 2014.

Assim, na medida em que o padrão de drenagem de um rio é modificado, as alterações passam de imediato a potencializar inúmeros processos que ocorrem no seu leito, desde assoreamento, obstrução do canal, destacando-se inclusive a formação de barras laterais, verticais e os diques que compõem a paisagem dos sistemas de drenagem das bacias urbanas.

Neste contexto as barras laterais se caracterizam por feições geomorfológicas que resultam de vários processos que ocorrem nos canais de drenagem; dentre os quais se destacam a erosão, o transporte e a deposição da carga sedimentar. São encontradas normalmente em canais de sinuosidades e correspondem as barras de meandro cuja geometria é tridimensional (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

### 3.3. Drenagem fluvial e os padrões de drenagem

De acordo com Suguio e Bigarella (1990), a drenagem fluvial corresponde a um conjunto de canais interligados que forma a bacia de drenagem. Segundo estes autores, a bacia de drenagem representa a área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial composto por um curso principal e seus tributários.

Para Christofolletti (1980), os estudos relacionados às drenagens fluviais possuem grande relevância, no que diz respeito à geomorfologia e podem levar a compreensão e

elucidação de inúmeras questões que envolvem a análise geomorfológica, pois a dinâmica dos cursos de água constitui processos morfogenéticos ativos que contribuem na esculturação da paisagem terrestre.

Com relação a este aspecto Suguio e Bigarella (1990), assinalam que a drenagem fluvial ou bacia de drenagem exhibe várias peculiaridades conhecidas como padrões de drenagens. Estes dizem respeito à situação espacial dos rios, a qual é em grande parte controlada pela estrutura geológica do terreno. Para estes autores, os diferentes padrões de drenagem determinam vários esquemas de classificação e podem basear-se na gênese, na geometria ou no padrão de escoamento do sistema fluvial.

Quanto à gênese, os rios podem ser antecedentes, quando entalham o seu curso de forma rápida antecipando-se a levantamentos tectônicos do relevo; consequentes, quando o curso é determinado pela declividade do terreno; superimposto quando produz sua incisão após o dobramento regional; subsequente quando o sentido do fluxo é controlado pela estrutura rochosa, acompanhando as linhas de fraqueza tais como falhas, diaclasamento, rochas menos resistentes; obsequentes, quando correm no sentido inverso ao mergulho das camadas geológicas; ressequentes são aqueles que fluem no mesmo rumo dos rios consequentes e insequentes são aqueles que não apresentam qualquer controle geológico visível na disposição espacial da drenagem, (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

Com relação aos padrões geométricos dos rios, Cunha (2009) menciona que uma bacia hidrográfica pode englobar diferentes padrões e uma variedade de subtipos. A autora ressalta ainda que, como a padronagem geométrica relaciona-se com o ambiente geológico e climatológico local, é possível através do estudo desses padrões, interpretar a natureza dos terrenos, a disposição das camadas e das linhas de falhamento, os processos fluviais e climáticos predominantes.

Sob este enfoque, os rios podem apresentar os seguintes padrões de drenagem: (a) drenagem dendrítica (b) drenagem em treliça (c) drenagem retangular - (d) drenagem paralela (e) drenagem radial. As formas de drenagem podem se desenvolver sobre os mais variados embasamentos e estruturas. Neste processo, duas configurações surgem como importantes: (01) centrífuga, quando as correntes são do tipo consequente e divergem a partir de um ponto ou área que se encontra em posição elevada, como as desenvolvidas em domos, cones vulcânicos, morros isolados, (02) centrípeta, quando os rios convergem para um ponto ou área central, localizada em posição mais baixa, desenvolvidas em crateras vulcânicas e depressões topográficas; f) drenagem anelar assemelha-se a anéis, são típicas das áreas dômicas profundamente entalhadas, em estruturas com camadas duras e frágeis; g) drenagens

desarranjadas ou irregulares: são aquelas que foram desorganizadas por um bloqueio ou erosão, como a da glaciação sobre amplas áreas, ou resultam do levantamento ou entulhamento de áreas recentes (CUNHA, 2009). A figura 15 a seguir, mostra a disposição espacial dos principais tipos de padrões de drenagem.

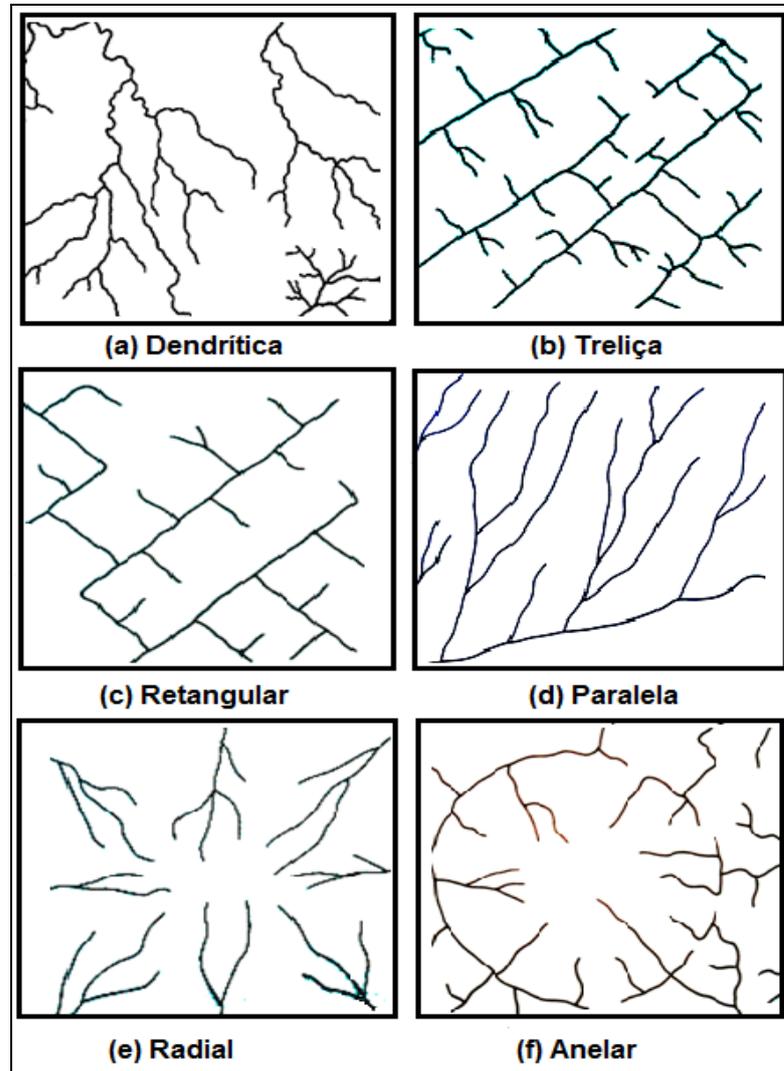


Figura 15: Principais tipos de padrões de drenagem  
Fonte: Christofolletti (1980)

### 3.3.1 Os padrões de drenagem dos rios na região do município de Manaus

No que se refere ao sistema de drenagem que ocorre na região de Manaus, mais especificamente relacionados à bacia do Rio Negro, estudos realizados por Franzinelli e Igreja, (2002), Latrubresse e Franzinelli (2005) revelam que o baixo curso do rio Negro bem como alguns afluentes do seu último trecho encontram-se em uma área de lineamento

estrutural. Estes autores são unânimes em afirmar que durante o seu trajeto, o curso principal do rio Negro é determinado por falhas de origem tectônicas.

Deste modo, a título de referência, Silva (2005) destaca que o Rio Negro corre em uma zona de falha normal, que se estende por cerca de 70 km em linha reta, e controla ambas as margens. De acordo com esse autor, o “arquipélago das Anavilhanas” e os depósitos Cacao-Pirêra, próximo a Manaus são resultantes da inter-relação entre processos de sedimentação e fenômenos tectônicos. Os fatores aqui destacados são processos que podem contribuir para compreensão mais detalhada acerca dos padrões de drenagem nos rios da região, tendo como exemplo o rio Negro em Manaus e o rio Urubu no município de Presidente Figueiredo, ambos são influenciados pela tectônica regional, Figura 16, conforme Sternberg (1950).

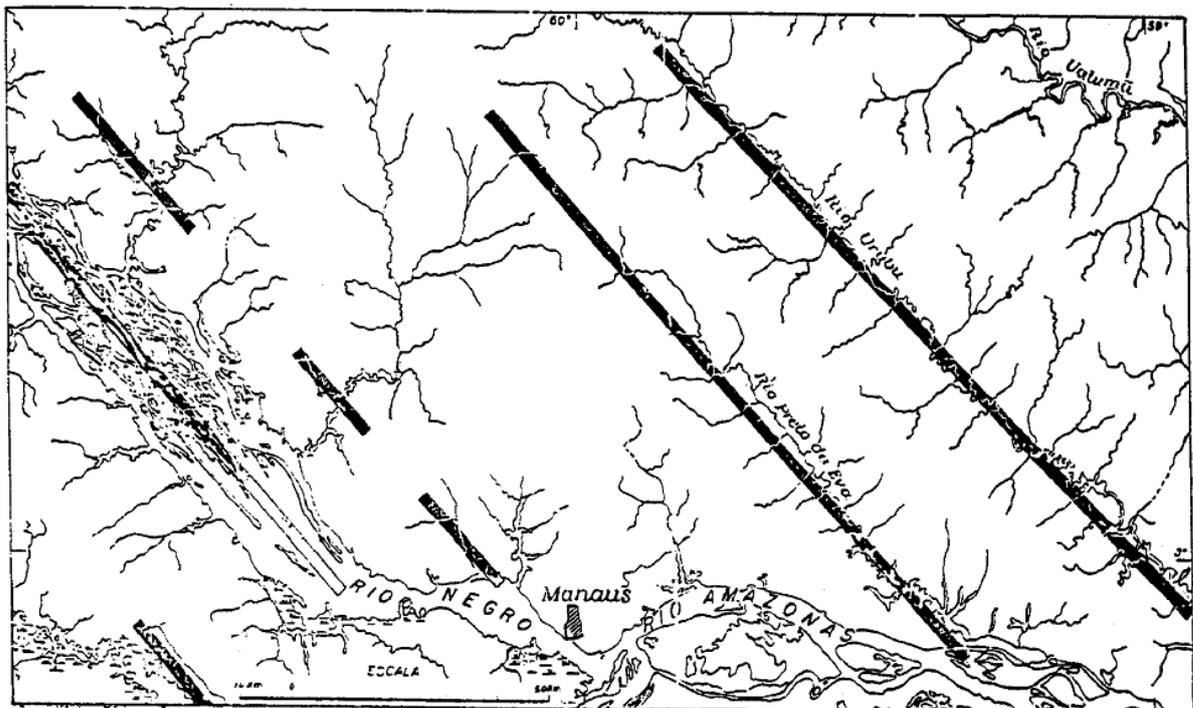


Figura 16: Lineamentos estruturais que mostra o controle dos principais rios da região por falhas geológicas. Notar a zona de falha que controla a margem oeste da cidade de Manaus.

Fonte: Sternberg (1950)

Deste modo, percebe-se que o alinhamento dos rios e todos os aspectos de drenagem em Manaus se configuram como resultantes de um controle neotectônico (LIMA, 1999). O modelo neotectônico do Baixo Rio Negro no qual Manaus está inserida é composto por dois conjuntos principais de falhas em direções NO-SE e NE-SO. O cruzamento dessas falhas formam blocos losangulares cujas diagonais maiores apresentam direção geral E-O (IGREJA, 2000). Os fenômenos (tectônicos), no entanto não eliminam a contribuição dos demais fatores

descritos na geomorfologia clássica, pois na verdade o entendimento sobre a ótica desta discussão é de que os mesmos são processos que complementam a definição dos padrões de drenagem dos rios desta região.

### 3.3.2. Os padrões de canais e a configuração do leito dos rios

A geometria de um sistema fluvial reflete um estado quase de equilíbrio entre diversos fatores interrelacionados. Alguns desses fatores como descarga, carga sedimentar e diâmetro dos sedimentos transportados, atuam independentemente dentro do canal, pois são controlados por elementos externos, tais como, litológico e estrutura do substrato do relevo e clima, Suguio e Bigarella (1990).

A declividade do canal, por sua vez, é um fator dependente, comumente ajustado aos processos atuantes dentro do canal. Outros fatores básicos dependentes incluem a largura e profundidade do canal, velocidade de fluxo e rugosidade do leito. As interrelações entre esses vários fatores, compõem a geometria hidráulica do canal. Para estes autores a configuração de um rio, dentro de uma visão ampla, é denominada como padrão de um canal fluvial e pode ser descrita como: retilínea, anastomosada ou meandrante, sendo que todas as três podem ocorrer associadas em uma bacia de drenagem.

Neste sentido, os rios podem adquirir várias formas como resultado de ajustamento do canal à seção transversal, sendo aparentemente controladas pela carga sedimentar transportada e pelas suas características. Deste modo os canais retilíneos são relativamente pouco frequentes quando comparados aos outros padrões. Possuem sinuosidade desprezível em relação a sua largura. No entanto, seu talvegue é geralmente sinuoso devido ao desenvolvimento de barras laterais dispostas alternadamente em cada margem do canal como mostra a figura 17.

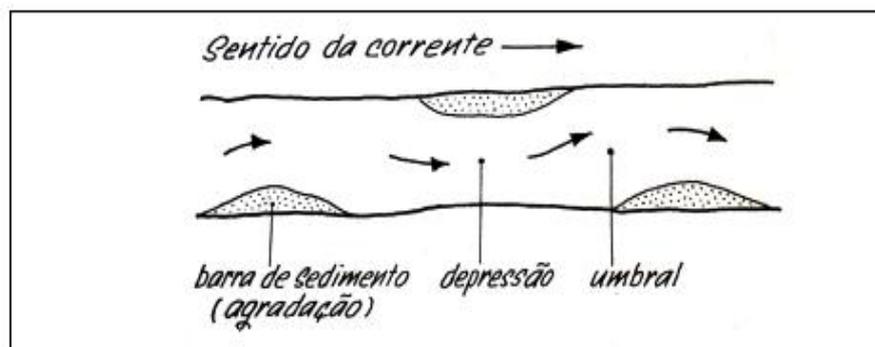


Figura 17: Padrão de canal retilíneo destacando a posição das barras e os locais de agradiação. Fonte: Suguio e Bigarella (1990).

Normalmente o modelo deposicional dos canais meandrantos caracterizados por baixo volume de cargas de fundo, alto volume de carga suspensa e declividade acentuadamente baixa. A erosão ocorre ao longo das margens mais profundas e a deposição nas barras de sedimentos.

Conforme Suguio e Bigarella (1990), os canais anastomosados figura 18 caracterizam-se por sucessivas ramificações e posteriores reencontros de seus cursos, separando ilhas assimétricas de barras arenosas que dividem o canal fluvial em múltiplos canais durante períodos de secas e podem ficar submersas em períodos de enchentes.

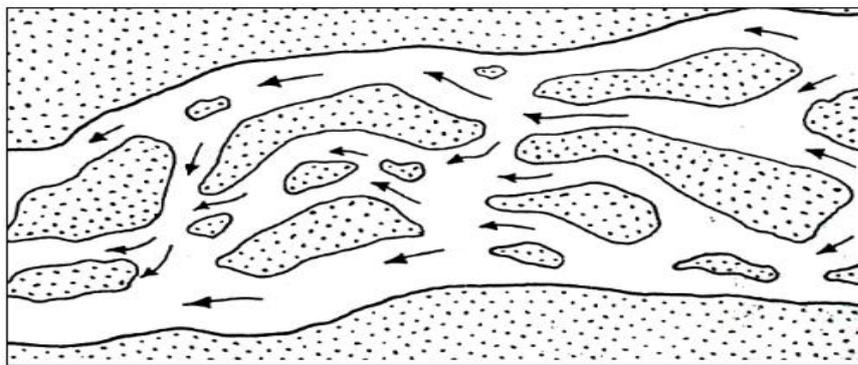


Figura 18: Representação de um canal anastomosado com barras e ilhas  
Fonte: Suguio e Bigarella (1990).

Os autores ainda destacam que uma vez formadas as barras arenosas, estas podem ser estabilizadas pela deposição de sedimentos mais finos em fase subsequente a um período de enchente. Em etapa posterior pode se estabelecer uma cobertura vegetal que, além de dificultar a erosão favorece a deposição de mais sedimentos finos. O padrão meandrante figura 19 é característico de rios com gradiente moderadamente baixo. Nestes rios a carga em suspensão e de fundo encontra-se em quantidades mais ou menos equivalentes.

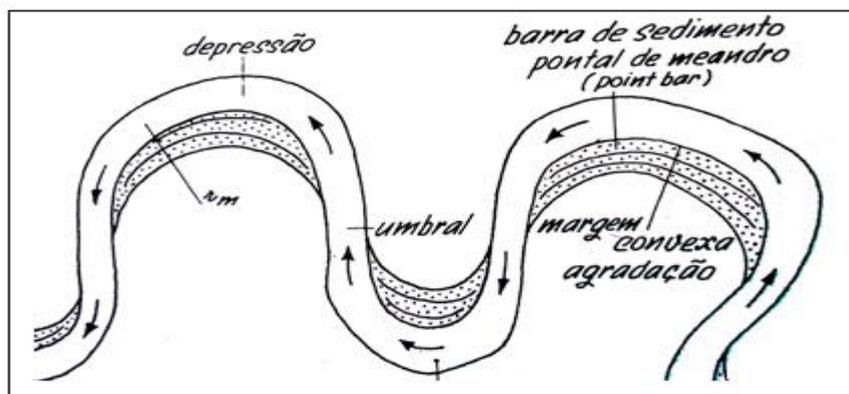


Figura 19: Representação espacial de um padrão de canal meandrante  
Fonte: Suguio e Bigarella (1990).

Deste modo os rios de canais meandrantos são caracterizados por fluxo contínuo e regular. No geral possuem um único canal que transborda as suas águas no período de chuvas. Face ao exposto vale ressaltar que todas estas classificações são fundamentadas nos critérios definidos por Suguio e Bigarella (1990).

### **3.4. Impacto dos resíduos sólidos em sistema de drenagem urbana**

O lixo é um termo que a sociedade, de modo geral, costuma atribuir a tudo aquilo que resulta em resíduos das atividades humanas e que por algum motivo se tornou obsoleto, sem utilidade, imprestável e que necessita ser descartado. Neste sentido, o lixo é considerado pelos seus geradores como algo inútil, indesejável ou descartável e pode, por exemplo, ser classificado com base nos seguintes critérios: quanto à origem, a composição química, a presença de umidade e a toxicidade (MANO, 2010).

Nos dicionários, a palavra lixo é definida como sujeira, imundície, coisa ou coisas inúteis, velhas, sem valor; ou aquilo que ninguém quer, ou que não tem valor comercial, coisa imprestável, material produzido pelo homem que perde a utilidade e é descartado (SANTOS *et al.*, 2002).

Para Sewell (1978) os resíduos sólidos são materiais indesejados pelo homem que não podem fluir diretamente para os rios ou se elevar imediatamente para o ar. São resíduos não líquidos, não gasosos, derivados da manufatura, construção civil, preparo de alimentos, recreação, agricultura e outras atividades que usam materiais e então deles se descartam. Ainda de acordo com este autor os resíduos sólidos proveniente de indivíduos, municípios e indústrias representam um problema visível e durável sobre a paisagem.

Diante do exposto, percebe-se que a palavra lixo sempre está associada a algo que perdeu o seu valor e não fará falta pra ninguém. Entretanto, Santos *et al.* (2002) destaca a necessidade de se rever este conceito, pois em todo caso vale considerar que aquilo que foi descartado por um indivíduo pode perfeitamente ter utilidade ou valor comercial para outro. As autoras sugerem outra definição, que *a priori*, seria mais adequada para a realidade atual, tendo em vista, a potencialidade dos resíduos em serem aproveitados como fonte de matéria-prima para outras atividades, as quais atribuem a determinados tipos de resíduos um valor comercial permitindo, desse modo, um ciclo de vida útil elevado, tornando sustentável determinados meios de produção. Assim sendo, o conceito mais adequado para o lixo seria: aquilo que por algum motivo se tornou obsoleto e foi descartado e que após o emprego de determinados processos, ou não, pode ser útil para o homem, (SANTOS *et al.*, 2002).

Para Günther e Ribeiro (2003), o aumento da geração de resíduos sólidos tem como principais causas o crescimento da população urbana e o aumento no poder aquisitivo da população, que de posse de melhor renda passa a dispor de um padrão de consumo diversificado de bens e serviços, incorporando em seus hábitos e estilos de vida o uso de materiais descartáveis. Estes autores mencionam ainda, que dependendo de sua disposição, os resíduos podem comprometer a saúde do ambiente e da população como um todo em virtude dos vários impactos causados.

Levando em consideração este aspecto, Neves e Tucci (2008) destacam a importância da quantificação dos resíduos sólidos para uma adequada gestão das fontes e redução dos resíduos sobre o sistema hídrico e também sobre o solo. Estes autores expressam ainda que os principais efeitos dos resíduos sobre o sistema fluvial são: (a) obstrução da rede de drenagem e aumento da frequência de inundações; (b) degradação ambiental dos sistemas hídricos por resíduos que apresentam alto tempo de vida no ambiente.

De acordo com dados fornecidos pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, em 2010 foram gerados no Brasil cerca de 60,8 milhões de toneladas de lixo. Dessas, 6,5 milhões não foram coletadas e acabaram descartadas em rios, córregos e terrenos baldios.

Sobre este assunto Neves e Tucci (2003) destacam a problemática dos resíduos sólidos depositados inadequadamente na superfície, pois este tipo de resíduo atinge as redes de drenagem urbana e se constitui, principalmente, de materiais manufaturados, como garrafas, latas, envelopes de papel e de plástico, jornais, sacolas de compras, embalagens de cigarro, também de partes de carros, restos de construção e colchões velhos. Estes resíduos são na maioria das vezes compostos por materiais considerados não degradável e dificilmente degradáveis e contribuem para o assoreamento e obstrução dos canais de drenagem urbana, (SOUZA e ALBUQUERQUE, 2013). Com relação a este aspecto Tucci (2002) ressalta as consequências ambientais resultantes do aumento de sedimentos e materiais sólidos, tais como: assoreamento das seções canalizadas da rede, a redução da capacidade de escoamento dos rios e lagos urbano e, por outro lado, a poluição das águas pluviais pelo transporte de poluente agregado nesse material.

### **3.5. A formação de barras sedimentares no contexto das bacias hidrográficas urbanas.**

A problemática ambiental urbana tem sido alvo de muitas discussões tanto no campo político quanto acadêmico. Do ponto de vista político discute-se a necessidade de organizar o

espaço urbano, principalmente levando em consideração os planos diretores, a legislação ambiental e os interesses sociais e econômicos vigentes. No campo da ciência, os problemas ambientais tais como desmatamento, erosão do solo, deslizamento de terra, assoreamento dos rios e as frequentes inundações são assuntos que têm despertado o interesse de pesquisadores de diversas áreas do conhecimento tais como Engenharia Ambiental, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Climatologia, Geografia dentre outras. Assim, um dos aspectos que norteiam os estudos voltados para a compreensão dos problemas ambientais urbanos, diz respeito à dinâmica da formação dos solos e do relevo que em condições naturais resulta da interação de vários processos, dentre os quais se destacam os hidrológicos, geomorfológicos e pedológicos conforme mencionam (GUERRA e MEDONÇA. 2012), na citação a seguir:

“A erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, como a quantidade e distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento e a forma da encosta, as propriedades químicas e físicas dos solos, o tipo de cobertura vegetal, e também à ação do homem, como o uso e manejo da terra que, na maioria das vezes, tende a acelerar os processos erosivos.” (GUERRA e MEDONÇA, 2012, p. 225).

Neste contexto, percebe-se que os principais agentes formadores do relevo estão associados a processos naturais. Conforme destacam os autores, a ação humana também constitui um dos processos que têm contribuído para acelerar as taxas pelas quais os sedimentos são removidos das encostas, se depositando nas áreas mais deprimidas como, rios, lagos, baías e reservatórios, ocasionando o assoreamento e a poluição destes ambientes. Sobretudo, é importante reconhecer o papel fundamental da erosão dos solos enquanto agente modelador do relevo, com destaque para os processos erosivos que ocorrem nas encostas e no âmbito das bacias hidrográficas, pois estes se configuram, em grande parte, por impactos que resultam da interferência humana sobre os elementos naturais que compreendem as paisagens do ambiente urbano (GUERRA E MENDONÇA, 2012).

Sob esta linha de abordagem torna-se evidente, que o reconhecimento das características geomorfológicas de uma determinada área ou ambiente, é essencial para a compreensão sobre as mudanças de composição dos materiais constituintes dos perfis de solos ou dos próprios perfis do relevo. O reconhecimento da qualidade dos materiais que constituem o relevo e o solo em uma determinada paisagem pode interferir na forma de condução hídrica dos fluxos internos e externos ao longo tempo (GUERRA e MENDONÇA, 2012). Assim, entende-se que a erosão dos solos pode ser monitorada, analisada e

compreendida levando em consideração as mais variadas escalas, sendo uma delas a bacia hidrográfica.

No que se refere à drenagem urbana, a bacia hidrográfica se apresenta como um sistema aberto, em termos de *inputs* de energia proveniente das chuvas, e dos *outputs* relacionados à água e sedimentos resultantes da erosão fluvial e das encostas existentes no âmbito das bacias. O acirramento de tais processos contribui diretamente para a degradação da terra e dos recursos hídricos causando sérios prejuízos ao meio ambiente e a sociedade, tanto no local onde ocorrem quanto em áreas mais afastadas (GUERRA e MEDONÇA, 2012).

Com relação à cidade de Manaus, grande parte dos problemas ambientais estão associados ao sistema de drenagem uma vez que o espaço urbano da cidade é resultado de um processo de construção histórica que desconsiderou e desvalorizou o patrimônio natural, especialmente os igarapés enquanto “espaço de beleza natural e fonte de viver da população” (VALLE e OLIVEIRA, 2003).

Referindo-se ao tema em questão, Costa Junior e Nogueira (2011) assinalam que as transformações espaciais nos Igarapés de Manaus, incluíram processos de aterro e compactação das margens dos rios, estabelecendo assim um conjunto de modificações no canal original para se adequar às vias públicas. Antes das intervenções, o eixo dos igarapés era sinuoso, após a retificação, a velocidade da água nestes canais passou a atingir força suficiente, para transportar os sedimentos proporcionando a formação de novas barras fluviais.

Deste modo percebe-se que o estudo das áreas de igarapés e da reconfiguração dos canais urbanos possibilita a compreensão de inúmeros problemas que se manifestam a partir da atuação humana nestes locais; mais do que isso, ajuda a compreender o papel atribuído à rede hidrográfica inserida no contexto urbano.

### **3.6. Depósitos tecnogênicos: conceitos e definições**

Os Depósitos Tecnogênicos são, de maneira geral, originados das atividades humanas num determinado espaço, que alteram os aspectos da natureza local, como o relevo e os materiais presentes no solo. Entre as principais características dos depósitos tecnogênicos estão à presença de artefatos humanos nas camadas internas do solo, observadas através da coleta de testemunhos, descrições da paisagem e análises em laboratórios. São marcados por sua grande variedade, feições diferenciadas, diversidade de composição e grande variação de espessura. A propósito do tema Rossato (2000), assinala que tais depósitos “Caracterizam

uma classe genética independente, embora possam ser traçadas analogias com depósitos naturais”. Estas feições são representativas da intervenção antropogênica, que se configura como elemento diferencial introduzido na compreensão do tempo geológico, caracterizando, para alguns, um novo período: o Quinário (ROSSATO, 2000).

Trata-se de um novo conceito que tem por objetivo romper com o Quaternário clássico, valorizando a atividade humana como processo de transformação do planeta em sua totalidade (SUERTEGARAY, 1997). Esta ruptura se faz, porque de acordo com Rohde (1996), o Quaternário seria o período do aparecimento do homem, enquanto o Quinário seria marcado pela presença do homem, sobrepondo-se ativamente em relação à natureza. Desse modo, a atividade humana tornou-se qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da biosfera, desencadeando processos (tecnogênicos), cujas intensidades superam os processos naturais (OLIVEIRA, 1990).

Considerando estes aspectos Peloggia (1998) enumera as características do Quinário, como sendo, “as novas coberturas pedológicas e as novas formações geológicas que se encontram em processo de geração, estando fortemente influenciadas pela ação do homem”. Este autor ainda destaca que o período do Quinário se sobrepõe ao Quaternário, no momento em que profundas mudanças causadas por alterações e aceleração dos processos Geológicos e Geomorfológicos, estão contribuindo para a formação de outra camada estratigráfica, caracterizada pelos depósitos tecnogênicos.

Segundo Rohde (1996), este período teve origem há 10.000 anos no início do Holoceno e testemunhou relevantes situações que colocam o advento da atividade técnica do homem como força relevante na intervenção, apropriação e transformação da natureza. A Revolução Neolítica, a Revolução Agrícola e a Revolução Industrial, constituem momentos históricos em que a humanidade passou a contribuir direta e indiretamente na evolução geológica e geomorfológica do planeta. A princípio, percebe-se que a ação do homem sobre a natureza pode e deve ser compreendida como agente geológico-geomorfológico, uma vez que foi por meio de suas atividades que o ser humano tornou-se capaz de atuar sobre as estruturas do solo e da rocha, modificando-os estruturalmente e quimicamente. Sendo assim, Fanning e Fanning apud Peloggia (1998, p. 19) consideram que os depósitos tecnogênicos são resultados de “solos altamente influenciados pelo homem”, seja de forma direta ou indireta. Assim, do ponto de vista de sua gênese, os depósitos tecnogênicos são caracterizados por uma aceleração da produção humana, refletindo na aceleração do tempo geológico-geomorfológico.

Rodrigues (2005) considera de suma importância o reconhecimento dos sistemas geomorfológicos em seus diversos estágios de intervenção antrópica. Para isso, inclui-se também, a perspectiva analítica na qual as intervenções humanas para a construção e manutenção desses ambientes são avaliadas, enquanto ações geomorfológicas, sendo, passíveis de serem estudadas, como intervenções em formas, materiais e processos. Esta autora também destaca a necessidade de superação de abordagens com ênfase nos elementos exclusivamente definidos pela natureza e aponta a importância de tratamento simultâneo e sistemático das interferências antrópicas no ambiente.

### **3.7. Relevo tecnógeno: conceitos e estudos relacionados**

Sob um contexto global, denota-se a diversificada série de trabalhos desenvolvidos acerca do relevo tecnógeno, nos quais se evidencia certo consenso quanto às afirmações de pesquisadores em caracterizar o homem como agente geomorfológico. Neste sentido (GOUDIE 2000) avalia a ação humana sobre o ambiente, englobando de forma interativa os elementos da natureza como: a vegetação; a sua influência sobre os animais, sobre o solo, as águas, o clima, a atmosfera. Inseridos nesta linha de análise, tais autores caracterizam o Homem como um agente geomorfológico, que atua na construção de morfologias de diversas maneiras, seja através de atividades de mineração; do aterramento; do represamento e canalização dos rios; da erosão causada pelo desflorestamento, pelas atividades agrícolas ou, ainda, pelas dragagens.

Sobre os aspectos mencionados (GOUDIE, 2000), na introdução de seu livro *The Human Impact on the Natural Environment*, traz à discussão a importância da ação humana sobre o ambiente. Estão envolvidos neste tema os principais geógrafos, geólogos, físicos e naturalistas da história, que desde o início do século XIX, debatem até que ponto o Homem, com o domínio das tecnologias, pode influenciar ou gerar novos fatos geológico-geomorfológicos.

Segundo Goudie (2000), o estudo acerca da interferência humana sobre o meio ambiente passaram a ser mais explorados e investigados a partir da obra “*Man and nature*” publicado em 1964, por George Perkins Marsh. Sendo este um dos primeiros pesquisadores a relacionar a atividade humana com as mudanças ambientais.

Neste contexto a busca por um entendimento acerca da história geológica da terra levou a humanidade a elaborar diversas teorias e estudos, influenciados amplamente pelo

momento histórico no qual estavam inseridos. Desse modo, a Geologia e a Geomorfologia, assim como as demais ciências da natureza, passaram por processos de mudanças significativos na forma de analisar as modificações que ocorrem na Terra ao longo do tempo. Estes estudos serviram de base para o avanço tanto da Geologia, quanto dos demais ramos do conhecimento, principalmente a ciência da natureza, que segundo Engels (1991) *apud* Peloggia (1998), a ciência natural, a princípio, defrontou-se com uma natureza conservadora, onde tudo era como havia sido criado e assim seria para sempre. No entanto, os avanços na área da Geologia contribuíram para ruptura desta idéia ao verificar a existência de camadas sobrepostas no interior do planeta e a existência de carcaças e esqueletos de espécies animais e vegetais nestas camadas (PELOGGIA, 1998).

Seguindo esta linha de abordagem, percebe-se a preocupação de vários autores em realizar classificações acerca dos depósitos tecnogênicos, cada qual apontando algumas características como importantes para a definição. Referindo-se ao tema Peloggia (1998), classifica os depósitos de origem antropogênica em três tipos principais:

- a) os construídos, como os aterros e corpos de rejeito;
- b) os induzidos, como os resultantes de assoreamento e os aluviões modernos;
- c) os modificados, que corresponde aos depósitos naturais alterados tecnogenicamente por efluentes, adubos e outros. Outra questão é a denominação de depósitos tecnogênicos para os chamados “solos altamente influenciados pelo homem” Flanning e Flanning, (1989) *apud* Peloggia (1998). De acordo com estes autores a caracterização destes tipos de depósitos compreende a natureza do material que os constitui realizando-se, com base na seguinte classificação:

- 1) Materiais “úrbicos” (do inglês *urbic*): trata-se de detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, frequentemente em fragmentos, como tijolos, vidro, concreto, asfalto, pregos, plástico, metais diversos, pedra britada, cinzas e outros, provenientes por exemplo de detritos de demolição de edifícios.
- 2) Materiais “gárbicos” (do inglês *garbage*): são depósitos de material detrítico com lixo orgânico, de origem humana e que, apesar de conterem artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas.
- 3) Materiais “espólicos” (do inglês *spoil*): materiais escavados e redepositados por operações de terraplanagem em minas a céu aberto, rodovias ou outras obras civis. Incluiríamos aqui também os depósitos de assoreamento induzidos pela erosão acelerada. Seja como for, os materiais contêm pouca quantidade de artefatos, sendo assim identificados pela expressão geomórfica “não natural”, ou ainda por peculiaridades texturais e estruturais.

- 4) Materiais “dragados”: materiais terrosos provenientes da dragagem de cursos d’água e comumente depositados em diques em cotas topográficas superiores às da planície aluvial. (PELOGGIA, 1998, p. 74).

Com relação ao assunto proposto, as pesquisas realizadas pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) constituem um avanço no que tange ao conhecimento das características e composição dos depósitos de origem antropogênica. Os resultados destas pesquisas serviram de base para uma proposta de ordem para os *Antropossolos*, que passaram a ser definidos como um volume formado por uma ou mais camadas antrópicas, (SILVA, et al., 2010).

Assim, em termos de distribuição geográfica, tanto no Brasil, quanto em outros países, o solo antropogênico ou tecnógeno constitui a classe de maior expansão e ocorrência, principalmente nos centros urbanos e suas periferias, ao longo de rodovias e ferrovias, áreas de mineração, entre outros. Também é observado um crescimento desordenado em áreas rurais, especialmente em locais onde ocorre a deposição de lixos urbanos, remoção de horizontes superficiais de solos naturais para a produção de gramados, retiradas de argila em subsuperfície de solos de planície pelas olarias e cerâmicas, entre outros, (CURCIO, LIMA e GIAROLA, 2004).

## IV- RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Padrão de drenagem e configuração do canal da microbacia do Passarinho

Os resultados apresentados neste capítulo representam um conjunto de dados que contribuíram para caracterização e definição do padrão de drenagem e configuração do canal da microbacia do Passarinho. Posteriormente são apresentados os resultados referentes à caracterização das classes de textura, granulometria e dos tipos de resíduos sólidos existentes nas barras sedimentares da referida unidade fluvial.

Neste sentido, considerando os modelos de padrão de drenagem definidos por Suguio e Bigarella (1990); os estudos sobre as características da geologia regional desenvolvidos por Latrubesse e Franzinelli (2005) e levando em consideração os dados obtidos a partir da sobreposição de imagens de satélites processadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi possível definir que a microbacia do Passarinho, figura 20, é constituída por um padrão de drenagem dendrítico resultante dentre outros aspectos das características do relevo e da estrutura geológica predominante na região de Manaus.

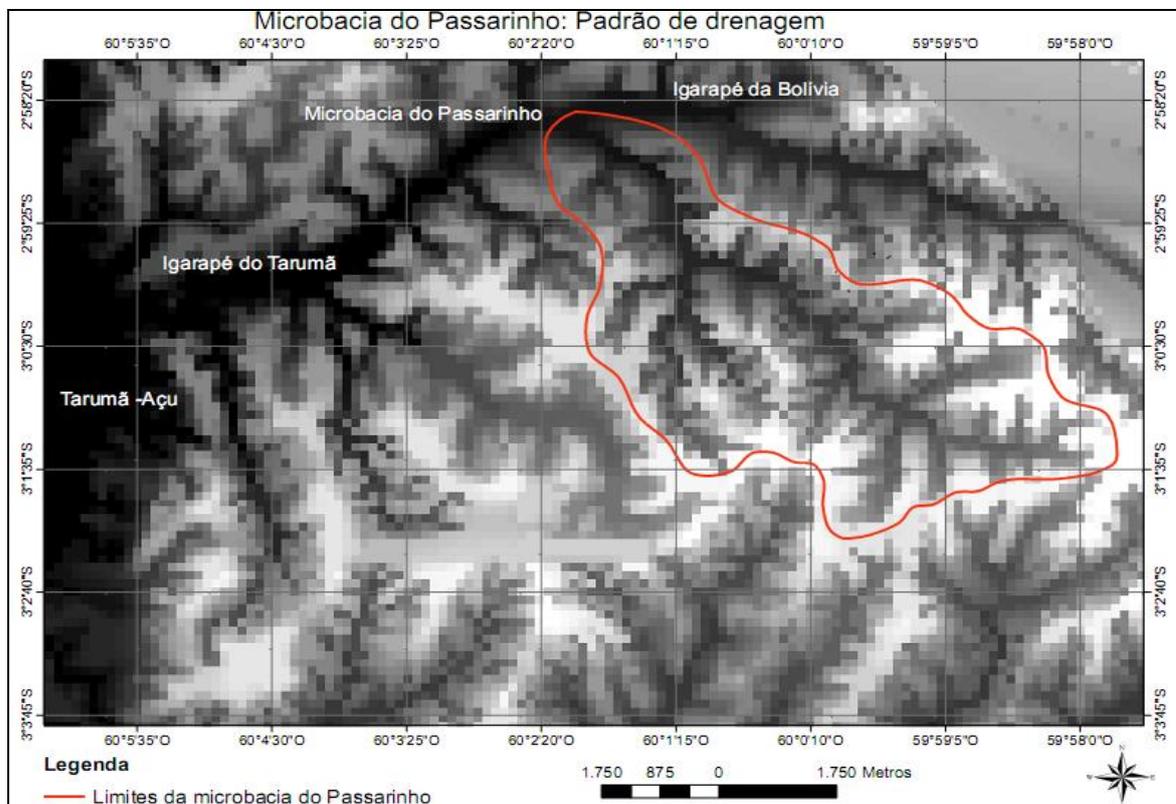


Figura 20: Modelo do Padrão de drenagem da microbacia do Passarinho elaborado a partir de dados em formato matricial.  
Elaboração: José Carlos

Além disto, ressalta-se ainda a existência de platôs que possuem solos argilosos, enquanto que nas vertentes a fração de argila diminui gradativamente até predominar as frações de areias nas áreas de baixios, onde normalmente se constituem as planícies de inundação dos canais de drenagem. A figura 21 permitiu ainda identificar a disposição espacial e os níveis topográficos que constituem o relevo existente na área da microbacia.

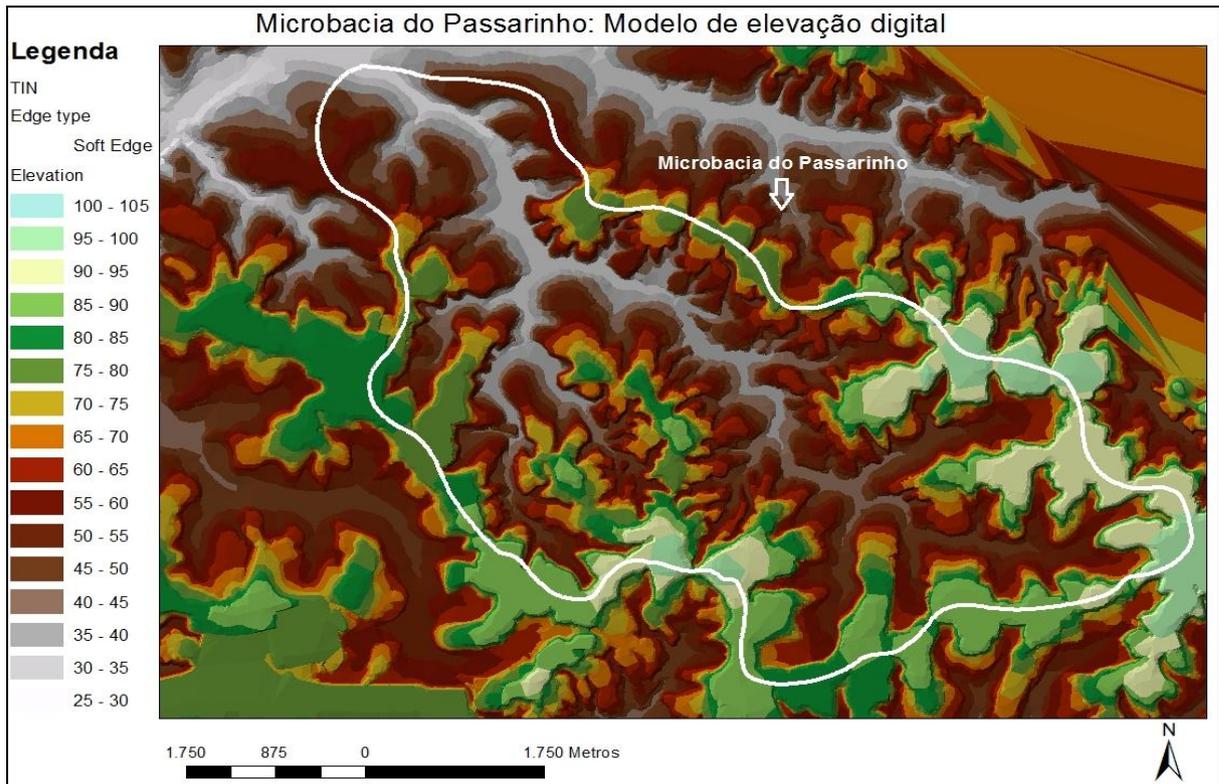


Figura 21: Modelo de elevação digital utilizado para delimitação e identificação dos níveis topográficos na área da microbacia do Passarinho. Elaboração: José Carlos.

Com relação à configuração do canal, notou-se que as modificações realizadas no curso principal da microbacia do Passarinho influenciaram diretamente na dinâmica de transporte e deposição de materiais, principalmente as alterações que ocorreram no leito e nas margens do canal. Estas alterações além de se fazerem presentes na paisagem, tornam evidente a constatação de que o canal de um rio pode adquirir várias formas como resultado do ajuste na seção transversal do leito, sendo estas aparentemente controladas pelas cargas sedimentares transportadas nos canais.

Deste modo, percebe-se que os padrões de canais existentes no curso principal da Microbacia do Passarinho correspondem especificamente a dois padrões que se alternam ao longo de seu curso, sendo estes: retilíneo localizado na área correspondente a extensão do

curso superior e meandrante em toda extensão do curso médio e curso inferior conforme figura 22.

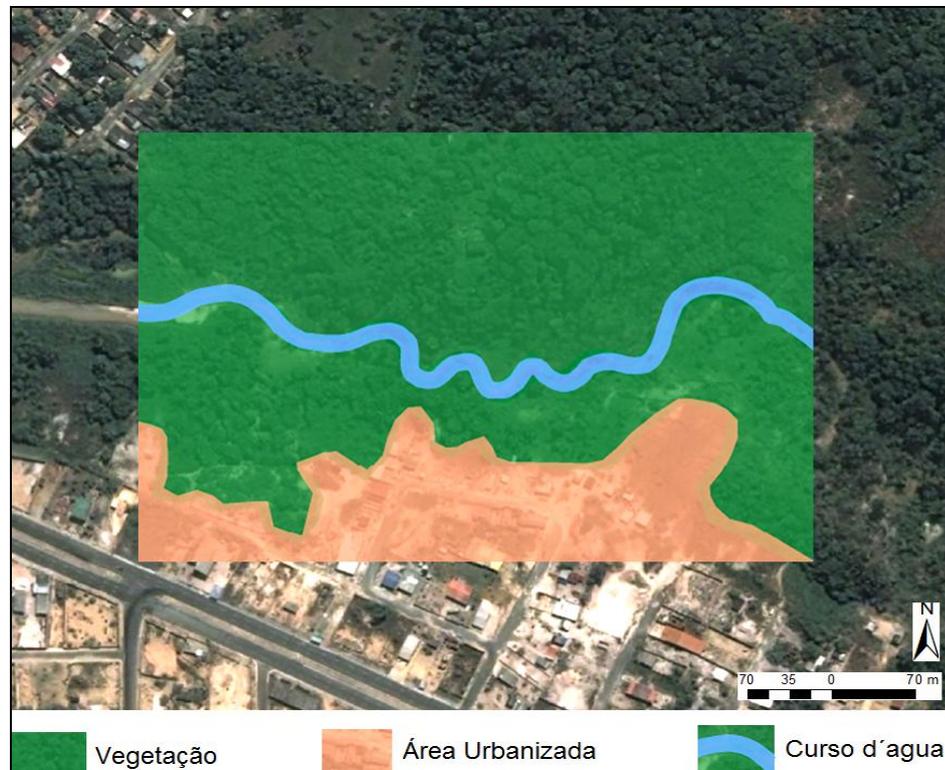


Figura 22: Imagem destacando o padrão de canal de um trecho da microbacia do Passarinho.

Org.: Elaborado pelo autor em janeiro de 2014

No que se refere ao padrão retilíneo, identificado principalmente no curso superior da microbacia do Passarinho, percebe-se a influência direta das obras de engenharia: retificação e canalização implementada nas margens e leito do canal. Estes modelos de intervenção, no entanto, são executados mediante o pretexto da necessidade de melhorar o fluxo e a vazão do canal de drenagem, aumentando o volume de escoamento das águas pluviais e residuárias. Todavia, muito destes objetivos findam comprometidos pela retirada da vegetação marginal, pelo assoreamento do leito e principalmente pela ocupação das áreas de retenção natural das águas, como as planícies de inundação. No caso da microbacia do Passarinho, situação idêntica a estas ocorreram durante o processo de retificação, e pode ser visualizada nas margens do canal que foram adaptadas para construção das avenidas marginais como mostra a figura 23.



Figura 23: Trecho canalizado na microbacia do Passarinho: (A) Obra de intervenção da avenida das torres sobre a seção canalizada da microbacia; (B) Curso retificado, margens adaptadas ao modelo de galeria. Fonte: atividade de campo realizada em maio de 2013.

Com relação ao padrão meandrante a ocorrência se dá em função da quantidade e do volume de sedimentos transportados durante o processo de precipitação que eleva as cotas máximas dos canais de drenagem. Assim, considerando este aspecto nota-se que as três formas ou os três padrões de canais podem ocorrer simultaneamente em uma bacia de drenagem. Da mesma maneira, as variações temporais podem ocorrer na evolução de um sistema fluvial principalmente quando se considera as intervenções antrópicas relacionadas à canalização, retificações e aterro parcial ou total dos canais urbanos. Outro aspecto que se pode considerar com relação aos padrões de canais, corresponde aos canais anastomosados que se caracterizam por apresentarem sucessivas ramificações e posterior reencontro de seus cursos, separando ilhas assimétricas de barras arenosas. Estas barras dividem o canal fluvial em múltiplos canais nos períodos secos e ficam submersas nos períodos de enchentes.

Sendo assim, uma vez formadas, as barras arenosas podem ser estabilizadas pela deposição de sedimentos finos, em fase posterior a um período de enchente. Em etapa posterior se estabelece a cobertura vegetal que dificulta a erosão, e favorece a deposição de mais sedimentos finos. Estas características são normamente observáveis quando se considera ambientes fluviais no seu contexto natural. No entanto quando consideramos os ambientes fluviais em áreas urbanas como é o caso da Microbacia do Passarinho é possível constatar que as barras arenosas formadas ao longo do canal são compostas não somente dos sedimentos naturais como descrevem as literaturas clássicas relacionadas à geomorfologia fluvial, mas,

incluem-se nestas feições os resíduos sólidos urbanos descartados direta ou indiretamente nos sistemas de drenagem como mostra a figura 24.



Figura 24: Barras laterais formadas no canal principal da microbacia do Passarinho: (A) Barra lateral composta por acúmulo de sedimentos naturais, (B) Barra Lateral tecnógena composta por sedimentos naturais e resíduos de origem antropogênica.

Fonte: Atividade de campo realizada em junho de 2013.

Deste modo avaliando o perfil destacado na figura acima é possível perceber que as barras sedimentares formadas nos canais de drenagem urbana resultam em sua maioria dos tipos de sedimentos transportados nos referidos canais, destacando ainda as obras de engenharia tais como: canalização e retificação dos canais urbanos que contribuem para formação de depósitos sedimentares (barras laterais, diques marginais dentre outros) cujo processo atual compreende tanto os sedimentos naturais areia, argila e silte, quanto aos resíduos sólidos urbanos (lixo) veiculados no sistema de drenagem.

#### 4.2. Mapeamento e morfometria das barras sedimentares da microbacia do Passarinho

As medidas lineares correspondentes às áreas dos depósitos sedimentares formados no canal de drenagem da microbacia do Passarinho demonstraram a existência de barras laterais que representam um intenso processo de assoreamento no leito do canal como mostra figura 25. Estas barras sedimentares se caracterizam por manter um dos lados encostado na parede do canal, enquanto o outro avança cerca de 60% da largura do canal. Normalmente esse tipo de deposição possui pouca estabilidade e mudam constantemente de forma alternada de cada lado do canal.



Figura 25: Barra lateral de sedimentos formada por acreção lateral na margem esquerda do curso médio da microbacia do Passarinho.

Fonte: Atividade de campo realizada em outubro de 2013.

As faces de montante apresentam quase sempre formas suaves frequentemente cobertas por macro-ondulações e outras formas de rugosidade. As faces de jusante constituem superfícies íngremes, distribuídas obliquamente no canal como mostra a figura 26.



Figura 26: Barra de acreção lateral formada na margem direita curso médio / superior da microbacia do Passarinho.

Fonte: Atividade de campo realizada em outubro de 2013.

Assim, as barras laterais figura 27 deslocam-se lentamente para jusante por erosão das faces de montante. Geralmente o fluxo sobre a barra apresenta instabilidade tridimensional, onde as condições gerais de fluxos rugoso, turbulento e tranquilo contribuem para caracterização das barras laterais.



Figura 27: Representação de barras laterais e do padrão de canal retilíneo no baixo curso da microbacia do Passarinho.

Fonte: Prática de campo realizada pelo autor em outubro de 2013.

Além da caracterização, as medidas lineares correspondentes às áreas das barras laterais identificadas na microbacia do Passarinho, constituiu a base de dados que contribuíram para o desenvolvimento dos cálculos que permitiram o reconhecimento da área total ocupada pelos depósitos tecnógenos no leito e nas margens do canal de drenagem. A figura 28 corresponde ao mapa de localização das barras sedimentares e os quadros 1 e 2 fornecem os dados referente a identificação e características das respectivas barras existentes no curso superior, médio e baixo da microbacia.

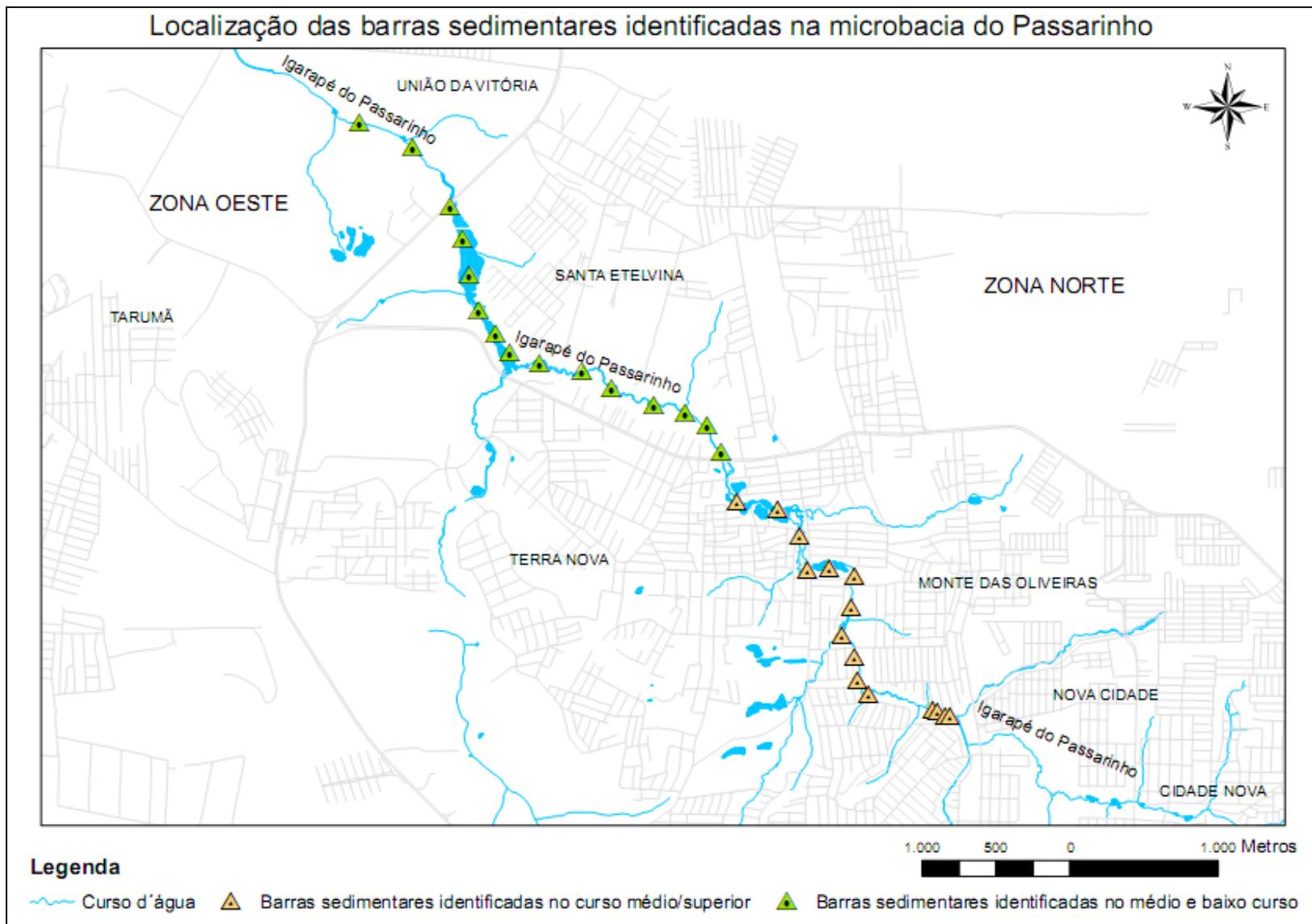


Figura 28: Mapa de localização das barras sedimentares

Elaboração: José Carlos

Quadro 1: Dados de localização e medidas lineares das barras sedimentares identificadas no curso superior/médio da microbacia do Passarinho.

Ordem dos pontos georeferenciados	Localização específica	Margem	Forma e tipo de deposição	Comprimento	Largura	Área	Perímetro	Coordenadas do centro da barra
1°	Seção canalizada do curso superior	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	62,00m	12m	490,84m <sup>2</sup>	134,92m	59°59' 26, 41" O 3°0'59,3 4"S
2°	Seção canalizada do curso superior	Direita	Barra lateral Tecnógena	101,44m	9,04m	753,52m <sup>2</sup>	216,59m	59°59' 29,31" O / 3° 1'1,30" S
3°	Seção canalizada do curso superior	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	58,04m	13,11m	482,03m <sup>2</sup>	143,91m	59°59' 29,32" O / 3° 1'2,10" S
4°	Seção canalizada do curso superior	Direita	Barra lateral Tecnógena	81,32m	6,16m	344,30m <sup>2</sup>	177,24m	59° 59'33,35"O / 3° 1'1,59" S
5°	Seção canalizada do curso superior	Direita	Barra lateral Tecnógena	93,36m	10,79m	697,34m <sup>2</sup>	197,19m	59°59'51,67"O / 3°0'49,67" S
6°	Seção canalizada do curso superior	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	89,42m	7,16m	618,29m <sup>2</sup>	192,00m	59°59'53,36"O/3°0'45,33" S
7°	Seção canalizada do curso superior	Direita	Barra lateral Tecnógena	192,05m	7,56m	1163,53m <sup>2</sup>	386,86m	59°59'53,67" O / 3° 0'41,69" S
8°	Seção canalizada do curso médio	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	116,41m	7,19 m	532,00m <sup>2</sup>	245,22m	59°59'53,00"O / 3°0'32,99" S
9°	Seção canalizada do curso médio	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	248,67m	7,30m	1877,23m <sup>2</sup>	508,88m	59°59'57,05"O / 3°0'29,62" S
10°	Seção canalizada do curso médio	Direita	Barra lateral Tecnógena	200,94m	10,36m	1223,04m <sup>2</sup>	411,31m	60°0' 3,32"O / 3°0'27,08" S
11°	Seção canalizada do curso médio	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	198,75m	6,62m	1080,89m <sup>2</sup>	401,26m	60°0'5,96" O / 3°0'17,44" S
12°	Seção canalizada do curso médio	Direita	Barra lateral Tecnógena	52,50m	10,22m	373,97m <sup>2</sup>	115,68m	60°00'10,77" O / 3°0'15,68" S
13°	Seção canalizada do curso médio	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	128,35m	10,61m	980,57m <sup>2</sup>	264,37m	60°00'14,82" O/3°0'15,02" S
14°	Seção canalizada do curso médio	Direita	Barra lateral Tecnógena	289,35m	12,41m	2320,66m <sup>2</sup>	608,54m	60°00'19,08 O / 3°0'12,71 S
15°	Seção canalizada do curso médio	Direita	Barra lateral Tecnógena	144,19m	7,44m	789,03m <sup>2</sup>	299,29m	60°00'21,04"O / 3°0'8,03" S
Total	-	-	-	2.056,79m	137,97m	13.727,24m <sup>2</sup>	4.303,26m	-

Elaboração: José Carlos - (2014)

Quadro 2: Dados de localização e medidas lineares das barras sedimentares identificadas no médio/baixo curso da microbacia do Passarinho.

Ordem dos pontos georeferenciados	Localização específica	Margem	Forma e tipo de deposição	Comprimento	Largura	Área	Perímetro	Coordenadas do centro da barra
16°	Seção não canalizada do curso médio	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	30,32 m	11,04m	237,05m <sup>2</sup>	75,60m	60°0'21,5437"O / 3°0'3,7781"S
17°	Seção não canalizada do curso médio	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	25,20 m	4,26m	102,28 m <sup>2</sup>	66,56m	60°0'22,5479"O / 3°0'2,6862"S
18°	Seção não canalizada do curso médio	Direita	Barra lateral Tecnógena	28,06 m	9,29m	190,58 m <sup>2</sup>	66,39 m	60°0'25,1686"O / 2°59'58,0458"S
19°	Seção não canalizada do curso médio	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	35,15 m	4,43 m	150,12 m <sup>2</sup>	91,96 m	60°0'27,096"O / 2°59'56,4103"S
20°	Seção não canalizada do curso médio	Direita	Barra lateral Tecnógena	38,15 m	6,39m	203,01 m <sup>2</sup>	85,30 m	60°0'28,4023"O / 2°59'55,4595"S
21°	Seção não canalizada do baixo curso	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	31,87 m	11,90m	271,77 m <sup>2</sup>	78,69m	60°0'59,3852"O / 2°59'45,0978"S
22°	Seção não canalizada do baixo curso	Direita	Barra lateral Tecnógena	35,48 m	4,90m	146,88 m <sup>2</sup>	78,42 m	60°1'0,6741"O / 2°59'44,9287"S
23°	Seção não canalizada do baixo curso	Direita	Barra lateral Tecnógena	23,89m	5,73 m	125,51 m <sup>2</sup>	60,11 m	60°1'7,6041"O / 2°59'44,3239"S
24°	Seção não canalizada do baixo curso	Direita	Barra lateral Tecnógena	36,74 m	6,04 m	169,26m <sup>2</sup>	79,59 m	60°1'10,0364"O / 2°59'40,4947"S
25°	Seção não canalizada do baixo curso	Direita	Barra lateral Tecnógena	20,39 m	4,62 m	88,99 m <sup>2</sup>	50,05 m	60°1'12,8437"O / 2°59'35,3676"S
26°	Seção não canalizada do baixo curso	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	14,98 m	3,09m	37,40 m <sup>2</sup>	35,53 m	60°1'15,4018"O / 2°59'31,7822"S
27°	Seção não canalizada do baixo curso	Direita	Barra lateral Tecnógena	12,87 m	2,12m	24,64 m <sup>2</sup>	33,15 m	60°1'15,5357"O / 2°59'30,8209"S
28°	Seção não canalizada do baixo curso	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	28,41 m	6,62 m	107,10 m <sup>2</sup>	61,25 m	60°1'16,2542"O / 2°59'29,8989"S
29°	Seção não canalizada do baixo curso	Direita	Barra lateral Tecnógena	29,05 m	4,49 m	95,41 m <sup>2</sup>	65,03 m	60°1'16,1918"O / 2°59'28,617"S
30°	Seção não canalizada do baixo curso	Esquerda	Barra lateral Tecnógena	44,88m	6,94m	226,25m <sup>2</sup>	98,26m	60°1'16,8966"O / 2°59'21,6145"S
Total	-	-	-	435,44m	91,86m	1939,2m <sup>2</sup>	1025,89m	-

Elaboração. José Carlos - (2014)

Os dados apresentados acima demonstram que os depósitos sedimentares existentes na seção retificada da microbacia correspondem a quinze unidades constituídas por barras sedimentares de origem tecnógena com dimensões lineares que variam entre 52,50 e 289,35m de comprimento e ocupa uma área equivalente a 13.727,24m<sup>2</sup>.

Na seção do baixo curso da área não retificada as barras sedimentares apresentaram menor proporção quanto ao tamanho e largura. Neste percurso as barras sedimentares apresentaram dimensões que variam de 12,87 a 44,88m de comprimento e área correspondente a 1.939,2m<sup>2</sup>.

Quanto à composição, os depósitos sedimentares identificados na área não canalizada da microbacia apresentaram maiores frações de areias se comparado à quantidade de resíduos. Este resultado pode estar relacionado ao fato de que em situação natural onde às margens do canal foram preservadas tanto as águas pluviais quanto os sedimentos incorporados durante o processo de vazão, fluem com maior facilidade.

Neste contexto a área ocupada pelas barras sedimentares dentro do canal principal da microbacia do Passarinho pode ser estimada em 15.666,44m<sup>2</sup> ou 15,6 km<sup>2</sup> e o espaço ocupado pelo volume dos sedimentos corresponde aproximadamente a 143.197,3m<sup>3</sup>. Estes resultados constituem elementos importantes para evidenciar a ocorrência de impactos no canal de drenagem da microbacia, principalmente no que tange a área ocupada pelos sedimentos que representam agravo direto na capacidade de vazão das águas pluviais e submetem as áreas próximas às margens do canal ao risco de inundações e a problemas relacionados com a proliferação de doenças e ao acúmulo de lixo, como mostra a figura 29.



Figura 29: Registro de ocorrência de impactos na seção do curso médio microbacia do Passarinho: (A) Inundação da margem esquerda do canal de drenagem (B) Acúmulo de lixo no leito do canal. Fonte: Imagem (A) Paiva, outubro de 2007; imagem (B) Atividade de campo realizada pelo autor em dezembro de 2012.

Neste contexto Cunha (2010), ressalta que no território brasileiro são inúmeros os exemplos de formas de degradação ambiental que ocorrem nos ambientes fluviais, rios e canais de drenagens, e cita como principais: alterações nas dimensões da calha, proveniente de erosão das margens, assoreamento, provocados pela chegada de maior volume de sedimentos. Nas áreas urbanas, o volume de sedimentos é acrescido pela contribuição de lixo, dando origem á formação de bancos laterais, reduzindo a capacidade de vazão do canal e favorecendo as inundações e degradação da qualidade da água.

Deste modo, observa-se que as formas de deposição sedimentares existentes na microbacia do Passarinho contribuem essencialmente para formação de barras laterais de sedimentos e resulta dentre outros aspectos das características do padrão de drenagem que ocorre na microbacia. Além disto, é possível perceber que as obras de engenharia: canalização e retificação dos cursos d`água constituem intervenções antrópicas que afetam sobremaneira o sistema hidrológico. Essas obras têm como objetivo aumentar a velocidade e a vazão dos rios, a fim de promover o escoamento rápido do grande volume de água que atinge os canais fluviais e possibilitar a ocupação de suas margens. A primeira meta, no entanto, muitas vezes fica comprometida pela retirada da vegetação marginal, pelo assoreamento do leito e, principalmente, pela ocupação das áreas de retenção natural das águas, como as planícies de inundação. Estas áreas deveriam ser sempre destinadas à preservação, com presença de cobertura vegetal, possibilitando a infiltração e a permanência da água. Não fosse a intensa ocupação antrópica dessas feições geomorfológicas, as enchentes não teriam caráter desastroso (BOTELHO E SILVA 2010).

Neste contexto os mapas a seguir representam áreas de ocorrência dos depósitos sedimentares tecnógenos na microbacia do Passarinho e demonstram os percursos com maior suscetibilidade ao processo de assoreamento e obstrução do leito. Estes impactos comprometem diretamente o fluxo de vazão das águas pluviais, em virtude do volume de lixo e de sedimentos veiculados dentro do canal, como mostram as figura (30, 31 e 32) a seguir.



Figura 30: Área de ocorrência de barras sedimentar tecnógenas no curso superior da microbacia do Passarinho. Org. José Carlos



Figura 31: Área de ocorrência de barras sedimentares tecnógenas no curso médio da microbacia do Passarinho.

Org. José Carlos



Figura 32: Área de ocorrência de barras sedimentar tecnógenas no baixo curso da microbacia do Passarinho.

Org. José Carlos

### 4.3. Barras sedimentares: Análise dos resíduos antropogênicos e textura do solo

Os ensaios realizados com as amostras de solos coletadas na microbacia do Passarinho contribuíram para classificação e caracterização dos tipos de materiais que constituem os depósitos sedimentares existentes nesta unidade fluvial, onde foram constatadas predominantemente a presença de sedimentos naturais (areia/silte/argila) e resíduos sólidos (lixo). Nesta perspectiva, os ensaios realizados com estes materiais, ocorreram inicialmente com os resíduos de origem antropogênica (lixo), onde se obteve a Composição Gravimétrica e o Peso Específico destes, e em seguida foram analisadas as amostras de solo visando-se obter as classes de textura e a determinação granulométrica das barras. Deste modo, os ensaios com as amostras de resíduos obedeceram à mesma sequência dos pontos de coleta, iniciando-se pelo ponto 01 e ponto 02 numa área a montante da microbacia, e assim consecutivamente, até alcançar os pontos 05 e 06 na área do baixo curso do canal.

Deste modo a análise dos resultados apresentada no gráfico 1 corresponde a amostra selecionada no ponto 01, onde foram identificadas três classes de resíduos e elementos orgânicos, que juntos totalizaram o valor de 0,945kg, sendo 0,4 kg de plástico, 0,026 kg de metal, 0,43kg de tecido e 0,09kg de matéria orgânica<sup>4</sup>. Em termos de percentual o item de maior proporção foi o tecido que representou 45% da amostra.

---

<sup>4</sup> No campo dos resíduos sólidos também é usual adotar a expressão *matéria orgânica*, porém com sentido diverso da Química. Neste caso ela não tem o mesmo significado que em tal campo de conhecimento, onde é sinônimo de toda matéria na qual o elemento carbono se faz presente. Assim, ao lidar com os resíduos sólidos, denomina-se *matéria orgânica* aquela constituída por folhagem, cascas de frutas, material putrescível em geral e que, portanto, é compostável. Notar que o plástico, que se faz presente de modo significativo entre os resíduos, tem o carbono em sua composição, no entanto sua difícil degradabilidade o exclui da denominação *matéria orgânica* tal como é aplicada aos resíduos (ANDRADE, p.31, 2012). Em decorrência deste esclarecimento a expressão *matéria orgânica*, na presente dissertação, também inclui, por sua natureza, troncos e galhos de árvores, profusamente encontrados nas barras tecnológicas.

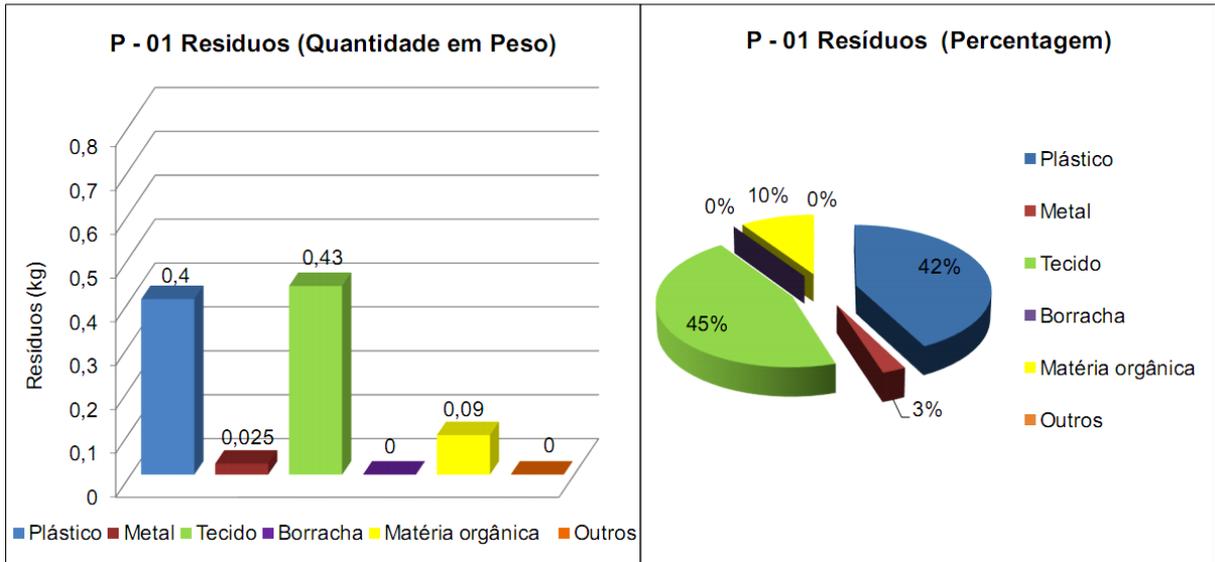


Gráfico 1: Dados referentes à amostra de solo coletada na margem esquerda do curso superior da microbacia do Passarinho. Fonte: Atividade de campo realizada em dezembro de 2013.

Nas amostras do ponto 02 o total de resíduos correspondeu a 1,045kg distribuídos da seguinte maneira: 0,6 kg de plástico; 0,025 kg de metal e 0,25 kg de tecido, 0,17 kg matéria orgânica. Em percentual os itens de maior proporção foi o plástico que representou 58% e tecido com 24%, como mostra o gráfico 2.

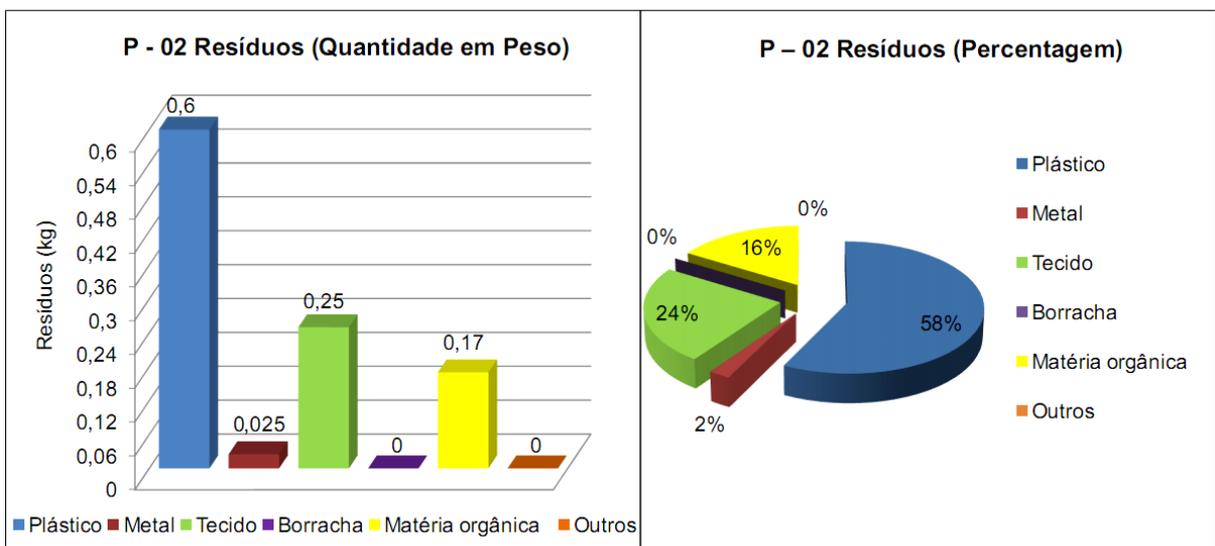


Gráfico 2: Dados referentes à amostra de solo coletada na margem direita do curso superior da microbacia do Passarinho. Fonte: Atividade de campo realizada em dezembro de 2013.

Neste sentido analisando os valores das duas primeiras amostras constatou-se que a classe de resíduos predominante na seção 01 correspondeu às embalagens de plástico, principalmente as sacolas de supermercados e garrafa PET de 350 ml. Desse modo, a

principal justificativa para este resultado consiste nas características apresentadas por estes materiais que no geral apresentam tempo de vida útil elevado e demoram décadas, e em alguns casos são necessários séculos para a decomposição destes. Outra característica importante diz respeito à capacidade destes resíduos em se acumular e permanecer retidos ao longo do percurso no canal fluvial durante extenso período.

No que se refere aos pontos 03 e 04 que correspondem à seção do curso médio da microbacia; o resultado das amostras pode ser visualizado através dos gráficos 3 e 4 a seguir. Neste sentido o peso total dos resíduos encontrados na amostra do ponto 03 foi de 0,725 kg, sendo que o material mais abundante foi o plástico com valor correspondente a 0,47 kg em seguida o metal com 0,09 kg, tecido 0,02 kg, matéria orgânica 0,065 e outros 0,08.

Nesta amostra o item de maior proporção em percentagem foi o plástico que representou 65% e o metal com 12%, o item com menor desempenho em termos de percentual foi o tecido com 3%.

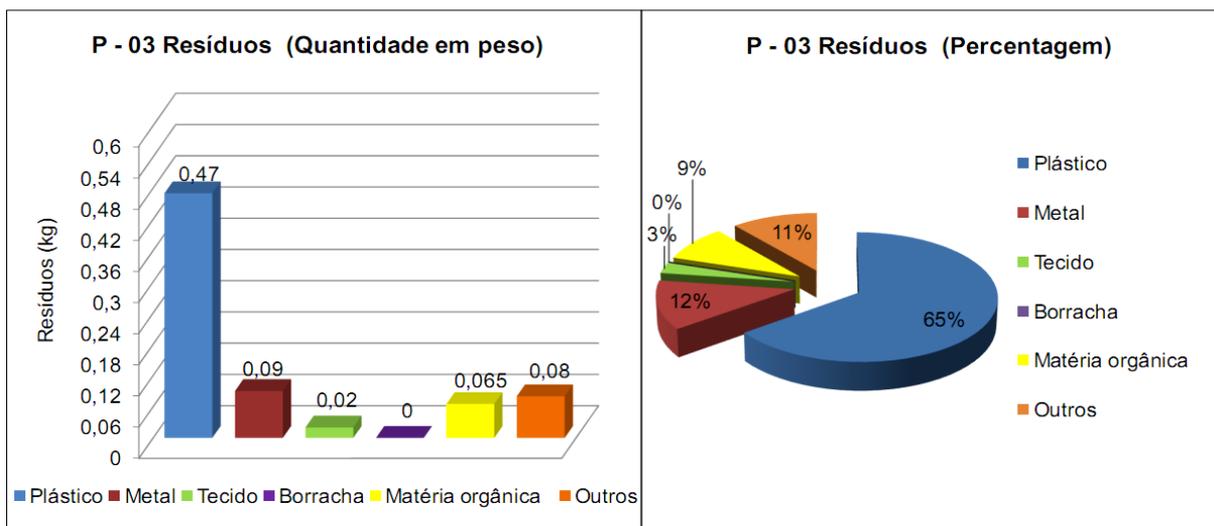


Gráfico 3: Dados referentes à amostra de solo coletada na margem esquerda do curso médio da microbacia do Passarinho. Fonte: Atividade de campo realizada em dezembro de 2013.

No ponto 04 o valor total da amostra foi de 3,688 kg de resíduos, sendo 1,4 kg constituído por plástico, 0,855 kg de metal, 0,4 kg de tecido, 0,745 kg de borracha, 0,065kg matéria orgânica e 0,04 outros. Quanto à percentagem os itens de maior proporção foi o plástico com 38%, metal 23% e borracha com 20%. Esta amostra foi a que mais se destacou em termos de quantidade de resíduos por m<sup>2</sup>, onde os principais itens identificados foram os plásticos e as embalagens de metal que juntos apresentaram os maiores percentuais em relação aos demais itens como mostra o gráfico 4.

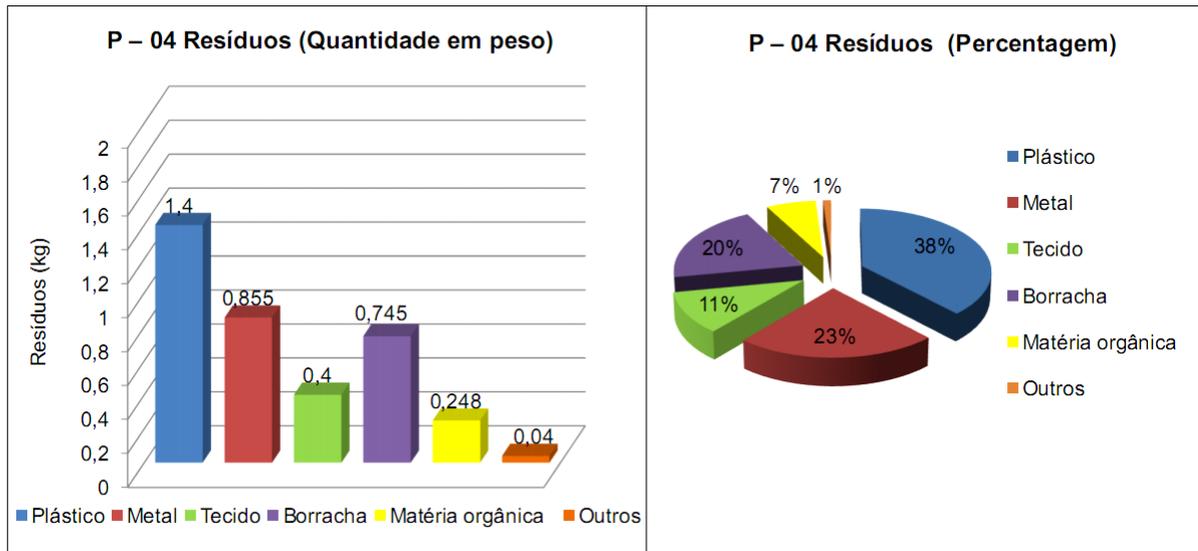


Gráfico 4: Dados referentes à amostra de solo coletada na margem direita do curso médio da microbacia do Passarinho. Fonte: Atividade de campo realizada em dezembro de 2013.

Assim, como se pode observar, em todas as amostras correspondentes a área canalizada da microbacia do Passarinho foi constatada a presença de materiais proveniente de atividades humana, colocando-se em evidência a intensa ação do homem sobre os ambientes fluviais urbanos. Os pontos 05 e 06 correspondem à área da microbacia não canalizada e os valores de resíduos registrados neste local foram os seguintes: No ponto 05 o total de resíduos obtidos após a pesagem foi de 0,183 kg, sendo 0,03 kg de plástico e 0,075 kg de metal, 0,026 kg de matéria orgânica e 0,052 kg relacionado a categoria outros. No que tange a porcentagem os itens de maior proporção são constituídos por metal com 41% , outros 29% e plástico 16%, conforme gráfico 5.

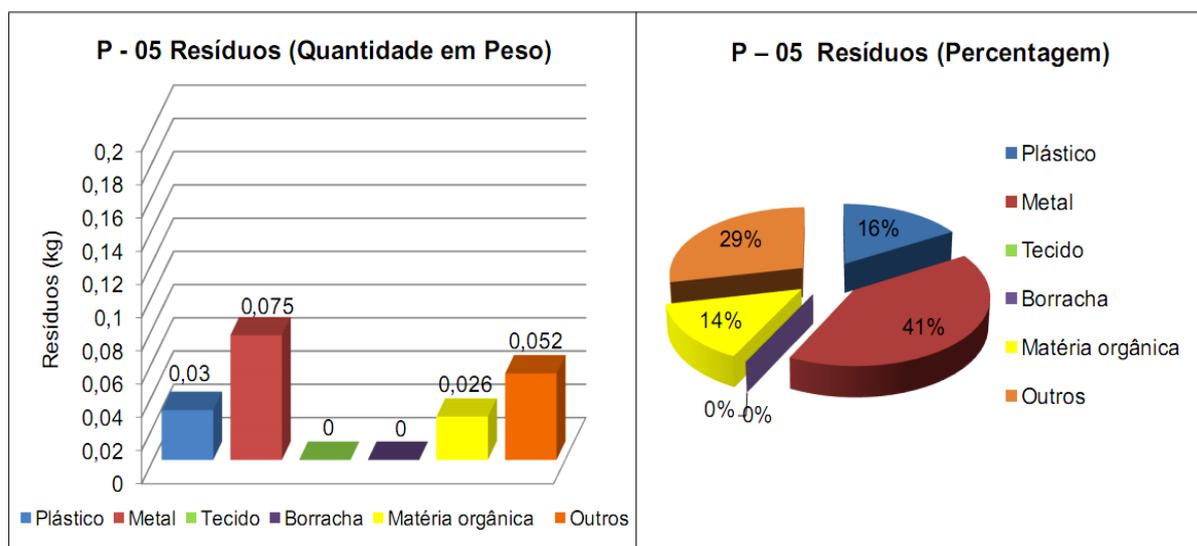


Gráfico 5: Dados referentes à amostra de solo coletada na margem esquerda do baixo curso da microbacia do Passarinho. Fonte: Atividade de campo realizada em janeiro de 2014.

O resultado apresentado no ponto 05 pode ser justificado em virtude dos depósitos sedimentares existentes neste local apresentarem maior fração de sedimentos naturais se comparado a quantidade de resíduos. Com relação a este aspecto observou-se que no percurso onde o leito do canal ainda não foi retificado, há facilidade no deslocamento dos depósitos sedimentares em virtude da atuação da dinâmica fluvial dos rios que consiste no processo constante de erosão transporte e deposição. Algo que não ocorre com a mesma intensidade em ambientes fluviais canalizados. No ponto 06 a quantidade total de resíduos correspondeu a 2,43 kg, sendo que o material em maior quantidade foi o plástico com 2 kg, seguido do metal com 0,2 kg, tecido com 0,06 kg, borracha 0,1 kg e matéria orgânica 0,07 kg. Em termos de percentagem o material de maior proporção correspondeu ao item plástico que representou 82% do total da amostra, como mostra o gráfico 6.

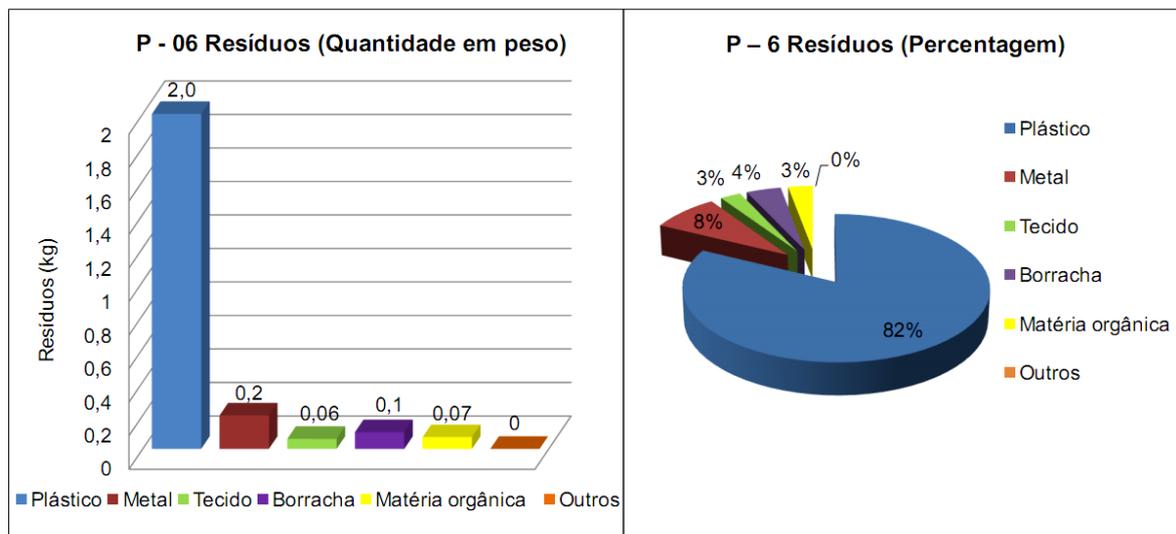


Gráfico 6: Dados referentes à amostra de solo coletada na margem direita do baixo curso da microbacia do Passarinho. Fonte: Atividade de campo realizada em janeiro de 2014.

Assim, os dados referentes à composição gravimétrica dos resíduos possibilitaram a classificação e a obtenção do peso líquido dos materiais que registraram um total de 9,016 kg e a média correspondeu a 1,502 kg/m<sup>2</sup>. Deste modo, estabelecendo-se a relação entre o valor da média de resíduos encontrados por metro quadrado (m<sup>2</sup>) e a área ocupada pelas barras sedimentares dentro do canal principal da microbacia (13.727m<sup>2</sup>) é possível inferir que a quantidade de resíduos existente na respectiva área é estimada em aproximadamente 20.617,95kg. Quanto à procedência e a classificação, foi constatado que os materiais analisados são de origem antropogênica (lixo) e compreendem essencialmente as classes dos plásticos, metais, tecidos, borracha, matéria orgânica e outros como mostra gráfico 7 a seguir.

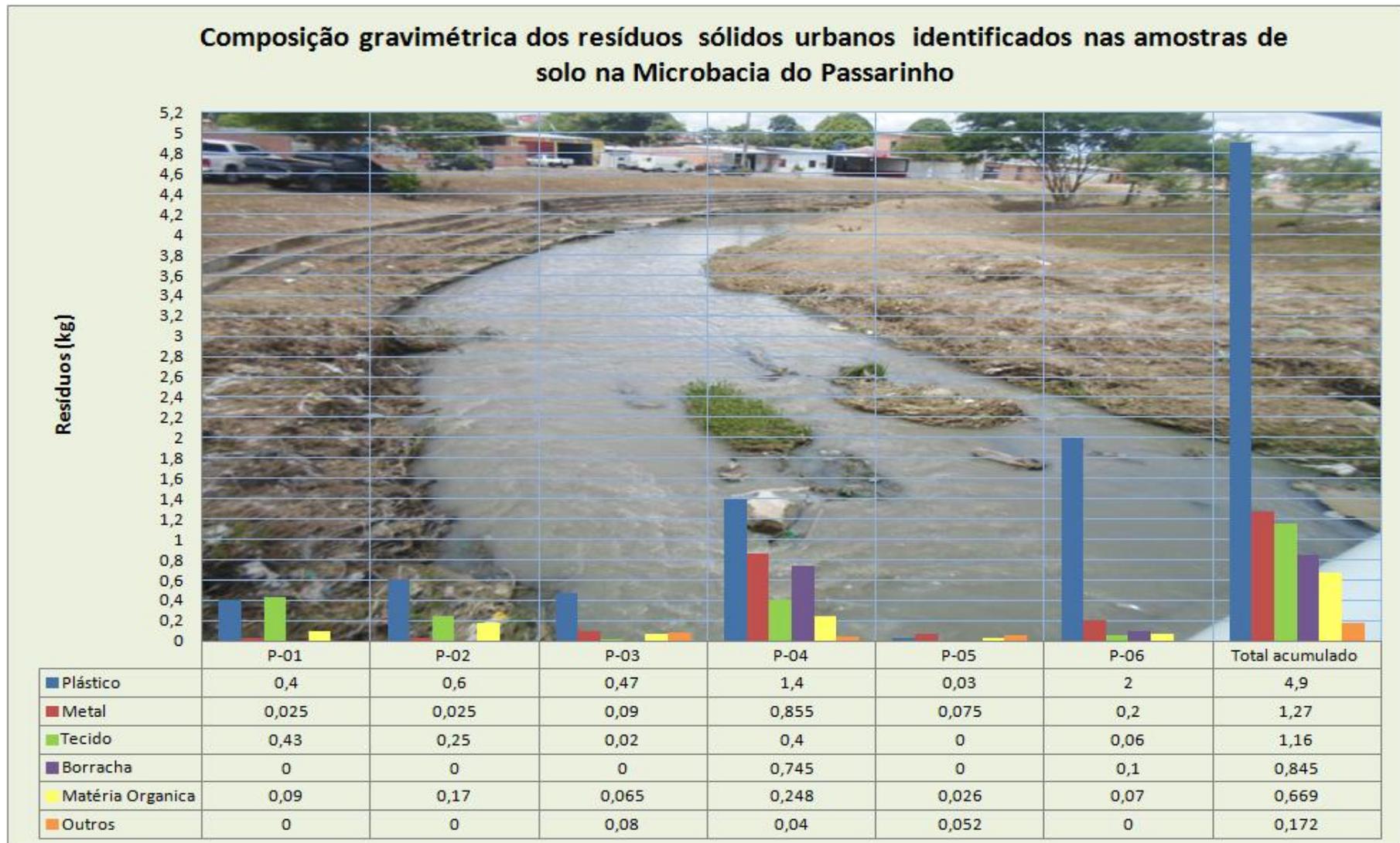


Gráfico 7: Total de resíduos encontrados nas amostras de solo coletadas microbacia do Passarinho.

Fonte: Atividade de campo realizada em janeiro de 2014.

Os dados apresentados no gráfico anterior compreendem um conjunto de fatores que atuam direta e indiretamente na microbacia do Passarinho dentre os quais se podem destacar a quantidade de lixo descartada indevidamente dentro e próximos às margens no canal, o processo de acumulação de resíduos que contribui para o assoreamento do leito e a formação dos depósitos sedimentares cujos elementos que os constituem determinam as características das barras sedimentares tecnógenas.

Baseados nestes aspectos Souza e Albuquerque (2013) realizaram um estudo sobre a classificação dos resíduos sólidos urbanos na microbacia do Passarinho, e os mesmos constataram que o grande volume de lixo veiculados na microbacia e o assoreamento do leito do canal de drenagem constituem-se como um dos principais fatores responsáveis pela intensificação dos impactos que vem ocorrendo nesta unidade fluvial conforme assinalam a seguir.

No que se refere aos resíduos sólidos urbanos veiculados na microbacia do Passarinho 92% das amostras correspondem ao grupo dos resíduos (*não degradável*) e (*difícilmente degradável*), deste total 66% são representados pelos plásticos: embalagens PET, sacolas de supermercado, embalagem de cosmético e outros. Estes resultados podem ser visualizados no leito do canal, providenciando alterações na geomorfologia fluvial e na configuração do rio. Barras de sedimentação, depósitos em forma de diques e deposição em espiral situado próximo às margens, podem ser ocasionadas a partir da existência de obstáculos originados pelo acúmulo de resíduos na parte central do rio. Estes aspectos configuram novas formas de sedimentação, cujo fator de origem, não corresponde aos naturais descritos na análise geomorfológica dos canais. A princípio pode-se afirmar que depósitos tecnógeno também se manifestam nos sistemas fluviais, (ALBUQUERQUE E SOUZA 2013).

Estes resultados, no entanto, justificam-se em função dos materiais analisados apresentarem tempo de vida útil elevado tanto na água quanto no solo. Além disto, é sabido que estes resíduos correspondem aos materiais (lixo) não coletados pelo serviço público de limpeza, e que acabam tendo como destino final o canal de drenagem. Esta realidade, porém, não reflete apenas as condições ambientais da unidade de análise em questão, pois no geral os igarapés de Manaus se encontram em situações críticas no que diz respeito aos padrões de saneamento básico como mostra a figura 33.



Figura 33: Impacto dos resíduos sólidos em ambientes fluviais urbanos: (A) Acúmulo de resíduos na microbacia do Passarinho; (B) Acúmulo de resíduos no Igarapé do Franco em Manaus AM. Fonte: Atividade de campo realizada em junho de 2012.

De acordo com Botelho e Silva, (2012) a poluição por resíduos sólidos constitui uma das três grandes fontes de poluição nas áreas urbanas, ao lado dos esgotos domésticos e despejos industriais. Os autores afirmam ainda que as principais consequências da coleta e destino final do lixo de modo inadequado são: contaminação do solo, poluição das águas, superficiais e subterrâneas, proliferação de focos de doenças e obstrução dos sistemas de drenagens.

No caso da microbacia do Passarinho nota-se que a quantidade de impactos produzidos pelos resíduos sólidos urbanos ultrapassa os que foram mencionadas pelos autores podendo ser acrescentado, acúmulo de lixo no leito do canal, assoreamento e inundações das áreas mais baixas em período chuvoso, tornando estes locais impróprios à ocupação humana (SOUZA E ALBUQUERQUE 2013).

A análise de textura de uma determinada amostra de solo consiste em reconhecer a composição granulométrica dos minerais constituintes do solo de forma individualizada. Normalmente estes constituintes apresentam tamanhos variados e por esta razão, para que se tenha um melhor conhecimento de sua natureza necessitam ser separados em classes. Neste sentido as principais classes granulométricas são representadas pela fração de argila, silte e areia. Assim, a composição dos depósitos de meandros geralmente apresentam proporções menores de seixos do que os depósitos residuais de fundo de canal.

Neste contexto ressalta-se que as barras de meandro são de modo geral, constituídas de sedimentos arenosos, siltico-argilosos ou conglomeráticos, pobremente selecionados ou mais

ou menos bem selecionados granulometricamente. Sendo assim, os ensaios realizados com as amostras de solo coletadas na microbacia do Passarinho apresentaram os seguintes resultados: no ponto 01 o percentual de areia correspondeu a 82%, representando o elemento predominante encontrado na amostra. A quantidade de argila foi de 10%, seguido de silte com 8% como mostra a gráfico 8.

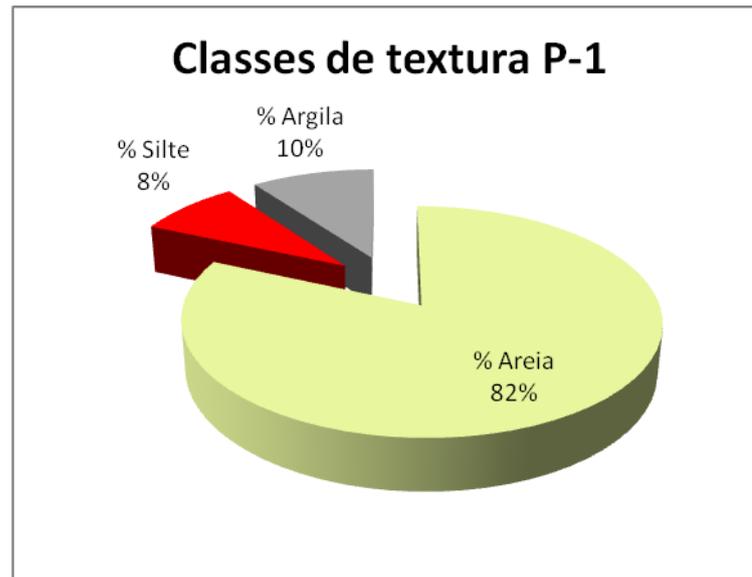


Gráfico 8: Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no curso Superior, margem esquerda da microbacia do Passarinho.

Fonte: Atividade de campo/ensaios em laboratório em março de 2014.

Com relação à amostra selecionada no ponto 02 o sedimento de maior proporção foi a areia com 85%, em seguida silte com 10% e argila representou 5%. Nesta amostra é possível perceber uma pequena variação de 3% a mais no percentual de areia em relação à amostra anterior e uma redução nos percentuais de argila, como mostra gráfico 9.

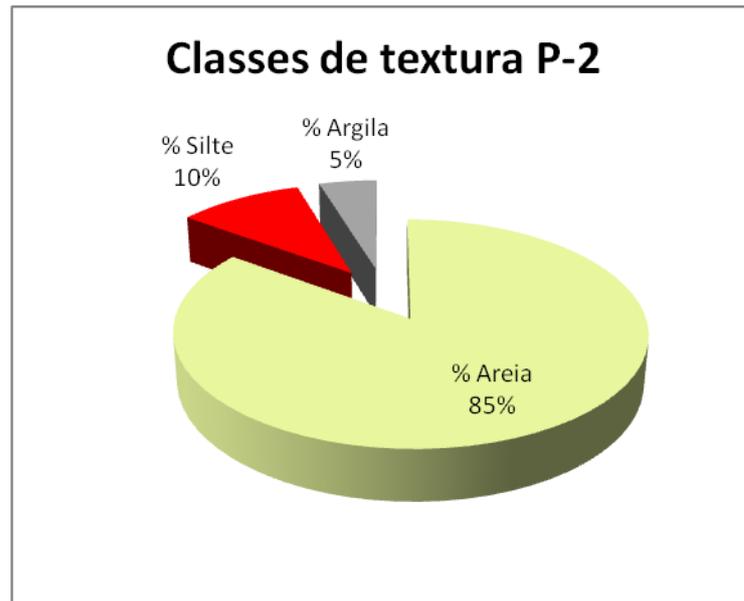


Gráfico 9: Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no curso superior, margem direita da microbacia do Passarinho.  
Fonte: Atividade de campo/ensaios em laboratório em março de 2014.

No ponto 03 o resultado da análise de solo correspondeu a areia 92%, silte 5% e argila 3% conforme o gráfico 10.

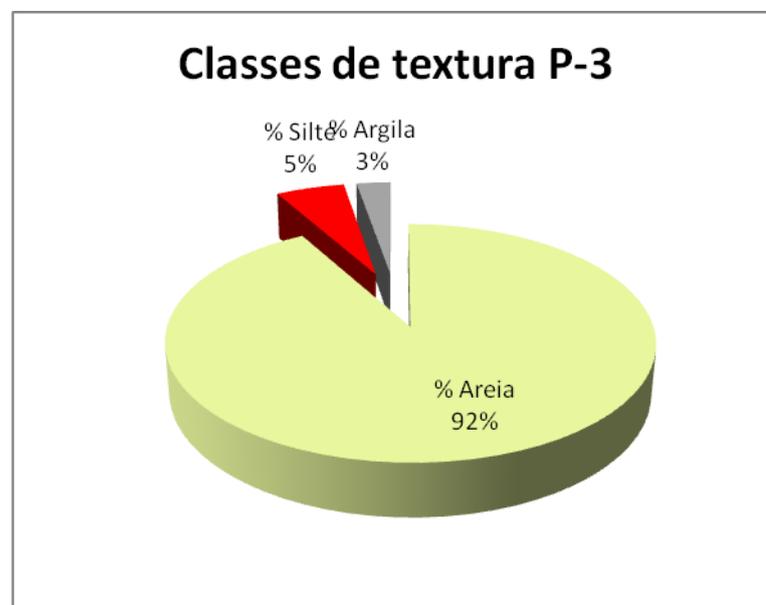


Gráfico 10: Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no curso médio, margem esquerda da microbacia do Passarinho.  
Fonte: Atividade de campo/ensaios em laboratório em março de 2014.

No ponto 04 obteve-se o seguinte resultado: areia 93%, silte 4% e argila e argila 3% conforme a gráfico 11.

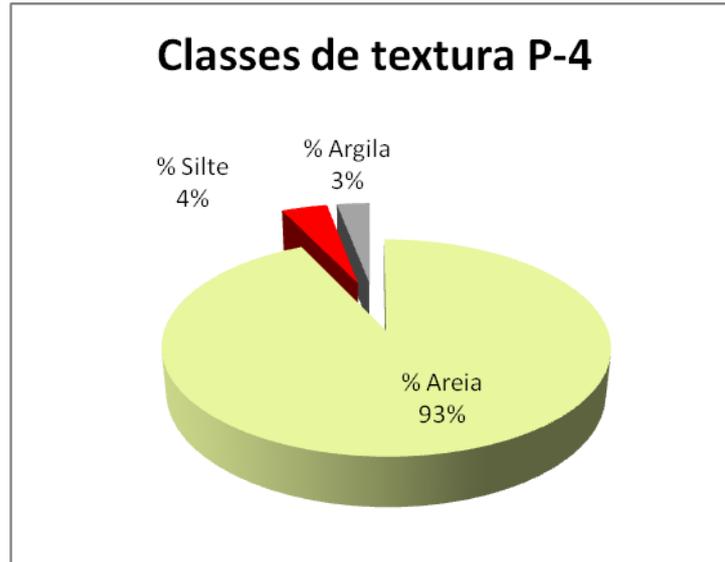


Gráfico 11: Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no curso médio, margem direita da microbacia do Passarinho.  
Fonte: Atividade de campo/ensaios em laboratório em março de 2014.

Com relação ao ponto 05 o resultado da análise correspondeu à areia 99%, argila 1%. Nesta amostra não houve a constatação do elemento silte como mostra a gráfico 12.

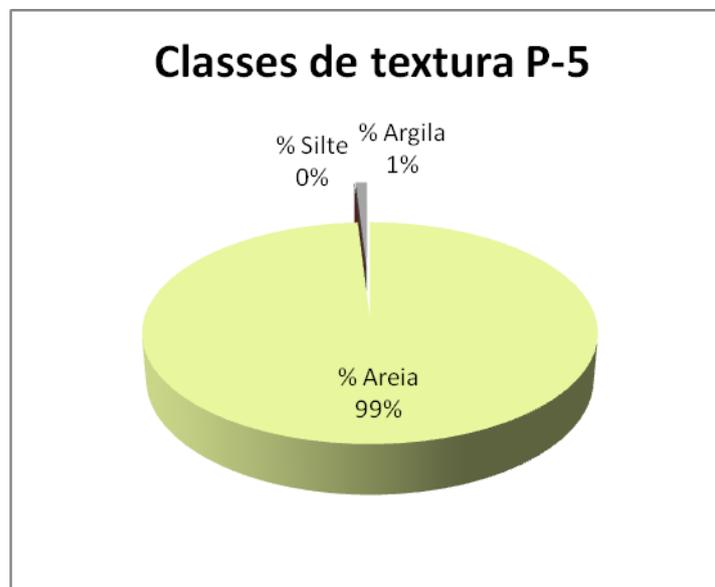


Gráfico 12: Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no baixo curso, margem esquerda da microbacia do Passarinho.  
Fonte: Atividade de campo/ensaios em laboratório em março de 2014.

Quanto ao ponto 06, gráfico 13 o resultado obtido através da análise correspondeu a areia 98%, argila 2% o elemento silte não foi encontrado nesta amostra.

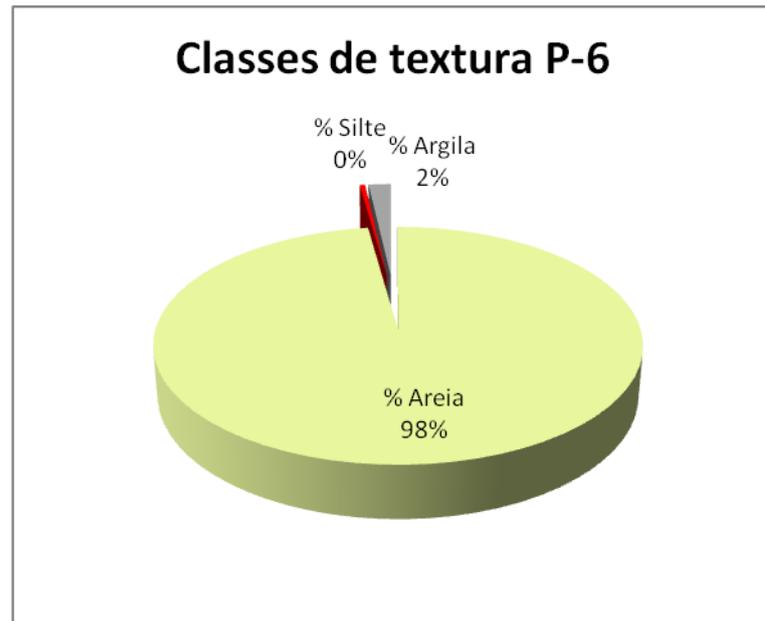


Gráfico 13: Classes de textura encontradas na amostra de solo coletada no baixo curso, margem direita da microbacia do Passarinho.  
Fonte: Atividade de campo/ensaios em laboratório em março de 2014.

Assim, o quadro 3 corresponde ao resumo dos resultados apresentados nos gráficos acima e permite uma melhor visualização das classes de texturas representadas nas barras sedimentares que constitui o canal de drenagem da microbacia do Passarinho.

Quadro 3: Classes de textura e dados granulométricos referentes microbacia do Passarinho.

Localização	Ponto de coleta	Profundidade	% Areia	% Silte	% Argila	Classes de textura
Seção do curso superior	P-1	25 cm	82,0	8,0	10,0	Areia Franca
Seção do curso superior	P-2	25 cm	85,0	10	5,0	Areia Franca
Seção do curso médio	P-3	25 cm	92,0	5,0	3,0	Areia
Seção do curso médio	P-4	25 cm	92,0	5,0	3,0	Areia
Seção do curso inferior	P-5	25 cm	99,0	0,0	1,0	Areia
Seção do curso inferior	P-6	25 cm	98,0	0,0	2,0	Areia
Média obtida em cada classe de textura	-	-	91,33	4,666	4,00	-

Fonte: Atividade de campo/ensaios em laboratório em março de 2014

Os dados apresentados acima demonstram que os solos que constituem as amostras analisadas apresentaram três classes granulométricas: areia, argila e silte, sendo que a maior

fração encontrada no decorrer dos ensaios corresponde à classe das areias que apresentou em média 91,33 % do material analisado.

Com relação à classificação e diâmetro das areias, os ensaios realizados em laboratório contribuíram para a base de dados utilizados na elaboração da curva granulométrica onde se constatou que 49% da fração de sedimentos identificados na microbacia do Passarinho correspondem a areia fina, cujo tamanho dos grãos equivale a 0,125 mm. O segundo item com maior proporção foi a areia média que representou 30%, seguido da fração de areia muito fina que apresentou diâmetro equivalente a 0,062 e percentual de 11%, os demais grupos tais como areia grossa e areia muito grossa apresentaram as menores proporções 8% e 2% respectivamente, como mostra o gráfico 14.

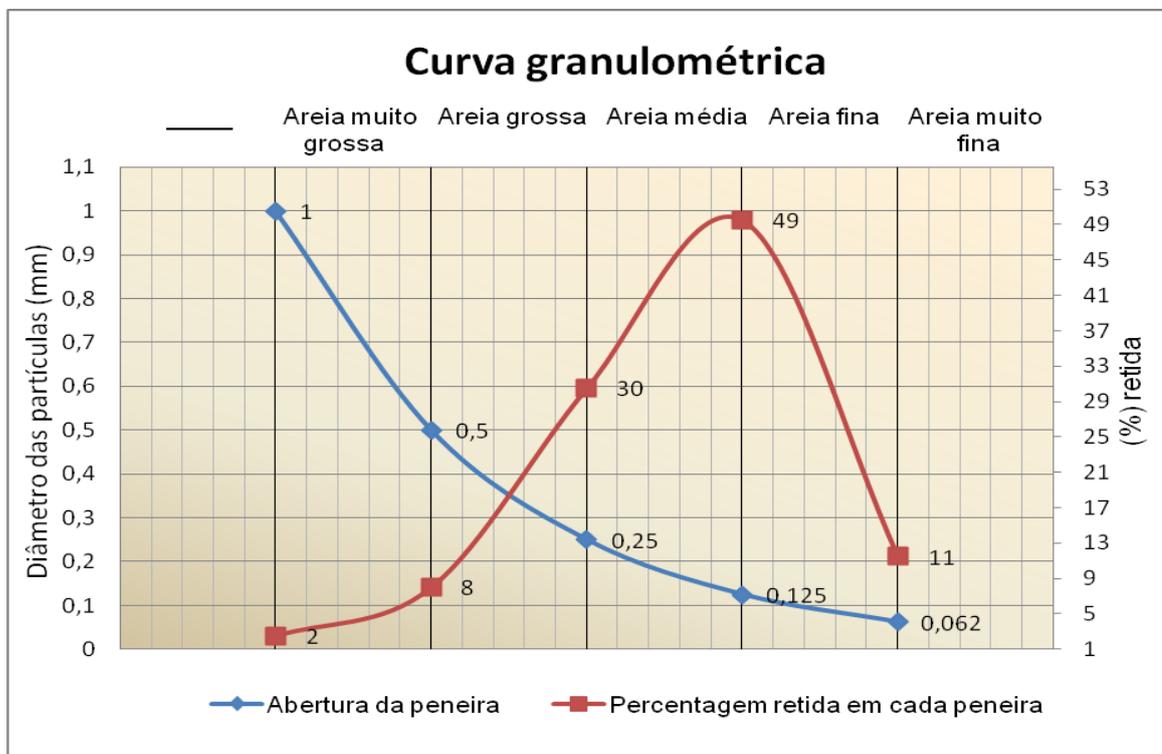


Gráfico 14: Curva granulométrica referente às amostras de solo coletada na microbacia do Passarinho.

Fonte: Atividade de campo/ensaios em laboratório em março de 2014.

Os resultados apresentados acima correspondem às classes granulométricas e as frações de areias identificadas nas amostras de solo que constituem as barras sedimentares das seções do curso superior, médio e baixo curso da microbacia do Passarinho. Estes resultados demonstraram que as barras sedimentares correspondentes ao baixo curso do canal, mais especificamente nos pontos 05 e 06 apresentaram maiores frações de areia e pouca

concentração de resíduos se comparados às amostras selecionadas nas seções do percurso canalizado.

A possível explicação para este resultado pode estar associada ao fato das barras sedimentares tecnógenas apresentarem maior proporção de areia fina adquirindo maior estabilidade se comparadas às barras sedimentares formadas no leito do canal composta por sedimentos mais grosseiros e pesados. Assim uma das peculiaridades das barras tecnógenas consiste em se agregarem junto as margem dos canais retificados e ali permanecerem por longo período contribuindo, inclusive, para um novo ajuste do leito do canal de drenagem quando este é submetido às obras da engenharia, como mostra a figura 34.



Figura 34: Dinâmica da formação das barras sedimentares tecnógenas em canais retificados. (A) processo de remoção de barra sedimentar; (B) Expansão da barra sedimentar no leito do canal. Fonte: Atividade de campo em maio de 2011 e janeiro 2014.

A primeira imagem da figura acima mostra uma das barras sedimentares formada no curso médio da microbacia do passarinho sendo removida durante o processo de dragagem do canal, o objetivo desta remoção seria a desobstrução para aumentar o fluxo e a capacidade de vazão. Na segunda imagem é possível observar que após dois anos formou-se uma nova barra sedimentar no mesmo local. Este resultado indica a existência de processos de sedimentação ativo envolvendo fatores morfodinâmicos: erosão, transporte e deposição que atuam principalmente nas áreas de encosta e locais a céu aberto situados na área da microbacia.

A proporção correspondente ao total de sedimentos naturais em relação à quantidade de resíduos de origem antropogênica (lixo) coletados nas amostras de solo selecionadas na microbacia do Passarinho foi realizada por meio da obtenção do percentual e do volume

destes materiais utilizando-se como recipiente um “balde de plástico” com capacidade para 0,008m<sup>3</sup>. A definição do volume do recipiente foi obtida com base na seguinte fórmula:

- Volume (v) =  $\pi \cdot r^2 \cdot h$ , onde (v) = 3,14 x 0,1042<sup>2</sup> x 0,23
- Volume (v) = 3,14 x 0,01085 x 0,23 = 0,008m<sup>3</sup>

Onde,  $\pi$  = PI;

$r^2$  = Raio da circunferência ao quadrado;

h= Altura

Após obter o valor correspondente ao volume do recipiente (0,008m<sup>3</sup>) foram providenciados os valores líquidos tanto dos sedimentos naturais quanto dos materiais de origem antropogênica de modo a estabelecer a percentagem e o volume total atribuído os materiais selecionados em cada ponto de coleta, como mostra o quadro 4.

Quadro 4: Percentagem e volume de solo e de lixo encontrados nas barras sedimentares na microbacia do Passarinho em Manaus AM.

<b>Percentagem de solo e lixo obtido em cada ponto de coleta na microbacia do Passarinho</b>											
<b>Ponto – 01 Alto curso</b>		<b>Ponto – 02 Alto curso</b>		<b>Ponto -03 Médio curso</b>		<b>Ponto -04 Médio curso</b>		<b>Ponto -05 Baixo curso</b>		<b>Ponto -06 Baixo curso</b>	
Solo	Lixo	Solo	Lixo	Solo	Lixo	Solo	Lixo	Solo	Lixo	Solo	Lixo
97%	3%	96%	4%	98%	2%	92%	8%	99%	1%	95%	5%
Solo (Percentagem total) = 96%						Lixo (Percentagem total) = 4%					
Percentagem total 100%											
<b>Volume do material em (m<sup>3</sup>) calculado com base no número de vezes em que o recipiente de medida “balde” foi preenchido até a borda em cada ponto de coleta.</b>											
Solo	Lixo	Solo	Lixo	Solo	Lixo	Solo	Lixo	Solo	Lixo	Solo	Lixo
31x 0,008	1x 0,008	30x 0,008	1,25x 0,008	32x 0,008	0,6x 0,008	29x 0,008	2,5x 0,008	32,5x 0,008	0,05x 0,008	30,5x 0,008	1,6x 0,008
0,243 m <sup>3</sup>	0,008 m <sup>3</sup>	0,235 m <sup>3</sup>	0,010 m <sup>3</sup>	0,250 m <sup>3</sup>	0,006 m <sup>3</sup>	0,227 m <sup>3</sup>	0,020 m <sup>3</sup>	0,255 m <sup>3</sup>	0,0004 m <sup>3</sup>	0,239 m <sup>3</sup>	0,013 m <sup>3</sup>
Total de solo = 1,450m <sup>3</sup>						Total de lixo = 0,056m <sup>3</sup>					
Total de material obtido nas seis amostras = 1,506m <sup>3</sup>											

Fonte: Atividade de campo realizada em junho de 2014.

Referente à proporção entre os sedimentos naturais e os resíduos sólidos urbanos identificados nas amostras de solo da microbacia do Passarinho foi constatado que a quantidade de sedimentos naturais (areia, silte e argila) correspondeu a 96%, enquanto os



Na verdade quando se atribui a definição de depósitos sedimentares tecnógenos ao relevo modificado direta e indiretamente pela ação humana, transmitimos a idéia de que se trata de um relevo cujo processo de formação se diferencia do processo natural em função de suas características e também por conta do material existente em sua composição, Conforme menciona Peloggia (1998).

“O caráter litológico dos depósitos tecnogênicos, relaciona-se ao ambiente gerador e à idade (pois são exclusivos do Tecnógeno), no entanto, enquanto os depósitos formados direta ou indiretamente pela ação geológica humana são tecnogênicos, qualquer depósito formado na época atual, em que a ação humana torna-se característica distintiva e original, pertence ao Tecnógeno, mesmo não sendo tecnogênico. Quanto a este aspecto vale esclarecer que o ponto fundamental na questão da classificação (ordenação e hierarquização dos tipos de depósitos) é ter-se claro, na caracterização de um depósito tecnogênico como sendo um registro geológico gerado pela atividade humana”, Peloggia (1998).

No caso da definição das barras sedimentares tecnógenas, nota-se a necessidade de atribuímos a este tipo de deposição uma característica a mais que corresponde à forma ou geometria aplicada aos depósitos sedimentares que compõem o relevo fluvial no ambiente urbano. Neste caso o entendimento é de que não se trata simplesmente de um depósito de sedimentos, mais sim, de um processo de deposição onde as características se expressam por meio do volume de sedimentos, da composição e pelo perfil inerente a forma do relevo estabelecido de acordo com a geomorfologia fluvial. Assim, as figuras 36 e 37 representam o perfil e as características de uma barra sedimentar tecnógena removida por processo de dragagem, tornando-se possível a constatação de elementos de origem antropogênica compondo as camadas de sedimentos identificadas no canal de drenagem.

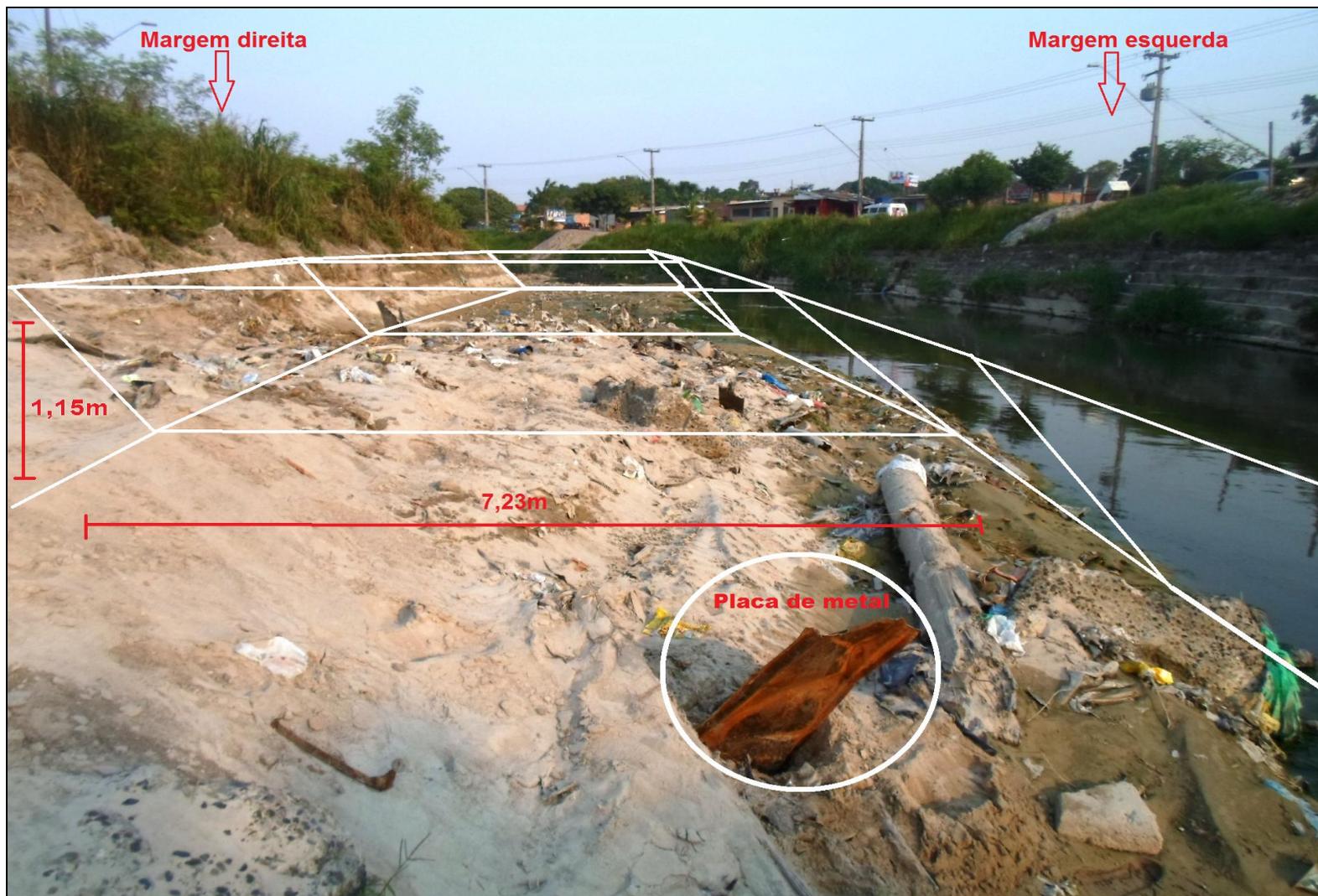


Figura 36: Perfil horizontal e vertical de barra sedimentar tecnógena removida por processo de dragagem.  
Fonte: Atividade de campo desenvolvida pelo autor em agosto de 2014.

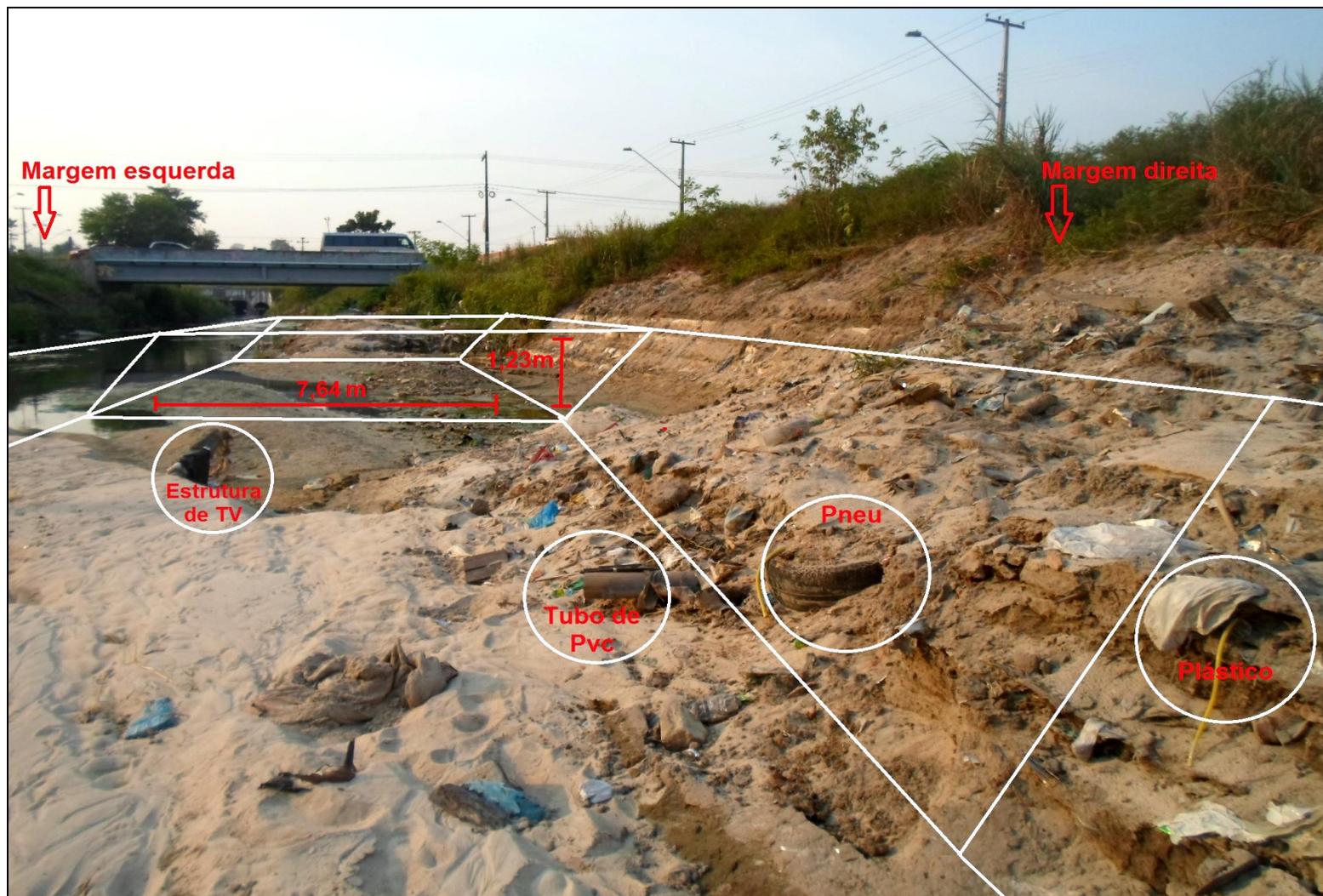


Figura 37: Área ocupada por barra sedimentar tecnógena removida por processo de dragagem realizada no leito do canal de drenagem da microbacia do Passarinho. Fonte: Atividade de campo desenvolvida pelo autor em agosto de 2014.

As imagens acima, bem como as atividades de campo contribuíram para constatação dos problemas ambientais ocorridos na microbacia do Passarinho, principalmente os impactos relacionados ao processo de ocupação e as obras de infraestrutura conforme (OLIVEIRA E COSTA, 2007).

Os resultados destas ações promoveram mudanças significativas na configuração do canal de drenagem e nas áreas próximas a microbacia dentre as quais se podem destacar o aterro da planície de inundação do curso médio e superior, além da construção de vias urbanas que estimularam o processo de ocupação irregular em áreas expostas ao risco de inundação como é o caso da comunidade Rio Pioriní, como mostra a figura 38.



Figura 38: Ocupação irregular na comunidade rio Pioriní na seção do curso médio da microbacia do Passarinho: (A) e (B) área suscetível à inundação.

Neste contexto, as mudanças na morfodinâmica dos canais são visíveis na microbacia do Passarinho principalmente no que tange aos problemas ambientais relacionados às áreas de inundação em virtude das enchentes que ocorrem no período chuvoso. Deste modo, a construção de residência nestes locais constitui o principal motivo para transformá-los em áreas de risco, sendo que a ausência de infraestrutura e de saneamento adequado acaba contribuindo para que estes ambientes sejam insalubres e vulneráveis à degradação ambiental em diversas escalas.

Baseado nestes aspectos o mapa a seguir tem por finalidade contribuir com informações sobre a área da microbacia que atualmente são suscetíveis ao risco de inundação e deslizamento de terra, porém continua sendo ocupada sem a devida fiscalização do poder público e dos órgãos ambientais como mostra a figura 39.

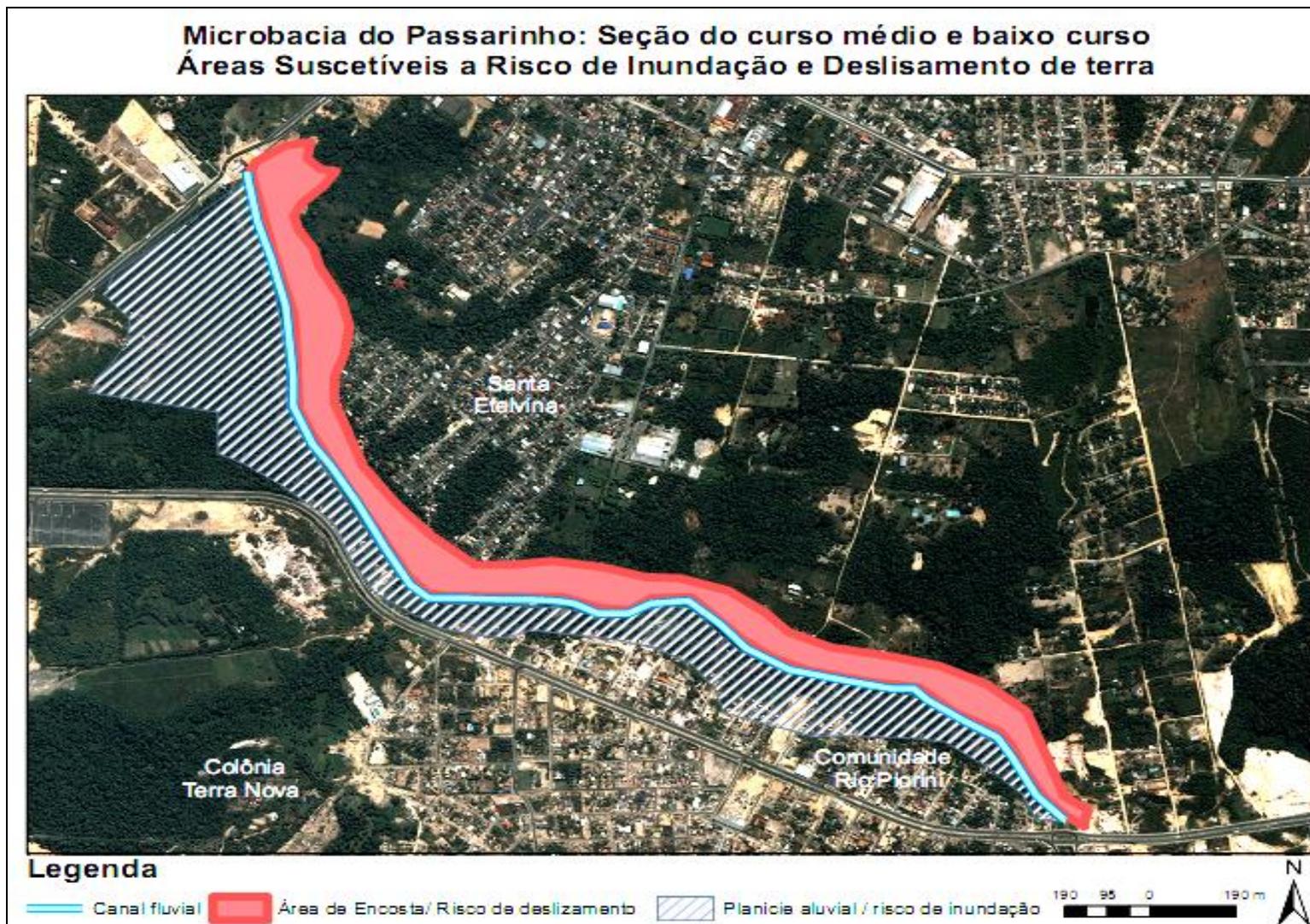


Figura 39: Área suscetível a risco de inundação e deslizamento de terra na microbacia do Passarinho. Elaborado pelo autor em dezembro de 2013.

Os resultados das mudanças nos leitos dos canais, proporcionados pelas obras de terraplenagem para construção de vias de acesso, bem como a construção de residências e ocupação irregular nas áreas da microbacia do Passarinho são alguns dos fatores que podem estar acarretando processos de assoreamento e acúmulo de lixo no leito do canal. Sobre este aspecto Fujimoto (2008) destaca que as diversas modalidades de intervenções na bacia hidrográfica, modificam suas características naturais. Estas intervenções têm como principais consequências à redução da qualidade dos ambientes naturais, a modificação do relevo e o surgimento de novos processos morfodinâmicos e a criação de depósitos tecnógenos.

Neste sentido, analisar as alterações que ocorrem nos ambientes fluviais urbanos representa avanços importantes tanto para Geografia quanto para Geomorfologia uma vez que, estes constituem importantes instrumentos de análise para compreensão dos impactos ambientais que se estabelecem nas áreas urbanas. Ao mesmo tempo, contribuem para visualização de uma problemática que exige do poder público novas formas de gerenciamento e planejamento para as áreas das bacias que leve em consideração a intensidade das transformações produzidas nestes ambientes, tanto por agentes naturais quanto sociais.

## CONCLUSÃO

Este trabalho teve por finalidade analisar a formação das barras sedimentares tecnógenas na microbacia do Passarinho, além de definir o padrão de drenagem da referida unidade de análise. Neste sentido os resultados das análises realizadas com as amostras de solo contribuíram para evidenciar a existência de depósitos tecnógenos na área da microbacia, onde se constatou a presença de sedimentos naturais: areia, silte e argila numa proporção equivalente a 96% do total de amostras coletadas. Os outros 4% correspondem a materiais de origem antropogênica (lixo), cujo resultado da composição gravimétrica, revelou a presença de resíduos constituídos por plástico, metal, tecido, borracha, matéria orgânica entre outros.

O peso líquido obtido a partir da composição gravimétrica das amostras de resíduos foi de aproximadamente 9,016 kg, representando uma média de 1,502 kg/m<sup>2</sup>, sendo que o material mais abundante identificado entre os elementos de origem antropogênica foram os plásticos que somaram 4,9 kg e em percentuais representaram 54% dos resíduos avaliados. Os demais itens que se destacaram durante a pesagem foram às embalagens de metal que registraram peso líquido correspondente 1,27 kg, tecido 1,16 kg, borracha 0,845kg e matéria orgânica com 0,669kg.

A presença e a quantidade destes materiais identificados nas amostras de solo podem ser justificadas principalmente, quando se considera o tempo de vida útil de cada elemento uma vez que as propriedades químicas destes resíduos representam um dos fatores que os possibilitam permanecer na natureza por longo período, sendo que em alguns casos são necessários décadas ou séculos para estes se decomporem.

No que diz respeito à área ocupada pelas barras sedimentares dentro do canal, os resultados obtidos através de processamento da imagem “Ortofoto Manaus referente a 2012” contribuíram para evidenciar a ocorrência de um total de 60 unidades de depósitos sedimentares, distribuídas ao longo do canal. Na seção canalizada a área ocupada pelas barras tecnógenas representaram um valor correspondentes a 13.727,24 m<sup>2</sup>, enquanto que a área ocupada no percurso não canalizado correspondeu a um total de 1.939,2m<sup>2</sup>.

Os resultados apresentados acima constituem elementos importantes para evidenciar a ocorrência de impactos no canal de drenagem da microbacia, principalmente no que tange ao espaço ocupado pelas barras sedimentares tecnógenas que representam agravo direto na capacidade de vazão das águas pluviais e submetem as áreas próximas às margens do canal ao risco de inundações e a problemas relacionados à proliferação de doenças e ao acúmulo de lixo.

Diante do exposto fica evidente a problemática ambiental que vem ocorrendo na microbacia do Passarinho e no sistema de drenagem urbana do município de Manaus, principalmente em função da relação de uso e ocupação do solo que se estabeleceu ao longo do tempo. Esta relação tem se agravado ultimamente por conta da precariedade da coleta de lixo e também por conta das obras de revitalização dos canais de drenagem, que como política pública, tem priorizado o embelezamento das áreas canalizadas em detrimento a uma real política de saneamento básico.

Neste contexto torna-se cada vez mais evidente a necessidade de políticas públicas que viabilizem a melhoria na qualidade dos serviços de limpeza e coleta de lixo, bem como a necessidade de uma política socioambiental que viabilize alternativas de uso e ocupação do solo nas áreas dos igarapés. Além disto, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos mais flexíveis de canalização, que leve em consideração um planejamento adequado de modo a reduzir a degradação dos recursos hídricos e resgatar a qualidade ambiental dos igarapés de Manaus.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Cidade de Manaus. Boletim Paulista de geografia, n. 15, São Paulo, p.18 – 45, out/1953.
- AGUIAR, F. E. O. Alterações climáticas em Manaus no século XX. – Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995. Dissertação de Mestrado em Geografia, 183 pág.
- ANDRADE, João Bosco Ladislau de. Avaliação do Sistema de Limpeza Urbana na Cidade de Campinas Grande. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, 1989. 280 p.
- ANDRADE, João Bosco Ladislau de. Indicadores de Sustentabilidade Aplicáveis à Gestão e Políticas Públicas para os Resíduos Sólidos Industriais: uma contribuição com foco no Pólo Industrial de Manaus. Tese (Pós-Doutorado). Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília (UnB). 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br>> Acesso em: 06. Nov.2012.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. Cap. 3, 2011. In: Guerra, A. J. Teixeira (org.) Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. da. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. 1999 In: GUERRA, Antonio José Teixeira et al. (org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. da; Vitte, A. C. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. Cap. 6, 2012. In: Vitte, A. C.; Guerra, A. J. Teixeira (org.) Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia. São Paulo: Editora Blucher, 1980.
- COSTA, D. P. da; OLIVEIRA, J. A. de O. Conjuntos Habitacionais e a Expansão Urbana de Manaus: filigramas do processo de construção urbana e o papel das políticas habitacionais. MERCATOR - Revista de Geografia da UFC, vol. 6 n. 11, 2007.
- COSTA JUNIOR, W. ; NOGUEIRA, A. B. – A requalificação ambiental dos igarapés de Manaus (2005-2008): um contínuum das políticas de urbanização do século XIX. Cadernos de Pesquisa do CDHIS. Vol. 24. n.1 (2011). Universidade Federal de Uberlândia.
- CUNHA, S. B. da Geomorfologia Fluvial. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/ Antonio Teixeira Guerra e Sandra Batista da Cunha. – 9ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil 2009.
- \_\_\_\_\_: CUNHA, S. B da; GUERRA, A. J. T. A. *Questão Ambiental: diferentes abordagens.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2010.

\_\_\_\_\_; CUNHA, S. B. da; (org) Impactos ambientais urbanos no Brasil. – 9ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2012.

CURCIO, G. R.; LIMA, V. C.; GIAROLA, N. F. B. Antropossolos: proposta de ordem (1ª aproximação). Colombo: Embrapa Florestas, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). Manual de métodos de Pesquisa de solo. 2. Ed. Rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FANNING, D. J. & FANNING, M. C. B. Soil: morphology, genesis and classification. New York: John Wiley & Sons, 1989. 395 p.

FORTES, M. R. Planejamento Ambiental Urbano em Microbacia Hidrográfica; Uma Introdução ao Tema. In Rebello, A; (org.) Contribuições Teórico-metodológica da Geografia Física. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2009. p 193-219

FRANZINELLI, E., IGREJA, H., 2002. Modern sedimentation in the lower Negro river, Amazonas State, Brazil. *Geomorphology*, 259 – 272.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Alterações ambientais na região metropolitana de Porto Alegre – RS: um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana. In: NUNES, J.O.R; ROCHA, P. C. Geomorfologia: aplicação e metodologias. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 95-115.

GOUDIE, A. The human impact. Oxford, Blackwell, 1981.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T., Novo Dicionário Geológico-geomorfológico/ Antônio Teixeira Guerra e Antônio Jose Teixeira Guerra. 3ª edição, Rio de Janeiro: Bertrand, Basil 2003, 651p.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. Geomorfologia Ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2006.

GÜNTHER, W. M. R.; RIBEIRO, H. Resíduos sólidos urbanos. In: Ribeiro (org). Patrimônio ambiental brasileiro. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003.

HIGUCHI, M. I. G. e HIGUCHI, N. A Floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental. Manaus: INPA, 2004.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://WWW.ibe.gov.br/cidades>>. Acesso em 27 de mai. 2012.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Estatística dos municípios: Cidade de Manaus.. Disponível em: <<http://WWW.ibe.gov.br/cidades>>. Acesso em novembro de 2013.

IGREJA, H. L. S. Aspectos do modelo neotectônico da Placa Sul-Americana na Província Estrutural Amazônica, Brasil. Tese referente ao concurso de Professor Titular. Manaus: UFAM – Departamento de Geologia. (2000). 151 p.

LATRUBESSE, E. M.; FRANZINELLI, E. The late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implications for island and floodplain formation; in large anabranching tropical system. *Geomorphology* 70 Elsevier (2005) 372– 397.

LIMA, M. C. Contribuição ao estudo do processo evolutivo de boçorocas na área urbana de Manaus. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Civil: FT/UNB. (1999). 150 p.

LIMA, M. C. O ir e vir urbano: uma análise sobre o transporte coletivo na Manaus dos anos de 1980-2000. (2005) - Dissertação de mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia. Universidade Federal do Amazonas UFAM, Manaus, AM.

MANO, E. B. Meio ambiente, poluição e reciclagem. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

MASCARENHAS JUNIOR, T. A. Fenômenos meteorológicos extremos em Manaus – AM: Sazonalidade e impactos no ambiente urbano. 2009. 199 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Amazonas UFAM, Manaus, AM.

MENDONÇA, J. K. S. GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e a questão ambiental. Cap. 8, 2012. In: Vitte, A. C.; Guerra, A. J. Teixeira (org.) Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

MENEGUZZO, I. S. Análise da degradação ambiental na área urbana da bacia do Arroio Gertrudes, Ponta Grossa, PR: Uma contribuição ao planejamento ambiental. 2006. 99 p. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Departamento de Ciências agrárias, 2006. Universidade Federal do Paraná - Curitiba.

MONTEIRO, M. Y. Fundação de Manaus. 4. ed. Manaus: Editora Metro Cúbico, 1994.

MUNIZ, L. da S.; VIEIRA, A. F. G. (2004). Voçorocas do Distrito Industrial II – Manaus (AM). In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I 218 Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. (Anais). Santa Maria: UGB/UFSM. p. 150-165.

ODUM, E. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos Tecnogênicos associados à erosão atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, 6, 1990. Salvador. Atlas...Salvador, ABGE, V. 1, P,411-415.

OLIVEIRA, J. A. de. Manaus de 1920-1967. A cidade doce e dura em excesso. Manaus: Editora Valer/ Governo do Estado do Amazonas/ Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2003.

OLIVEIRA, J. A. de. Manaus: as contradições de uma cidade na (da) selva. In: NUNES, Balisar Ferreira (Org.); Ana Clara Torres Ribeiro, et al, Sociologia de capitais brasileiras: participação e planejamento urbano. Brasília: Líber Livro Editorial, 2006.

OLIVEIRA, J. A; SHOR, T. Manaus: transformações e permanências, do forte à metrópole regional. In: Castro, Edna. (org.) Cidade na Floresta. São Paulo: Anna Blume, 2008. p.59-98.

PELOGGIA, A. O Homem e o Ambiente Geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. São Paulo, Xamã. (1998) 271p.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. Revista do Departamento de Geografia, 17 (2005) 101-111.

ROHDE, G. M. (1996) Epistemologia ambiental. Porto Alegre, Edipucrs. (1996) 231p.

ROSSATO, M. S. Assoreamento e formação de depósitos tecnogênicos na Barragem Lomba do Sabão, Porto Alegre e Viamão – RS 2000. 66F. Monografia (Graduação) – Departamento de Geografia, Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SANTOS, M. C. dos. Lixo: curiosidade e conceitos/ Cláudia Saldanha de Oliveira Topan e Ellen Kathilen Rebelo Lima Editora da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2002. 169 p.

SANTOS FILHO, R. D. Antropogeomorfologia Urbana. Cap. 7, 2011. In: Guerra, A. J. Teixeira (org.) Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

SCORIZA, R. N.; Pereira, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. Revista Floresta e Ambiente v.2, n.2, p. 01 - 18, 2012.

SEWELL, G. H. Administração e Controle da Qualidade Ambiental. Tradução Gildo Magalhães dos Santos Filho – São Paulo: Epu: Ed. da Universidade de São Paulo. CETESB, 1978.

SILVA, C. L. Análise da tectônica cenozóica na região de Manaus e adjacências. Rio Claro. Tese de doutorado em geologia regional, defendida no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (Unesp). 2005.

SILVA, D. A. da. A influência das áreas verdes no clima da cidade de Manaus. 289 p. Dissertação de Mestrado em Geografia – Universidade Federal do Amazonas 2009.

SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Depósitos Tecnogênicos na cidade de presidente prudente – SP. In: Anais XVI Encontro Nacional dos Geógrafos: Crise, práxis e autonomia: espaços de resistências e de esperanças. Espaço de diálogos e Prática. Porto Alegre, RS, 2010 Disponível em: <[www.ufsm.br](http://www.ufsm.br)>. Acesso: em 18. abr. 2013.

SOUZA, N. D. de. Moradia em áreas inundáveis na cidade de Manaus: O igarapé do Quarenta. Manaus: Centro de Ciências do Ambiente – Universidade Federal do Amazonas, 1999. (Dissertação de mestrado, 114 p.).

SOUZA, J. C. S; ALBUQUERQUE, A. R. C. Impacto dos resíduos sólidos urbanos na bacia hidrográfica do igarapé do passarinho: Manaus – AM. In: Anais do XV Simpósio de Geografia Física Aplicada. Vitória. ES, 2013.

STERNBERG, H. O. Vales tectônicos na planície Amazônica? Revista Brasileira de Geografia, v. 12: 513-533 1950.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geomorfologia: novos conceitos e abordagem, In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA E I FÓRUM AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7, 1997, Anais.. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná.

SUGUIO, K. Ambientes fluviais/ João José Bigarella. 2ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC: Universidade Federal do Paraná, 1990.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana In: Revista Brasileira dos Recursos Hídricos/RBRH/ Associação Brasileira dos Recursos Hídricos – Vol.7, n.1 – Porto Alegre / RS: ABRH, 2002. p 5-27.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. G., Gerenciamento Integrado em Drenagem Urbana: Quantificação e Controle de Resíduos Sólidos. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos / ABRH, Curitiba, 2003.

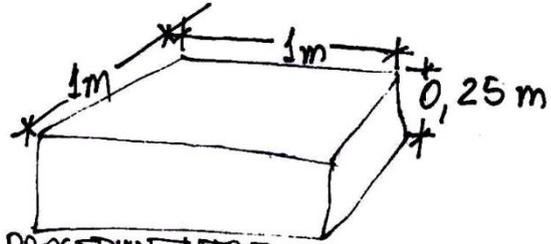
TUCCI, C. E. M.; BRAGA, C. (Org.). Clima e Recursos Hídricos no Brasil: Coleção ABRH de Recursos Hídricos, V 9. Porto Alegre ABRH 2003.

TUCCI C. E. M.; NEVES M. G. F. P. das. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Estudo de Caso. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos RBRH Volume 13 n.4 Out/Dez 2008, 43-53.

VALLE, A. S.; OLIVEIRA, J. A. A cidade de Manaus: análise da produção do espaço urbano a partir dos Igarapés. In: OLIVEIRA, José Aldemir de. ET al. (Org.). Manaus: visões interdisciplinares. Manaus: EDUA, 2003.p. 151.

VIEIRA, A. F. G. Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): Principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais. 223p. Tese de Doutorado em Geografia – Universidade Federal de Santa Catarina 2008.

# ANEXOS

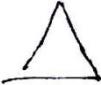


PROCEDIMENTOS  
malha 2mm

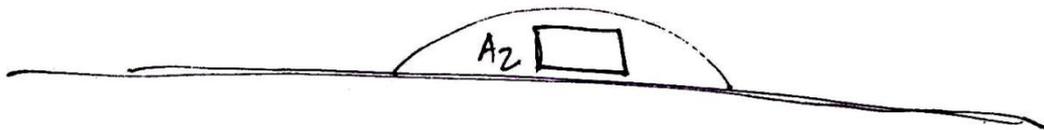
retirada manual do lixo

\* ~~pesagem~~ <sup>conjunta</sup> do lixo: OK! (

\*

Metal 

Plástico



Mancus, 18/dez. 2013  
Bosco Tradislan

$$\begin{aligned} \text{Área da barra} &= x \text{ m}^2 \\ \text{Total de } \overset{\text{lixo}}{\text{Área}} \text{ da caixa} &= ? \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Área da barra} &\text{ ————— } x \text{ m}^2 \\ \text{Área do lixo} &\text{ ————— } ? \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Exemplo (Simulação)

Área da barra —

$$\begin{aligned} 1 \text{ m}^2 &\text{ ————— } 5 \text{ Kg} \\ 1000 \text{ m}^2 &\text{ ————— } x \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$5.000 \text{ Kg} = 5 \text{ t}$$

$$\frac{50}{20} = \frac{5}{1000}$$

$$\begin{aligned} \text{Área} &= \text{largura} \times \text{comp} \\ \text{Volume} &= \text{largura} \times \text{comp} \times \text{altura} \end{aligned}$$

\* Amostra  $A_1$  ( $A_1$ )

① Após o desenvolvimento dos procedimentos amostrais, pesar a quantidade total do lixo encontrado

↓  
OBS.: Este peso total deve ser determinado descontando o peso do recipiente vazio.

② Peso líquido do lixo — 100 %

③ Separar os componentes por tipo

Metal (---)  $\Delta = X$

Vidro —  $\Delta = Y$

Plástico —  $\Delta = Z$

Couro —  $\Delta = W$

Madeira —  $\Delta = \emptyset$

Outros (----)

$A_L$  — 100 %

Metal — X %

$X = \frac{\text{---}}{\text{Metal}} \%$