



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

**VOÇOROCAS E A PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA  
DA COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO EM MANAUS (AM)**

**Alcinéia de Jesus Barbosa**

**Manaus-AM  
2013**

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

**Alcinéia de Jesus Barbosa**

**Voçorocas e a produção de sedimentos na bacia  
da Colônia Antônio Aleixo em Manaus (AM)**

**Orientador: Prof. Dr. Antônio Fábio Sabbá Guimarães Vieira**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, como um dos pré-requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia, área de concentração Amazônia: Território e Ambiente.

**Manaus-AM  
2013**

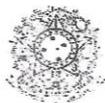
### Ficha Catalográfica

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

B238v Barbosa, Alcinéia de Jesus  
Voçorocas e a Produção de Sedimentos na Bacia da Colônia  
Antonio Aleixo em Manaus - Am / Alcinéia de Jesus Barbosa. 2018  
80 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fábio Guimarães Vieira  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Erosão. 2. Sedimentos. 3. Bacia Colonia Antonio Aleixo. 4.  
Voçorocas. 5. Degradação. I. Vieira, Prof. Dr. Antonio Fábio  
Guimarães II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado do(a) Senhor(a) **ALCINÉIA DE JESUS BARBOSA**, aluno(a) do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Ciências Humanas e Letras da Universidade Federal do Amazonas, área de concentração em Amazônia: Território e Ambiente, realizada no dia **19 de setembro de 2013**.

Aos **dezenove** dias do mês de **setembro** de **2013**, às **09:30 horas**, nas dependências da Universidade Federal do Amazonas, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada **“VOÇOROCAS E A PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA DA COLÔNIA ANTONIO ALEIXO EM MANAUS - AMAZONAS”**, sob orientação do(a) Professor(a) Doutor(a) **ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA (DEGEO/UFAM)**, do(a) aluno(a) **ALCINÉIA DE JESUS BARBOSA**, em conformidade com o Art. 83 do Regimento Geral de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, como parte final de seu trabalho para a obtenção do grau de **MESTRE EM GEOGRAFIA**, área de concentração em **AMAZÔNIA: TERRITÓRIO E AMBIENTE**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Professor(a) Doutor(a) **Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, Orientador(a)/Presidente (DEGEO/UFAM)**, Professor(a) Doutor(a) **Masato Kobiyama (UFRGS)** e o(a) Professor(a) Doutor(a) **Eduardo da Silva Pinheiro (DEGEO/UFAM)**. O(A) Presidente da Banca Examinadora deu início à sessão convidando os membros da Banca e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares. Em seguida, o(a) Senhor(a) Presidente informou sobre o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao(a) Mestrando(a) para apresentar uma síntese do seu estudo e responder às perguntas formuladas pelos membros da Banca Examinadora. Após a apresentação e arguição pelos membros da Banca Examinadora, esta se reuniu onde decidiu, por unanimidade, que o(a) aluno(a) foi **“...Aprovada...”**. A sessão foi encerrada. Eu, **Maria das Graças Luzeiro**, Secretária do PPG-GEOG, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim, pelos membros da Banca Examinadora e pelo(a) Mestrando(a). Manaus (AM), **19 de setembro de 2013**.

Banca Examinadora	Rubrica	Conceito
Prof(a) Dr(a) <b>ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA</b> Orientadora/Presidente (DEGEO/UFAM)		“Aprovada”
Prof(a) Dr(a) <b>MASATOKOBIYAMA</b> Membro Titular (UFRGS)		“Aprovada”
Prof(a) Dr(a) <b>EDUARDO DA SILVA PINHEIRO</b> Membro Titular (DEGEO/UFAM)		“Aprovada”
 <b>Alcinéia de Jesus Barbosa</b> Mestranda	 <b>Maria das Graças Luzeiro</b> Secretária do PPG-GEOG	

## **EPÍGRAFE**

“Aprenda como se fosse viver para sempre e viva como se fosse morrer amanhã” (Mahatma Gandhi)

## DEDICATÓRIA

Dedicado esta dissertação a Deus e a minha família, especialmente a meu pai por me ensinar valores que jamais serão esquecidos, principalmente por está sempre ao meu lado e pelo incentivo.

“Obrigada, Senhor, por que contigo todas as coisas são possíveis e, por isso, posso enfrentar com fé e esperança as situações aparentemente impossíveis em minha vida” (Mateus 19: 26).

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela vida que me proporcionou até agora e a oportunidade de estudar a ciência geográfica;

À minha família, em especial a meu pai, Alcione Nunes Barbosa e a minha sobrinha Yasmin Emilly Barbosa Rodrigues por ter me apoiado durante a graduação e pós-graduação;

Ao Prof. Dr. Antonio Fábio Guimarães Vieira, pela oportunidade e por dividir seus conhecimentos geográficos;

Aos moradores das margens da bacia Colônia Antonio Aleixo – área de estudo, especificamente ao Sr. Paulo e também seus filhos e netos, pelo aluguel do barco imprescindível na aquisição dos dados fluviais e pela presteza mostrada para realização do trabalho;

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

Ao Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro por ter participado da banca de qualificação e pela contribuição ao trabalho na organização dos mapas;

Ao Prof. Naziano Filizola *Ph*, por sua participação na banca e grande contribuição para o andamento deste trabalho, além das sugestões.

À Profa. Dra. Edivania dos Santos Schropfer pela disponibilidade em participar da banca examinadora e contribuições pertinentes ao trabalho;

À Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, pelo fornecimento da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível realizar este trabalho;

Ao Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos da Universidade Federal do Amazonas - UFAM e Laboratório de Potamologia da Universidade Federal do Amazonas- UFAM;

À minha amiga Nádia Rafaela, pelo apoio e incentivo nas horas de desânimo;

Aos amigos da turma do mestrado de 2011 e 2012 do PPG- Geografia, em especial a Luciana da Silva Muniz, Luciana Moura, Rosilene Gomes,

Teresinha Aleman Amazonense, Raimundo Nonato de Abreu Aquino, Regiane Campos Magalhães e Emerson Silva pela amizade e auxílio ao longo do curso de pós-graduação;

Ao Armando Frota Filho pelo apoio, presteza e correção do abstract.

A todos os professores do curso de mestrado em Geografia que com dedicação socializaram o conhecimento, apontando direções.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Canal principal da Bacia Colônia Antônio Aleixo. Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2012).....	15
Figura 2 - Mapa de localização da Bacia da Colônia Antônio Aleixo. Fonte: Modificado de Marinho (2012). .....	16
Figura 3 - Situação da bacia sedimentar do Amazonas (em azul), principalmente a cidade de Manaus (seta vermelha), que se encontra inserida nesta bacia. Fonte: Modificado de Reis e Almeida (2010). .....	19
Figura 4 - A área em destaque (cor branca) é a microbacia Colônia Antônio Aleixo, que revela alterações na cobertura vegetal da cidade de Manaus (AM) nos anos de 1977; 1994 e 2011. Fonte: Modificado de Pinheiro <i>et al.</i> (2013). .....	22
Figura 5 - Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo. Outubro/2009.....	31
Figura 6 - Fluxograma dos materiais e procedimentos adotados.....	33
Figura 7 - Comparativo da proposta de Strahler (1952) modificado de Horton (1945).....	34
Figura 8 - Draga Van Veen. ....	36
Figura 9 - Ecobatímetro .....	36
Figura 10 - Cálculo da velocidade média do rio .....	37
Figura 11 - Garrafa de Van Dorn na qual foi coletado o material em suspensão.....	38
Figura 12 - Disco de Secchi.....	39
Figura 13 - Coleta de solo das margens da Bacia Colônia Antônio Aleixo Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa.....	40
Figura 14 - Quarteador tipo Jones. ....	41
Figura 15 - Argila em suspensão pronta para a sua retirada.....	42
Figura 16 - Disposição dos beckeres com amostras. ....	44
Figura 17 - Peneirador mecânico que foi utilizado nas separações das frações de areia.....	45
Figura 18 - Bomba a vácuo para análise de sedimentos em suspensão.....	46
Figura 19 - Mostra os pontos de coleta de sedimentos em suspensão e de solo das margens Organização: Eduardo Pinheiro (2013).....	47
Figura 20 - Mapa de cobertura do solo. Organização: Eduardo Pinheiro (2013). .....	50
Figura 21 - Ocupações irregulares. A seta vermelha mostra a direção da bacia da Colônia Antônio Aleixo. Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2013). .....	51
Figura 22 - Área em vermelho revela desmatamento e queimada no entorno da bacia. A seta amarela mostra um pequeno filete de água. Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2013)..	52
Figura 23 - Hierarquização da Bacia Colônia Antônio Aleixo. Organização: Eduardo Pinheiro (2013). .....	52
Figura 24 - Mapa de declividade. Organização: Eduardo Pinheiro (2013). .....	53
Figura 25 - Mapa de altimetria. Organização: Eduardo Pinheiro (2013). .....	54
Figura 26 - Vazante do canal da bacia Colônia Antônio Aleixo Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa.....	55
Figura 27 - Perfil batimétrico (seta vermelha).Fonte : Google Earth (2011). Organização: Alcinéia de Jesus Barbosa (2013).....	56
Figura 28 - Área submersa no período de cheia Foto: Alcinéia e Jesus Barbosa.....	56
Figura 29- Moradias próximas às margens do canal principal da Bacia Colônia Antônio Aleixo Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2013). .....	57
Figura 30 - Coleta de material de fundo da Bacia Colônia Antônio Aleixo.....	58
Figura 32- Utilizando o disco de Secchi.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores obtidos com o disco de Secchi.....	62
Tabela 2 - Dados de pluviometria obtidos junto ao INMET entre os anos de 2006 e 2012...	63
Tabela 3 - Resultados das frações do ponto 1.....	66
Tabela 4 - Resultados das frações do ponto 2.....	67
Tabela 5 - Resultados das frações do ponto 3.....	68

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cálculo para obtenção de vazão ou descarga do rio.....	38
Quadro 2 - Escala granulométrica utilizada. Fonte: Suguiu (1973). .....	43
Quadro 3 - Fórmula de MES.....	47
Quadro 4 - Materiais em suspensão. Legenda: Pi = peso ideal; Pf = peso final; MES = material em suspensão.....	60
Quadro 5 - Resultados de velocidade média do rio.....	62
Quadro 6 - Cálculo de vazão ou descarga líquida.....	62
Quadro 7 - Identificação das amostras, profundidades e observações do ponto 1. ....	66
Quadro 8 - Identificação das amostras, profundidades e observações do ponto 2.....	65

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Resultados do ponto 1.....	64
Gráfico 2- Resultados do ponto 2.....	66
Gráfico 3- Resultados do ponto 3.....	67
Gráfico 4- Resultados do ponto 4.....	68

## LISTA DE SIGLAS

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais

LATOSSOLO - Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos

TFSA - Terra seca ao ar

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

MES - Material em suspensão

FTU- Unidade de Turbidez de Formazina

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

## RESUMO

Nos espaços urbanos, os problemas ambientais decorrentes do uso do solo (sem atentar para os limites e riscos impostos pela natureza) causam sérios problemas de degradação ambiental, bem como, prejuízos econômicos e sociais. Entre esses, destaca-se a erosão dos solos, que provoca a perda de grandes quantidades de material como a produção de sedimentos e conseqüentemente assoreamento dos cursos d' água, dentre outros. Diante do exposto, a presente investigação teve como objetivo central, analisar o uso do solo, as feições erosivas na Bacia da Colônia Antonio Aleixo e a sua relação com a produção de sedimentos. Para atingir o objetivo geral, foram necessários alcançar os objetivos específicos: Identificar as feições erosivas (voçorocas); Identificar as áreas de deposição de sedimentos; Caracterizar de forma geral os sedimentos depositados na bacia; Caracterizar os tipos de uso do solo existentes na área da pesquisa. A metodologia fundamentou-se em uma abordagem sistêmica, baseada nos seguintes procedimentos metodológicos: Utilizaram-se os recursos imagens de satélites e interpretação com uso de geoprocessamento; Cadastro das voçorocas de 2006 (VIEIRA, 2008); Análise Morfométrica da Bacia da Colônia Antonio Aleixo; Medição de Vazão; Medição de Turbidez; Coleta de amostras; Análise em laboratório; Análise de gabinete e representações de granulometria; Análise gráfica de análises granulométricas; Os resultados do estudo realizado permitiram concluir que essas incisões realmente contribuíram com sedimentos para o interior da bacia e a maior parte está permanecendo, próximo às áreas erodidas, principalmente os sedimentos grosseiros, ao passo que os finos (argila e silte) vêm sendo transportados para fora desta.

Palavras- chave: erosão, sedimentos, bacia da Colônia Antonio Aleixo.

## ABSTRACT

In urban areas, the environmental problems of the land use (without respect to the limits and risks imposed by nature) cause serious problems of environmental degradation, as well as economic and social losses. Among these, there is soil erosion, which causes loss of large amounts of material and sediment production and consequently siltation of waterways, among others. Given the above, this research has the main objective to analyze the land use, the erosive Basin Colonia Antonio Aleixo and its relation to sediment production. To achieve the overall goal, were necessary to achieve the specific objectives: Identify erosional features (gullies); Identify areas of sediment deposition; generally characterize sediments deposited in the basin; characterize the types of land use in the area of research. The methodology was based on a systemic approach, based on the following methodology: Used the resources satellite images and interpretation using GIS ; Register of gully 2006 ( VIEIRA , 2008); Basin Morphometric Analysis of Colonia Antonio Aleixo, Flow Measurement; Turbidity Measurement; Sample collection, laboratory analysis, Analysis of cabinet and particle representations; graphical analysis of particle size analysis, the results of the study showed that these incisions actually contributed sediment into the basin and most are staying near the eroded areas , mainly coarse sediments , while the fines ( silt and clay ) has been transported out of it.

Keywords: erosion; sediments; basin Colonia Antonio Aleixo.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	18
1.1. LOCALIZAÇÃO.....	18
1.2. HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DA MICROBACIA COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO .....	19
1.3. GEOLOGIA.....	20
1.4. GEOMORFOLOGIA.....	21
1.5. CLIMA .....	22
1.6. SOLO .....	23
1.7. VEGETAÇÃO .....	23
1.8. HIDROGRAFIA.....	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1. FONTES PRODUTORAS DE SEDIMENTOS .....	25
2.1.1.EROSÃO DO SOLO .....	25
2.1.2.FORMAS EROSIVAS CAUSADAS PELO ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....	26
2.1.3.EROSÃO POR VOÇOROCAMENTO .....	28
2.2. SEDIMENTOS.....	28
3. MATERIAS E MÉTODOS .....	34
3.1. CONSULTA BIBLIOGRÁFICA .....	36
3.2. USO DE RECURSOS DE IMAGENS DE SATÉLITES E GEOPROCESSAMENTO ....	36
3.3. Caracterização Geral da Bacia da Colônia Antonio Aleixo.....	36
3.3.1.Área da bacia.....	37
3.3.2.Hierarquização Fluvial .....	37
3.4. PESQUISA DE CAMPO.....	38
3.4.1.MEDIÇÃO DE VAZÃO (VAZÃO OU DESCARGA LÍQUIDA) .....	38
3.4.2.COLETA DE MATERIAL EM SUSPENSÃO .....	40
3.4.3.MEDIÇÕES DE TURBIDEZ .....	41
3.5. ANÁLISE EM LABORATÓRIO .....	43
3.5.1.SECAGEM DAS AMOSTRAS .....	43
3.5.2.DESAGREGAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	43
3.5.3.QUARTEAMENTO DE AMOSTRA.....	44
3.5.4.CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS.....	44
3.5.5.MÉTODO DA PIPETA.....	45
3.5.6.PENEIRAMENTO DAS AMOSTRAS GROSSEIRAS .....	47
3.5.7.AMOSTRAGEM DE MATERIAL EM SUSPENSÃO (MES) E PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO.....	48
3.5.8.ANÁLISE DE GABINETE (REPRESENTAÇÕES DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS) .....	49
3.5.9.ANÁLISE GRÁFICA DE ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS.....	50
3.5.10. CÁLCULO DO VOLUME ERODIDO DA BACIA .....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	52
4.1. RESULTADO GERAL DE DADOS SOBRE BACIA.....	52
4.2. AMOSTRAGEM DE DADOS FLUVIAIS.....	55
4.3. DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	65
4.4. VOLUME TOTAL DE SEDIMENTOS ERODIDOS DA BACIA.....	66
4.5. ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS.....	66
4.6. RESULTADOS DA SEPARAÇÃO DE AREIA E TOTAIS.....	68
REFERÊNCIAS .....	71



## INTRODUÇÃO

Nos espaços urbanos, os problemas ambientais decorrentes do uso do solo (sem atentar para os limites e riscos impostos pela natureza) causam sérios problemas de degradação ambiental, bem como, prejuízos econômicos e sociais. Entre esses, destaca-se a erosão dos solos, que provoca a perda de grandes quantidades de material com a produção de sedimentos e conseqüentemente assoreamento dos cursos d' água, dentre outros.

Alguns autores como Oliveira e Herrmann (2001), Oliveira (2004), Vieira (2008), Cunha (2009), Marçal (2010), Fortes (2010) e Guerra, (2011), expressam que o uso inadequado do solo (como a retirada da cobertura vegetal ficando sujeito a ações intempéricas) é a principal causa de deterioração do ambiente natural.

O crescimento urbano acelerado das cidades brasileiras tem causado significativos impactos à sociedade e ao meio natural, principalmente pelo não planejamento da ocupação de áreas urbanas (VIEIRA, 2008).

Vieira (2008) descreve que devido à expansão e o crescimento populacional na cidade de Manaus, grande áreas de vegetação primária foram desmatadas, dando lugar a loteamentos e ocupações em diversas zonas da cidade e com isso aparecendo formas resultantes de processos erosivos, como as voçorocas. Essas incisões vêm provocando danos ambientais e urbanos significativos nos últimos anos, destacando-se a perda de áreas, de bens materiais e assoreamentos de canais etc.(VIEIRA, 2008)

Vieira (2008) comprovou em sua pesquisa sobre a distribuição de voçorocas em Manaus, que a origem dessas incisões está principalmente relacionada às características do relevo combinadas ao uso do solo e com as características dos sistemas de drenagem pluvial.

A ação do homem, através do uso e manejo da terra que na maioria das vezes, tende a acelerar os processos erosivos. Guerra e Mendonça (2007) também consideram que a erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, como a quantidade e distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento e forma das encostas, as propriedades químicas e físicas dos solos, o tipo de cobertura vegetal.

Segundo Falcão (2008), o solo merece destaque por ser o elemento passivo na erosão, ou seja, aquele que recebe a ação do agente erosivo. Cada solo apresenta

uma capacidade peculiar de resistir à erosão, a qual nos modelos de predição é denominada fator de erodibilidade do solo. Quando o solo, porém, é protegido por uma cobertura vegetal densa e com sistema radicular abundante, o processo erosivo tende a ser menos intenso (FALCÃO, 2008).

Tucci (1993) afirma que as consequências das intensas ocupações e transformações do solo como a remoção da vegetação nativa aumentam a capacidade de erosão do terreno, com o transporte de material sólido que atinge tanto a microdrenagem quanto a macrodrenagem, trazendo sérios problemas à população.

Os intensos processos erosivos produzem grande quantidade de sedimentos, que chegam até aos cursos d'água, que acabam sendo assoreados, diminuindo assim sua capacidade de escoamento (VIEIRA, 2008).

Sendo assim, o estudo e a compreensão dos fatores que integram o processo de urbanização e a produção de sedimentos são de grande importância, pois servem como ponto inicial para a elaboração de medidas que visem o planejamento de uso do solo e seus efeitos nos recursos hídricos e nas populações menos favorecidas.

A microbacia da Colônia Antonio Aleixo, possui como peculiaridade, intensos processos erosivos ao longo de seu percurso, que foram constatados nas pesquisas de Vieira (1998) e (2008) e atualizados nas pesquisas de Farias (2010) e Almeida (2011).

Esta investigação visa explicar a problemática de uso do solo e a produção de sedimentos, enfatizando os processos geodinâmicos superficiais e os problemas ambientais como assoreamentos e alterações nas formações vegetais (como a morte de árvores) e composições sedimentológicas da bacia. Não obstante, as transformações que ocorreram na microbacia da Colônia Antonio Aleixo, que se localiza na Zona Leste da cidade de Manaus em relação à expansão urbana da área em questão.

Diante do exposto, a presente investigação teve como objetivo central, analisar de uso do solo, as feições erosivas na Bacia da Colônia Antonio Aleixo e a sua relação com a produção de sedimentos. Para atingir o objetivo geral, foram necessários alcançar os objetivos específicos: 1. Identificar as feições erosivas (voçorocas); 2. Identificar as áreas de deposição de sedimentos; 3. Caracterizar de forma geral os sedimentos depositados na bacia; 4. Caracterizar os tipos de uso do solo existentes na área da pesquisa.

**PARTE 1**

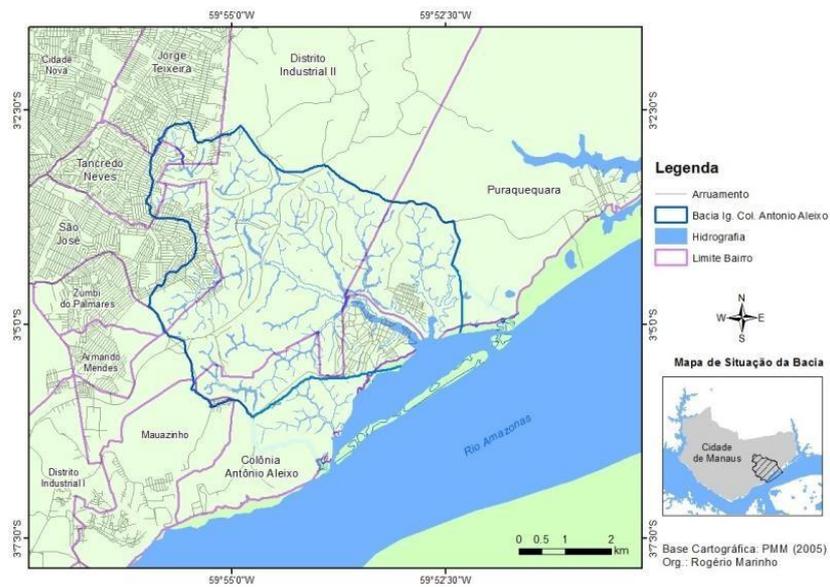
**Figura 1** - Canal principal da Bacia Colônia Antônio Aleixo. Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2012).

## 1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 1.1. Localização

A área da pesquisa compreende a Bacia Colônia Antônio Aleixo, zona Leste da cidade de Manaus, que abrange o bairro de mesmo nome, parte dos bairros Distrito Industrial 1 e 2, Puraquequara, São José Operário, Jorge Teixeira e Tancredo Neves, limitada nas coordenadas 59°52'30" Oeste 3°4'30" Sul - 59°54'30" Oeste 3°5'30" Sul - 59°55'30" Oeste, com extensão aproximada de 27,61Km<sup>2</sup>, na margem esquerda do rio Amazonas (Figura 01).

Por possuir sua área em terrenos particulares e de difícil acesso os pontos de maiores incidências de processos erosivos (voçorocas) consequentemente, os maiores em produção de sedimentos tiveram os estudos mais aprofundados (Figura 02).



**Figura 2** - Mapa de localização da Bacia da Colônia Antônio Aleixo.  
Fonte: Modificado de Rogério Marinho (2012).

A caracterização da área de estudo baseou-se em dados mais gerais, pelo fato que ainda não se têm pesquisas e dados específicos sobre alguns aspectos naturais da cidade de Manaus e principalmente sobre a bacia da Colônia Antonio Aleixo (AM).

## **1.2. Histórico de ocupação da microbacia colônia Antônio Aleixo**

A fundação do bairro Colônia Antônio Aleixo consolidou-se em 1942 com a construção de vinte e três pavilhões feitos para abrigar e isolar os portadores de hanseníase. Mais tarde, foi preciso construir mais dois prédios para receber hansenianos da cidade (FIGUEIRA, 2005).

Segundo Figueira (2005) criado com o estigma da lepra, o bairro permaneceu isolado por muitos anos, sendo evitado pelos demais moradores da cidade de Manaus e descaso das autoridades públicas. Conhecido popularmente como leprosário, de início o bairro abrigava estritamente os portadores de hanseníase, mas com o passar do tempo começou a servir de moradia também aos parentes dos doentes, que aos poucos foram - se integrando à população do local (FIGUEIRA, 2005).

Conforme dados, Colônia Antonio Aleixo tem uma população estimada em 16.602 habitantes (IBGE, 2010), o que comprova seu grande crescimento demográfico e o fim do preconceito contra o bairro.

O bairro Distrito Industrial conta atualmente com duas etapas, os distritos I e II que fazem fronteira com os bairros Armando Mendes, Nova República, Mauzinho, Nova Jerusalém e Crespo.

O bairro Distrito Industrial foi desmembrado e criou-se o Distrito Industrial 2 (DOU 2010), que tem uma população estimada respectivamente 2.708 e 3.899 (IBGE, 2010)

O bairro Jorge Teixeira foi criado pelo prefeito de Manaus, Arthur Virgílio Neto, em 14 de março de 1989, com a distribuição de lotes para pessoas carentes, inclusive do bairro do São José. A ocupação da área onde se instalou o bairro era comprimida, uma vez que a abertura da Avenida Autaz Mirim, na época denominada Grande Circular, passou a ligar a Zona Leste da cidade a Zona Norte, criando um corredor viário que se estende do São José à Cidade Nova.

Entretanto, Figueira (2005) explica que a ocupação urbana desta vasta área se deu por meio de invasões ou por loteamento, quando a ação de particulares antecipou-se ao poder público em termos de movimentos de ocupações, que foram promovidos por integrantes da Igreja Católica e de partidos políticos ligados às causas populares.

A fundação do Jorge Teixeira teve uma solenidade, que contou com a presença de autoridades municipais, lideranças comunitárias e religiosas, sendo rezada a primeira missa no local no dia 25 de março de 1989, pelo frei capuchinho Mário Monacelli (encarregado pela paróquia de São Sebastião) de levar aos primeiros moradores ensinamentos religiosos e fazer trabalhos sociais, principalmente nas áreas de educação e saúde. (FIGUEIRA, 2005).

Nesta época, o bairro tinha apenas cerca de cem casas, a grande maioria, feitas de papelões e coberta de lona, em ruas ainda não asfaltadas e sem qualquer infraestrutura. O processo de ocupação ordenado e pacífico do local veio abaixo nos anos seguintes, quando ocorreram sucessivas invasões que resultaram na criação das quatro etapas do bairro, mais o João Paulo 2, o Bairro Novo e o Valparaíso, comunidades que formam o Jorge Teixeira (FIGUEIRA, 2005).

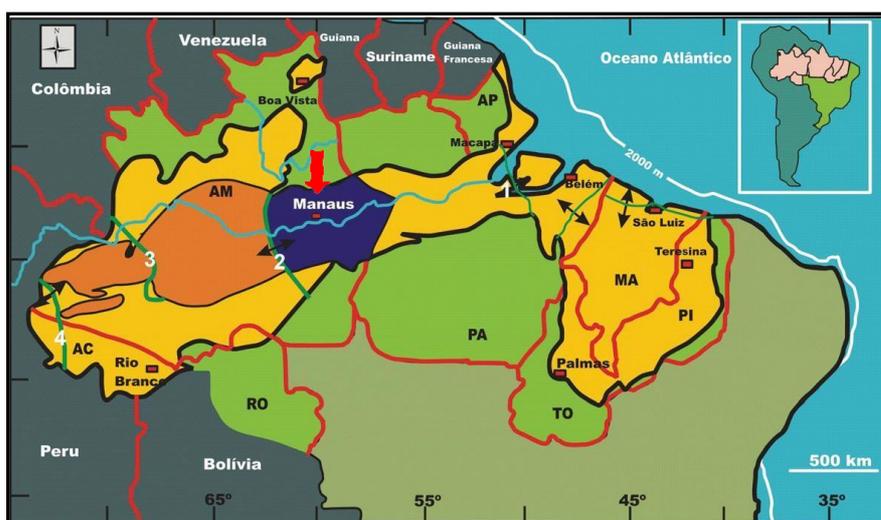
O bairro Puraquequara era conhecido como “comunidade de Puraquequara” surgiu na primeira década do século XX, formada inicialmente por 23 famílias ribeirinhas que se instalaram nas margens do rio Amazonas, vindas das calhas dos rios Madeira, Purus e Juruá, porém seu reconhecimento de bairro se deu pela Lei 671/02 do Plano Diretor do Município, em seu artigo 44. A primeira vila veio se formar inicialmente na margem do rio Amazonas, com o aumento de moradores, na maioria em busca de atividades alternativas de sobrevivência após o declínio do comércio da borracha, por volta de 1918.

Com o crescimento da comunidade, a atividade econômica principal passou a ser a produção de farinha de mandioca e carvão vegetal, além da pesca de subsistência. Os primeiros habitantes que chegaram ao local foram os das famílias Barroso e Matos. O nome Puraquequara vem de um peixe chamado poraquê, também chamado de enguia-de-água-doce, Puraquequara significa Morada do Poraquê. Atualmente sua grande atividade geradora de renda é o turismo, pois o bairro conta com áreas de conservação da floresta, que tem estrutura de hotéis que podem ser visitados por diversos turistas (FIGUEIRA, 2005).

### **1.3. Geologia**

Geologicamente, o Estado do Amazonas caracteriza-se por extensa cobertura sedimentar Fanerozóica, representada pelas bacias do Acre, Solimões, Amazonas e Alto Tapajós, depositadas em um substrato rochoso pré-cambriano onde ocorrem

rochas de natureza ígnea, metamórfica e sedimentar (REIS e ALMEIDA, 2010). A Bacia do Amazonas constitui-se uma unidade sedimentar intracratônica que limita duas principais áreas de embasamento Arqueano- Proterozóico: ao Norte, o Escudo das Guianas; ao Sul, o Escudo do Brasil Central (Figura 3).



**Figura 3** - Situação da bacia sedimentar do Amazonas (em azul), principalmente a cidade de Manaus (seta vermelha), que se encontra inserida nesta bacia. **Fonte:** Modificado de Reis e Almeida (2010).

Segundo Reis e Almeida (2010), estas áreas pertencem ao grupo Javari que reúne duas formações principais: Alter do Chão do Neo- Cretáceo, e Solimões do período Mioceno-Plioceno. Vieira (2008) afirma que “a litologia da cidade de Manaus é constituída predominantemente pela Formação Alter do Chão”, a qual é composta de arenitos, argilitos, siltitos, quartzos com níveis de conglomerados, dominação avermelhada, e idade cretácea. Consequentemente, a geologia da Bacia da Colônia Antônio Aleixo está inserida nessa formação. A rocha principal é o arenito Manaus, a qual é composta por arenitos e siltitos silicificados, geralmente avermelhados ou esbranquiçados, apresenta estratificações plano- paralelas e cruzada. Também são encontrados fragmentos de madeira, marcas de raízes e restos de carvão (VIEIRA, 2008).

#### 1.4. Geomorfologia

A cidade de Manaus está inserida no Planalto da Amazônia Oriental, que se

caracteriza por um modelado de formas de topos convexos ou planos, com ocorrência de morros residuais de topos planos chamados de tabuleiros (ROSS, 2000). Segundo Vieira (2008), “esse relevo localmente não ultrapassa os 120 metros de altura, sendo classificado como interflúvio tabular, cortado por uma rede de canais (igarapés)”. Essa superfície tabular constitui elemento de armazenagem da água da chuva, uma vez excedida à capacidade de armazenamento, o fluxo que se forma segue em direção à encosta (VIEIRA, 2008).

Na Zona Leste de Manaus, os topos dos platôs variam de 200 m a 1200 m de comprimento (VIEIRA, 2008) e são bastante dissecados devido ao alto grau de erosividade das chuvas que desgastam a superfície rochosa de modo mais intenso e rápido do que os demais processos exogenéticos. Para Vieira (2008), no que se refere às encostas, “essas são predominantemente convexas com grande declividade entre o platô e os vales encaixados, sob os quais se desenvolvem uma extensa rede de canais, existindo ainda encostas côncavas e retilíneas”.

Entretanto, Dantas e Maia (2010) explicitam que a gênese dos baixos platôs dissecados do Planalto da Amazônia Oriental iniciou-se efetivamente com o fecho deposicional da bacia sedimentar do Amazonas, isto é quando terminou a sedimentação da Formação Alter do Chão durante o Cretáceo.

## 1.5. Clima

Em Manaus, a temperatura média compensada anual na área urbana fica em 26,7° C, com média das máximas em 31,5° C e médias das mínimas em 23,2° C (AGUIAR, 1995), sendo que a temperatura máxima absoluta fica em torno de 38° C, a mínima perto dos 16° C (NIMER, 1989) e a umidade relativa próxima de 83% (média anual). Nos meses de janeiro a maio as maiores umidades relativas são observadas (média de 87%) e as menores nos meses de agosto e setembro com 76% (AGUIAR, 1995).

Ao analisar os dados relativos ao clima de Manaus, Vieira (2008) notou que o mês mais chuvoso é março, com média de 308,1 mm, e o mês mais seco é agosto com média de 49,5 mm, segundo as médias das três séries observadas (**1917 a 1946; 1947 a 1976; 1977 a 2006**). Os dados analisados foram obtidos de dados pluviométricos do período de 1917 a 2006 (INMET, 2007).

Vieira (2008) considerou essas três séries, e observou que em Manaus na 1ª

série (1917 a 1946) a precipitação média anual ficou em torno de 2.095,6 mm; na 2ª série período (1947 a 1976) a média anual alcançou 2.206,4 mm com um acréscimo de 5,2% em relação à primeira, e na 3ª série (1977 a 2006) o total acumulado médio anual voltou a crescer, alcançando 2.279,5 mm, com aumento de 3,3% sobre o anterior, elevando os totais anuais.

## 1.6. Solo

Na cidade de Manaus as classes de solos mais evidenciadas são: os *Latosolos* e os *Espodosolos*, sendo que o primeiro é um tipo de solo bem envelhecido, profundo, de cor amarelada e tipicamente caulínítico e o segundo com horizontes de areia branca que podem atingir alguns metros de espessura (VIEIRA, 2008).

Os *Latosolos* apresentam variações de cor amarela a vermelho- amarela e possuem maior representatividade em Manaus (VIEIRA, 2008). Portanto, os solos de Manaus são em sua maior parte ferralíticos caracterizando os Latossolos Amarelos, cuja origem litológica corresponde aos arenitos, siltitos e sedimentos argilo-arenosos<sup>67</sup> do Quaternário e Terciário da Formação Alter do Chão (LIMA, 1995) e são bem a fortemente drenados e que possuem em sua maioria textura arenosa e argilosa.

Já os *Espodosolos* apresentam horizontes de areia branca que podem atingir alguns metros de espessura, sua consistência é solta, costuma surgir nas encostas e acompanha os principais cursos d'água. A campinarana é a vegetação típica desses solos (LEAL, 1996).

Os dois tipos de solo descritos acima apresentam baixos teores de cátions trocáveis o que indica processo de lixiviação intenso. Quanto à mineralogia, esses solos não apresentam variações consideráveis (LEAL, 1996).

Por fim, tem-se uma terceira classe de solo que é descrita por Leal (1996) como sendo frequente em Manaus, o *Argissolo*, o qual apresenta horizonte B nodular de aproximadamente 1 m de espessura, encontrado a 1,3 m de profundidade.

## 1.7. Vegetação

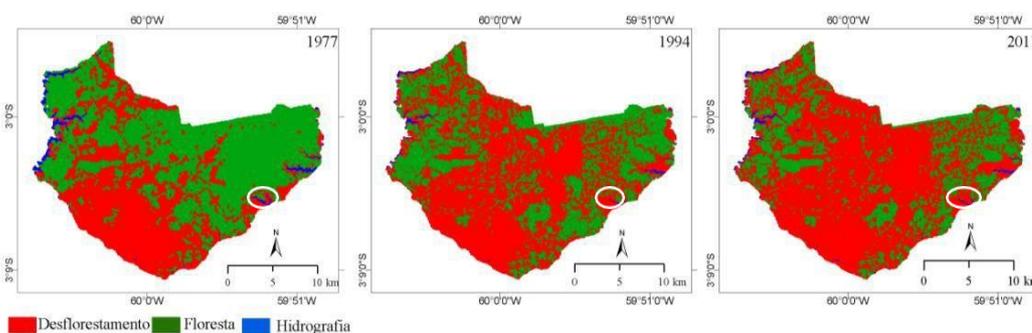
No sítio urbano de Manaus o tipo de vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa (BOHER e GONÇALVES, 1991). A cobertura vegetal em uma área

torna-se um fator determinante na proteção do solo (VIEIRA, 2008).

Entretanto, (IBGE 1978) salienta que originalmente, a vegetação predominante na área era a Floresta ombrófila densa das terras baixas, conhecida também como floresta de terra firme com platôs, vertentes e baixios.

Segundo Pinheiro (2013), a cidade de Manaus encontra-se inserida na Amazônia Central e seu crescimento urbano ocorreu em área de florestas primárias, de forma desordenada ou por empreendimentos imobiliários autorizados.

Em uma pesquisa realizada por Pinheiro *et al.*(2013), constatou-se que em 34 anos analisados a cobertura florestal da cidade de Manaus, reduziu drasticamente, restando apenas cerca de 40% das florestas originais (figura 04). A principal causa do desflorestamento na cidade é o crescimento urbano e populacional, associado principalmente à existência da Zona Franca e do Polo industrial.



**Figura 4** - A área em destaque (cor branca) é a microbacia Colônia Antônio Aleixo, que revela alterações na cobertura vegetal da cidade de Manaus (AM) nos anos de 1977; 1994 e 2011. **Fonte:** Modificado de Pinheiro *et al.* (2013).

A vegetação regional se caracteriza pela extensa floresta amazônica, a qual apresenta inúmeras fisionomias, tornando essa floresta uma área fitogeográfica bem individualizada, complexa, heterogênea e frágil. Caracterizada pela floresta tropical úmida e por uma floresta fechada que interage com os diversos aspectos físicos (CARNEIRO, 2004). No entanto, segundo Vieira (2008) devido à expansão urbana, essa vegetação vem diminuindo consideravelmente, resultando no surgimento de “ilhas verdes” – áreas que não sofreram desmatamento e mantém características originais.

## 1.8. Hidrografia

O sítio urbano de Manaus é cortado por uma densa e intrincada rede de canais

(Igarapés) na qual o rio Negro destaca-se como principal agente de drenagem (COSTA *et al.*, 1978 *apud* VIEIRA, 2008). O seu baixo curso situa-se na unidade morfoescultural (planalto da Amazônia Oriental) que funciona como limite natural para expansão da cidade em direção ao sul, assim, como os rios Tarumã-Açu a oeste e o rio Puraquequara a leste.

Vieira (2008) enfatiza que em termos de área, destacam-se quatro 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 em três grupos: bacias do oeste (três bacias), bacias do sul (nove bacias) e bacias do leste (sete bacias) (VIEIRA, 2008).

A Bacia Colônia Antônio Aleixo tem como canal principal o rio Colônia Antônio Aleixo, o qual é um afluente do rio Amazonas como se observa no mapa de localização (Figura 02).

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Fontes produtoras de sedimentos**

#### **2.1.1. Erosão do solo**

Segundo IBGE (2009) uma das mais importantes formas de alterações do ambiente que envolve troca de matéria e energia é a erosão.

O fenômeno da erosão constitui o conjunto de agentes dinâmicos através do qual atuam de maneira combinada todos os processos de degradação, incluindo intemperismo, transporte, ações mecânica e química da água corrente e de outros agentes erosivos, responsáveis pela destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, sendo por isso mesmo um importante agente modelador da superfície (IBGE, 2009).

A erosão é um processo desencadeador da degradação do solo, geralmente iniciada pela retirada da cobertura vegetal e uma das principais fontes produtoras de sedimentos. Consiste no processo de desagregação e transporte de sedimentos e uma de suas formas mais comuns é a hídrica (VIEIRA, 2008).

Podem-se distinguir, a partir da precipitação pluvial, os seguintes processos, a

partir dos quais se desenvolve a erosão causada pelas águas de escoamento superficial: o *splash* e a formação de crostas, a infiltração e o *runoff*.

### 2.1.2. Formas erosivas causadas pelo escoamento superficial

A ação da água no desenvolvimento dos processos erosivos pode ocorrer na forma de ataque direto, quando ela atinge o solo na superfície, desagregando-o e possibilitando o transporte de partículas menores, ou ainda em subsuperfície, afetando a massa de material inconsolidado (IBGE, 2009).

Segundo IBGE (2009) no primeiro caso, sua ação está relacionada ao início do escoamento superficial, gerando formas erosivas associadas, aos fluxos de escoamento difuso e concentrado, sendo os principais processos a erosão em lençol (*sheet erosion*), ravinas (*rill erosion*) e voçorocas (*gully erosion*).

A erosão em lençol, ou erosão laminar, depende da ação das chuvas e do escoamento superficial difuso. Este tipo de escoamento caracteriza-se pela forma dispersa, não concentrada em canais, quase sempre ocorrendo sob condições, de precipitações prolongadas.

O fluxo laminar (*laminar flow, sheetflow*) pode ser considerado o primeiro estágio do processo erosivo, por compreender um fluxo mais ou menos regular, no qual a concentração de sedimentos e a velocidade das partículas aumentam com o fluxo vertente abaixo, ao mesmo tempo em que a erosão começa a se estabelecer (IBGE, 2009).

O processo de formação e desenvolvimento de ravinas pode, em algumas situações, relacionar-se aos tipos de uso da terra, sobretudo em áreas que sofreram a retirada da vegetação primária (VIEIRA, 2008).

A erosão das vertentes, particularmente aquelas cuja foi retirada a cobertura vegetal, associada à precipitação e ao fluxo superficial, frequentemente causa a formação de uma rede de ravinas.

Segundo Vieira (2008), uma das sequencias evolutivas (sulcos, ravinas e voçorocas) ocorre pela urbanização nos platôs em direção às encostas, caso em que a impermeabilização do terreno se deve à presença de moradias e vias pavimentadas. Soma-se a isso o fato da drenagem muitas vezes despejar na encosta (com ou sem vegetação) grande quantidade de água da chuva e água servida (VIEIRA, 2008).

Contudo, Vieira (2008) explica que as voçorocas, ao contrário das ravinas, são feições erosivas relativamente permanentes com paredes laterais íngremes, que experimentam fluxos durante as chuvas torrenciais, estando quase sempre associadas à erosão acelerada.

A erosão hídrica é causada pela ação da água da chuva que pode escoar superficial ou subsuperficialmente carregando partículas de solo. O superficial pode ocorrer de duas formas preferenciais, a laminar e a linear (ARAÚJO *et al.*, 2009).

O escoamento laminar é o primeiro estágio do processo erosivo, trata-se de um fluxo mais ou menos regular e difuso. A água que escoar tende a se espalhar, formando várias lâminas d'água, e assim formando diversos caminhos preferenciais.

O escoamento linear é um acúmulo nas depressões e a criação de pequenas incisões no solo causando o surgimento de ravinas (GUERRA *et al.*, 2005) ou seja ocorre uma concentração do fluxo. Essa concentração diminui a velocidade do escoamento e ocorre um aprofundamento do pequeno canal por onde o fluxo escoar. Há também um acúmulo de pequenos sedimentos nesses canais que se atritam com os sedimentos transportados resultando em aumento da erosão (GUERRA *et al.*, 2005).

Francisco *et al.* (2010) destacam que a erosão é um fenômeno natural, cujo trabalho de transporte e deposição de sedimentos é um dos processos responsáveis pela esculturação do relevo. Entretanto, este processo natural tem sua dinâmica acelerada pelas formas de uso dos solos e ocupação do relevo, o que provoca alterações na paisagem das vertentes.

Existem outros processos que também são desencadeadores de feições erosivas como o salpicamento, arraste de partículas por percolação, arraste de partículas por fluxos concentrados em túneis ou dutos, entre outros.

O estudo de processos erosivos e de respectivas consequências tem sido de grande importância no que diz respeito à amenização de possíveis impactos ambientais e posterior recuperação de áreas degradadas, como nas pesquisas de (CUNHA, 2011; VIEIRA, 2008; OLIVEIRA, 2010; GUERRA, 2011).

Entretanto, as erosões por voçorocamentos será mais enfatizada nesta pesquisa, por seu alto poder destrutivo e por sua grande concentração na Bacia da Colônia Antonio Aleixo. Sendo que se constitui em uma erosão do tipo linear.

### 2.1.3. Erosão por voçorocamento

As voçorocas são feições erosivas nas encostas que apresentam queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando secção transversal em **U** e profundidade superior a 1,5 m (VIEIRA, 2008), podem ocorrer fluxo de água no seu interior durante eventos chuvosos. Algumas podem ser tão profundas que alcançam o lençol freático (GUERRA, 2011). Os mecanismos que causam as voçorocas atuam em escalas temporais e espaciais (OLIVEIRA, 2010).

Os estudos sobre voçorocamento na cidade de Manaus se intensificaram na década de 90 e muitos trabalhos importantes têm sido desenvolvidos até o momento dentre eles destacam-se *Voçorocas Urbanas: o caso de Manaus (AM)(1998)*; *Cadastramento das voçorocas do Distrito Industrial II – Manaus/AM* (VIEIRA et al., 1999), *Impactos Ambientais Urbanos: causas e conseqüências das voçorocas do Distrito Industrial II – Manaus/AM* (MUNIZ, 2004), *Monitoramento de voçorocas a partir da técnica poligonais planimétricas na área do Distrito Industrial II – Manaus/AM* (SILVA, 2004) e *Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus(AM): Fatores controladores e Impactos Urbano-Ambientais* (VIEIRA, 2008) entre outros.

Entretanto, o estudo dos tipos de sedimentos transportados e as suas conseqüências ambientais, nas áreas onde ocorrem esses processos erosivos ainda não haviam sido realizados, em relação à bacia da Colônia Antonio Aleixo.

Segundo Vieira (2008) entre a década de 1970 a 2000 ocorreu um aumento considerável na malha urbana de Manaus coincidindo com o surgimento dos processos erosivos mais intensos na cidade. Ainda segundo o autor existiam 91 voçorocas ativas em Manaus sendo que 54% encontravam-se na bacia da Colônia Antonio Aleixo.

Entende-se por ativas aquelas que apresentam feições de retrabalhamento denunciando o crescimento da voçoroca e sua instabilidade (VIEIRA, 2008).

## 2.2. Sedimentos

Os sedimentos podem ser representados por depósitos de material sólido, formados por um meio móvel, tais como, vento, gelo ou água na superfície da terra.

Quando esses se originam dentro da área de deposição geralmente é o reflexo da composição das rochas que estão sofrendo erosões na fonte produtora e da natureza dos precipitados orgânicos ou inorgânicos susceptíveis de se formarem no sítio de deposição (LAPORTE, 1982).

A água é o principal agente de transporte de sedimentos. Quando ela cai em forma de chuva pode ser rapidamente absorvida pelo solo. Quando isso acontece, em pouco tempo as camadas superiores do solo se saturam e a água da chuva passa a correr pelo chão, formando pequenos filetes de água que se juntam para formar córregos, ribeirões e rios (LAPORTE, 1982).

Segundo Laporte (1982), durante o percurso, o fluxo de água transporta materiais sedimentares de três maneiras diferentes. Primeiro, a água dissolve várias substâncias como íons de cálcio, ferro e carbonato. Em segundo, os materiais de granulação fina e fragmentos de rochas que são carregados em suspensão no fluxo turbulento do curso d'água. E, por conseguinte, o fluxo d'água que move partículas de granulação grossa, por tração, através de saltos e rolamentos ao longo do leito do curso d' água ou do rio.

Para Cunha (1995), os fatores que influenciam o regime das águas e a produção de sedimentos nas bacias brasileiras dependem da atuação conjunta das condições naturais e das atividades humanas. As características naturais que contribuem para a alta erosão potencial incluem a topografia, geologia, solo e clima da bacia hidrográfica, enquanto que as atividades humanas referem-se às formas de uso de solo.

Um dos causadores de processos de produção de sedimentos são as feições erosivas com sulcos, ravinas e voçorocas bem como erosão laminar. Por outro lado, a vegetação através da copa e da formação de serrapilheira (VIEIRA, 2008), diminui o poder erosivo das chuvas.

Silva *et al.* (2003), destaca que a intensidade da erosão é avaliada pela intensidade de remoção ou depósito numa superfície de terra, pela atenuação da cobertura do solo ou pela representação do tamanho, densidade e superfície de erosão criada pela erosão em um determinado período de tempo.

O efeito qualitativo da erosão refere-se às propriedades do solo erodido, especialmente sua fertilidade. Essas variações podem ser estimadas comparando-se com as propriedades do solo antes e após a erosão; ou ainda comparando-se o solo inicial, o erodido e o sedimento depositado, possibilitando relacionar o material

transportado e o depositado (SILVA *et al.*, 2003).

As transformações que ocorreram ao longo das décadas com o processo de expansão urbana de algumas cidades brasileiras trouxeram consigo consequências ao ambiente, como o surgimento de processos erosivos e conseqüentemente uma produção de sedimentos que acarretará em assoreamentos de rios e canais (TUCCI, 2000; VIEIRA, 2008; GUERRA, 2011).

Carvalho *et al.* (2000), explica que os processos de erosão e sedimentação envolvem desprendimento, transporte e deposição de partículas sólidas, que são comumente chamadas de sedimentos, sendo a deposição outro processo distinto. Esse processo tem estado ativo há milhares de anos, modelando o relevo e modificando as bacias hidrográficas. Atualmente, a erosão e sedimentação podem causar sérios problemas ambientais (CARVALHO *et al.*, 2000).

Carvalho *et al.* (2000), considera que as ações humanas interferem de maneira significativa na erosão e que em determinadas circunstancias as taxas de erosão são 100 vezes maiores do que seria em termos geológicos. A erodibilidade do material natural sofre perturbações na estrutura do solo por uso inadequado, seja por práticas agrícolas e obras de engenharia mal planejadas.

Guerra (1995) afirma que em função do alto grau de erodibilidade de alguns tipos de solo, a simples retirada da cobertura vegetal que protege o terreno, facilita a ação direta da água da chuva, que ocasiona a atuação de processos geodinâmicos superficiais. Além disso, a deficiência de conhecimentos tecnológicos, por parte daqueles que lidam com o solo tem contribuído para que esses processos aumentem demasiadamente.

Montenegro e Tucci (2005) destacam que o transporte de partículas de solo contribui ainda mais para assorear os cursos d'água, barragens, açudes e lagos, favorecendo enchentes e inundações. O processo erosivo provoca alterações nas bacias hidrográficas, com a produção de sedimentos, que chegam até aos canais fluviais, transformando a dinâmica dos mesmos.

Dotto (2006) salienta que os sedimentos carregados até o corpo receptor formam depósitos modificando seu leito, originando muitos problemas. Em resumo, as principais consequências ambientais da produção de sedimentos em áreas urbanas são várias como, por exemplo, o assoreamento da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos em áreas urbanizadas, transporte de poluentes agregados ao sedimento que contaminam as águas pluviais.

Para Dotto (2006), a minimização dos impactos causados pelos sedimentos na rede de drenagem e nos cursos d'água requer a realização de estudos de caracterização, propagação e quantificação dos sedimentos nas áreas urbanas.

A autora também salienta que a análise da quantidade de sedimentos e do seu comportamento ao longo da bacia tornar-se fundamental para o planejamento do uso dos recursos hídricos, que por sua vez dependem dos processos erosão, transporte e deposição.

A autora acima ressalta que as mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, todavia nas últimas décadas, o homem tem participado como agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrio, devido à susceptibilidade à erosão que certas porções da paisagem podem apresentar alterações.

Para Rebello (2010), os fatores relacionados a estas mudanças podem ser o material de origem, cobertura pedológica extremamente friável, uso inadequado do solo e a retirada da cobertura vegetal.

Há variáveis dados sobre a heterogeneidade da erosão e deposição em bacias (por exemplo, tipos solos, cobertura vegetal e topografia) Helming et al., 2005; Boix-Fayos et al., 2006; Delmas et al., 2012

Tendo a bacia de drenagem do meio urbano como enfoque neste estudo o mau uso dos recursos hídricos e do solo acelera a degradação dos mesmos, evidenciando a atuação dos processos erosivos nas cabeceiras de drenagem, tendo como consequências assoreamentos, inundações e deterioração dos corpos d'água (igarapés).

Este problema agrava-se quando surgem novos loteamentos o que é comum nas maiorias das grandes cidades brasileiras (VIEIRA, 1998 *apud* OLIVEIRA, 2010).

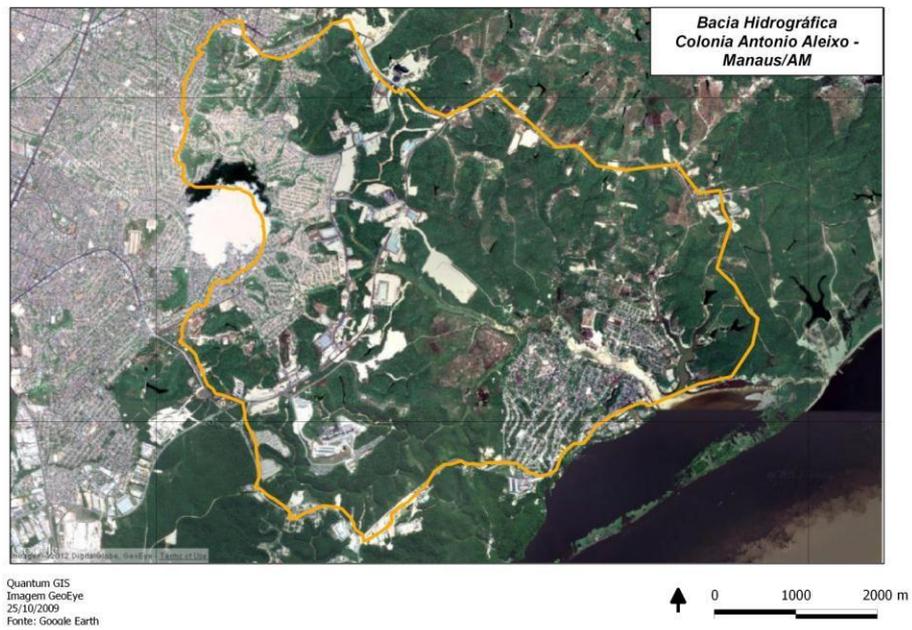
Gonçalves e Guerra (2010) esclarecem que as áreas urbanas tornaram-se ambientes sensíveis às transformações antrópicas, à medida que se intensificam a frequência e intensidade da retirada da cobertura vegetal, a ocupação irregular, erosão e o assoreamento dos canais fluviais, entre outros.

Maia *et al* (2010), salienta que é comum o assoreamento dos canais de drenagem, em decorrência de processos erosivos naturais em encostas associados à obra de engenharia maldimensionada.

Marçal e Guerra (2010) afirmam que após o desmatamento, a compactação do solo pode reduzir a infiltração a ponto de gerar a ocorrência de escoamento

superficial e em casos extremos produzir erosão e inundações.

Em contrapartida, segundo Walling (2006) o desmatamento pode acelerar a erosão natural do solo, o que aumenta o carregamento de sedimentos para os rios.

**PARTE 2**

**Figura 5:** Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo. Outubro/2009.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O método utilizado neste trabalho foi o sistêmico, onde se buscou analisar os elementos pesquisados de forma isolada e depois em conjunto, procurando-se compreender como cada um dos atributos físicos naturais e antrópicos contribuíram nos processos de produção de sedimentos. Portanto, cada elemento será estudado isoladamente e posteriormente suas inter-relações no processo de degradação ambiental.

Dividiu-se este estudo em quatro etapas: 1) consulta bibliográfica; 2) pesquisa de campo; 3) análise em laboratório dos sedimentos e 4) análise dos dados coletados em campo e obtidos em gabinete, utilizando métodos quantitativos e qualitativos e mapas temáticos para melhor caracterização do problema estudado.

Para se alcançar os objetivos foram necessários os seguintes procedimentos (figura 6):

#### **1) Identificação das feições erosivas (voçorocas);**

- Utilizaram-se os recursos imagens de satélites e interpretação com uso de geoprocessamento;
- Cadastro das voçorocas de 2006 (VIEIRA, 2008);

#### **2) Identificar as áreas de deposição de sedimentos.**

- Utilizaram-se imagens para a pesquisa de campo;
- Análise Morfométrica da Bacia da Colônia Antonio Aleixo;
- Medição de Vazão;
- Medição de Turbidez;

#### **3) Para caracterizar de forma geral os sedimentos depositados na bacia;**

- Coleta de amostras;

#### **4) Amostragem de material em suspensão (MES) e procedimentos em laboratório;**

- Análise em laboratório;
- Análise de gabinete e representações de granulometria;
- Análise gráfica de análises granulométricas;

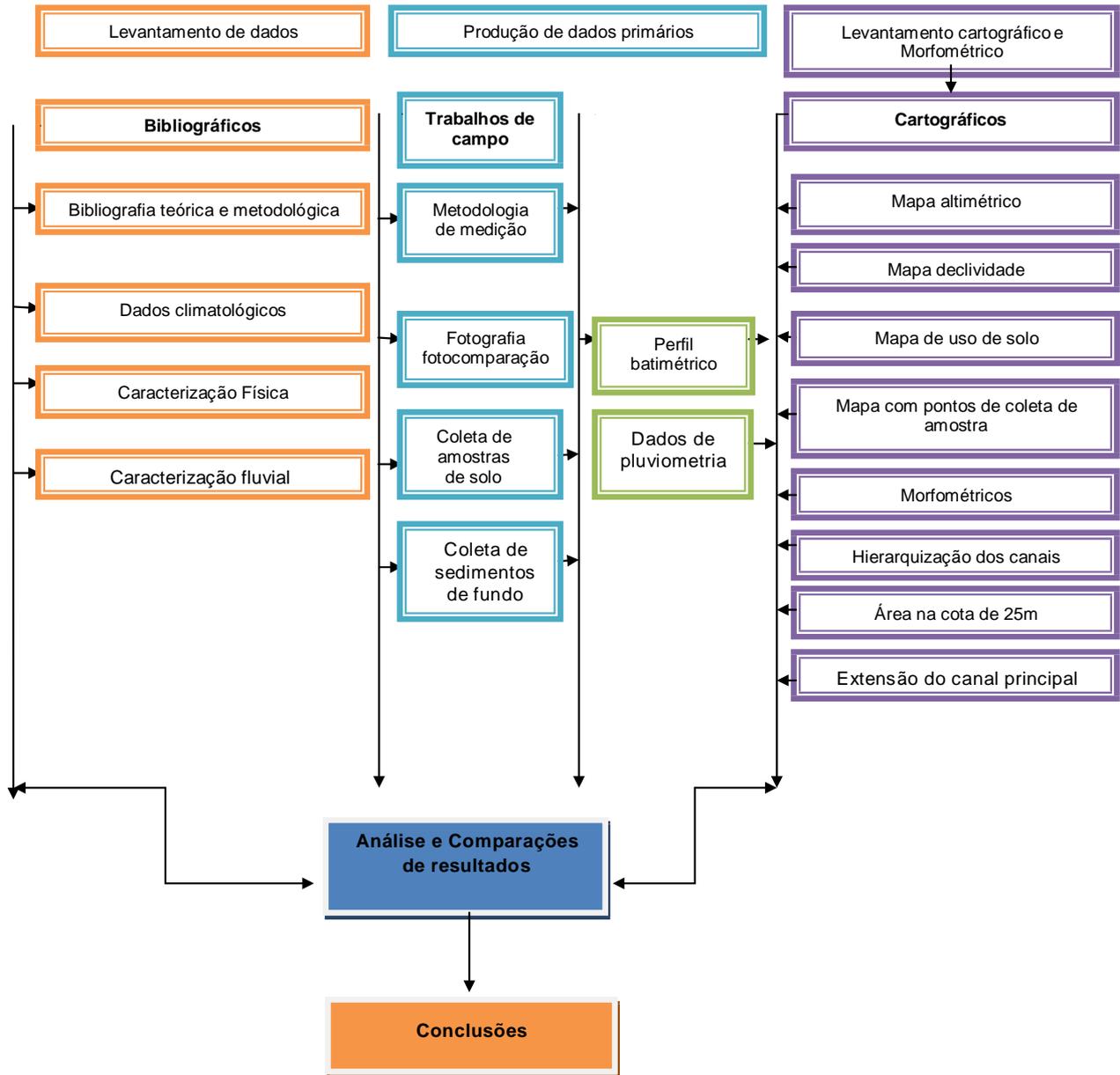


Figura 6 - Fluxograma do material e procedimentos adotados.

### **3.1. Consulta bibliográfica**

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica com consulta a informações pertinentes a área de estudo, como geologia, geomorfologia, clima, hidrografia, vegetação e solo, assim como uso do solo, sedimentologia (fatores de produção de sedimentos, condicionantes naturais e antrópicos) e processos geodinâmicos superficiais com destaque para as voçorocas.

Inicialmente as literaturas utilizadas foram: Suguio (1973); Christofolletti (1980 e 1981); Tucci (1993); Vieira (1998); Carvalho *et al.* (2000); Cunha (1998); Filizola (1999); Silva *et al.* (2003) Florenzano (2008); Kobiyama (2008); Vieira (2008); entre outras. Entretanto, conforme a pesquisa foi se desenvolvendo, novas obras foram incorporadas.

### **3.2. Uso de recursos de imagens de satélites e geoprocessamento**

Os recursos de imagens de satélites serviram como base para construção de mapas temáticos, como: hidrografia e mapa de pontos coleta de sedimentos.

As imagens utilizadas referem-se às composições coloridas, TM/Landsat-5/4/3 em 31/08/2011, associadas respectivamente, com as cores azul (B), verde (G) e vermelho (R). Estas imagens foram tratadas e interpretadas através de geoprocessamento nos programas *Spring* e *Quantun Gis*. Essas bandas espectrais foram escolhidas para demonstrar o uso do solo da bacia.

As pesquisas de campo foram realizadas em conjunto com o uso de imagens de satélites para verificar os pontos a serem estudados. O mapeamento permitiu identificar os elementos presentes na bacia, como: vegetação, solo, hidrografia e geomorfologia, auxiliando também a construção de mapas temáticos.

Com a integração dos dados de campo e das imagens, foi possível identificar áreas na bacia mais susceptíveis à produção de sedimentos, assim como as áreas mais degradadas e que mais contribuíram para deposição de sedimentos no canal principal.

Com isso, nesta pesquisa fez-se o tratamento e interpretações das imagens conforme a descoberta e disposição de dados de campo que foram tratados no Laboratório de Cartografia do Departamento de Geografia da UFAM.

### 3.2.1. Área da bacia

O método utilizado para a determinação de área plana da bacia foi definida pela projeção do divisor de águas, com auxílio de uma planta topográfica e de altimetria adequada, que passando a linha divisória pelos pontos de maior cota entre as duas bacias vizinhas, conjuntamente com o recurso intrínseco aos aplicativos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), por que se trabalhou com planta digitalizada. É fundamental saber a área da bacia para qualquer estudo hidrológico e, é o elemento básico para o cálculo das outras características físicas. Onde também obtivemos os seguintes parâmetros:

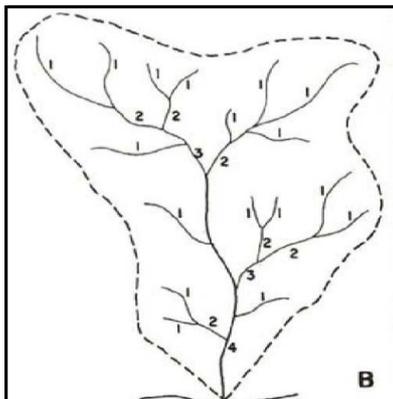
- O comprimento do rio principal que consistiu no cálculo da distância que estende ao longo do curso de água que desce a desembocadura até chegar à nascente, utilizando assim este critério para a determinação do comprimento do rio principal, baseado principalmente nas disponibilidades de ferramentas do geoprocessamento.

### 3.2.2. Hierarquização Fluvial

A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água no conjunto total da bacia hidrográfica. A importância de sua utilização é tornar mais objetiva a análise morfométrica das bacias.

Os cursos de água e a área drenada correspondente também podem ser classificados de acordo com a sua hierarquia dentro da bacia na qual se encontra. Um método objetivo de classificação foi estabelecido por Strahler (1952) o qual é uma modificação do método proposto por Horton (1945) (Figura 07).

O método de Strahler consiste em atribuir a 1ª ordem aos canais menores, sem tributários, desde a nascente até a primeira confluência; os canais de 2ª ordem iniciam na confluência de dois canais de 1ª ordem, e só recebem afluentes de 1ª ordem; na confluência de dois canais de 2ª ordem inicia um canal de 3ª ordem, que pode receber afluentes de 2ª e de 1ª ordem; os canais de 4ª iniciam na confluência de dois canais de 3ª ordem, e podem receber tributários das ordens inferiores. E assim sucessivamente.



**Figura 7** - Comparativo da proposta de Strahler (1952) modificado de Horton (1945).

### 3.3. Pesquisa de campo

A pesquisa de campo foi realizada em duas etapas uma no mês de julho de 2012 e outra no mês de dezembro de 2012 no intuito de descrever a área estudada e confirmar as informações levantadas no mapeamento, como: áreas de assoreamento, voçorocas, e desmatamento. Como complementos para caracterizar as áreas assoreadas foram coletados amostras de sedimentos utilizando trado manual nas superfícies secas e a draga *Van Veen* no canal principal (Figura 8). Para a determinação das características granulométricas do material depositado, utilizou-se também a garrafa *Van Dorn*, para coletar material em suspensão.



**Figura 8** - Draga Van Veen.

#### 3.3.1. Medição de vazão

A Vazão ou descarga de um rio é o volume de água que passa através de uma seção transversal num determinado tempo (SANTOS *et al.*,2001 p.119 ). Sendo a

velocidade do fluxo d'água pela área de uma determinada seção transversal.

A fórmula universal de vazão se dá em:

$$Q = A \times V$$

Onde, A área da seção molhada;

V velocidade da água em determinada seção do canal;

Q é a vazão.

Para a medição de vazão foi necessário primeiro determinar a velocidade média do fluxo que passa em cada seção do canal principal. A área foi determinada por meio da medição da largura do rio e da profundidade em número significativo de pontos ao longo da seção.

A seção molhada foi conhecida por meio de um ecobatímetro (Figura 09) aparelho que detecta a profundidade por meio de ondas sonoras emitidas pelo aparelho viagem (a uma velocidade conhecida e um ponto conhecido) até o leito onde são refletidas e voltam ao aparelho.



**Figura 9** – Ecobatímetro

A profundidade medida foi conforme as verificações em campo, sendo o ponto de maior profundidade.

A velocidade foi determinada a partir de da utilização de um flutuador. O flutuador utilizado foi uma tinta, sendo o tempo flutuador no percurso dos 10 metros em minutos, que foi obtido a partir da seguinte fórmula:

Trecho percorrido (10 m).

Dividido pelo tempo flutuador no percurso dos 10.

Então, para aquisição do dado de vazão aproximada, foi obtido a partir dos

seguintes parâmetros (Figura 10).

### Calculando a Velocidade

N. <sup>o</sup> de repetições	Tempo do flutuador (segundos)	Tempo Médio (Dia)	Velocidade média de superfície (m/s) Trecho (10m):TM(s)	Velocidade média do rio $V = D : T$ $V = VM \text{ seção vertical} \times VP(0,85)$
-------------------------------	-------------------------------	-------------------	--	---

**Figura 10-** Cálculo da velocidade média do rio.

Então, passou-se para o próximo passo que foi o cálculo disposto no (Quadro 01) a seguir:

**Quadro 1** - Cálculo para obtenção de vazão ou descarga do rio

Seção transversal do canal (m) Largura do canal fluvial	Profundidade do canal (m) Média dos 10 pontos onde foram realizadas as medidas verticais	Área de seção molhada (m <sup>2</sup> ) $A = L \times P$	Velocidade Média do rio $V = D : T$ $V = VM \text{ seção vertical} \times VP(0,85)$	Vazão/Descarga do rio (m <sup>3</sup> /s) $Q L = A \times V$
--	--	---	---	---

Calcula-se a largura o canal fluvial da seguinte forma:

Primeiramente a área a seção molhada (m<sup>2</sup>);

Onde, A é a área; L largura e P profundidade.

Posteriormente a velocidade média do rio;

Onde, V é a velocidade; D distância e T tempo.

Depois se multiplica VM (seção vertical) por 0,85.

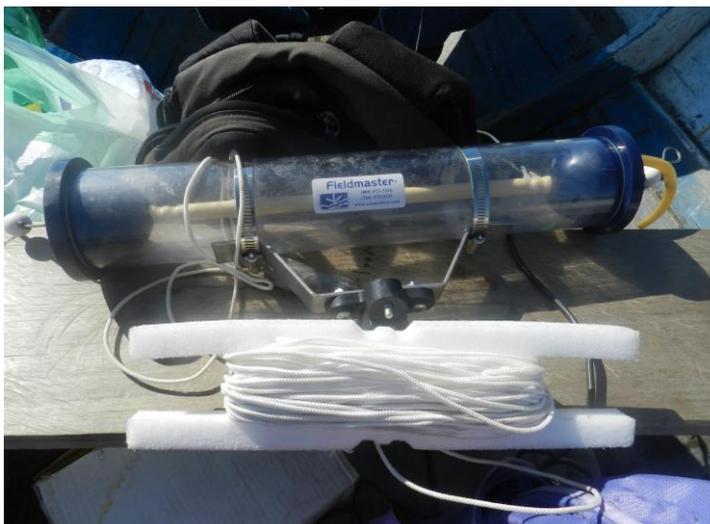
Temos então a vazão ou descarga líquida que é a área da seção molhada multiplicado pela velocidade.

#### 3.3.2. Coleta de material em suspensão

A coleta do material em suspensão consistiu no uso da garrafa Van Dorn (Figura 11), nas seções escolhidas, sendo quatro apenas, e o seu armazenamento para o transporte e posterior análise em laboratório foi depositado em garrafas pets de 2L.

Depois foram realizadas duas coletas no mesmo ponto, uma próxima a superfície e outra no fundo.

O seu funcionamento consistiu em coletar amostras em diversas profundidades, conforme as verticais, (pontos onde foram realizadas as medições de profundidade e largura do canal) de sedimentos.



**Figura 11** - Garrafa de Van Dorn na qual foi coletado o material em suspensão.

O procedimento consistiu em mergulhar a garrafa aberta nas duas extremidades e após atingir a profundidade desejada, lança-se o testemunho que fecha hermeticamente as duas extremidades. O material coletado na garrafa passou então para a análise em laboratório.

### 3.3.3. Medições de turbidez

Segundo a definição de Santos *et al* (2001), a turbidez é o grau de espalhamento da luz por partículas suspensas na água.

No entanto, o nível de turbidez dependerá além da concentração de sedimentos em suspensão, também de outras características do sedimento, tais como tamanho, composição mineralógica, cor e quantidade de matéria orgânica.

As unidades que foram usadas para medir a turbidez são vinculadas aos tipos de instrumento que serão utilizados, nesta pesquisa foi utilizado apenas um instrumento de unidade FTU baseado na observação da luz e profundidade de Secchi, sendo o disco de Secchi.

O disco de Secchi serviu para analisar a transparência da água (a quantidade de luz que penetra no canal). Desse modo, quanto mais material em suspensão presente, maior será a turbidez menor será a transparência do canal da bacia da Colônia Antonio Aleixo.

O disco de Secchi é um disco com 30 cm de diâmetro, com quatro quadrantes pintados alternadamente de preto e branco (Figura 12) e preso a uma corda graduada.



**Figura 12** - Disco de Secchi.

A chamada profundidade de Secchi foi determinada mergulhando o disco na água e anotando a profundidade quando deixou de ser visível. Foram determinadas duas profundidades, uma quando deixou de ser visível na descida e a outra quando voltou a ser visível na subida, sendo então a profundidade de Secchi a média das duas. A profundidade de Secchi relaciona-se diretamente com a transparência e inversamente com a turbidez da água.

Também houve a construção de perfis batimétricos (com a medida da largura do canal, superfície da água e profundidade).

Os perfis batimétricos foram realizados com uso do ecobatímetro já citado, que nos mostra a velocidade do barco e profundidade em cada ponto, sendo que a contagem para a anotação dos pontos foi de 10 em 10 segundos, sendo que em cada ponto foi realizada a medição de profundidade da água, que (com o uso dos equipamentos já citados) foi anotado numa caderneta de campo, a forma da seção molhada.

Cunha (2011) descreve a importância de saber a forma do canal a ser pesquisado, como parâmetro para analisar a dinâmica do mesmo.

A forma do fundo do leito pode apresentar sinuosidades (soleiras e depressões) que podem demonstrar intensas atividades na dinâmica do transporte dos sedimentos, que unindo os pontos plotados, será possível, representar a área da seção molhada, que sofre modificações no volume de fluxo (CUNHA, 2011).

Em campo houve uma descrição dos processos geodinâmicos superficiais (escoamentos superficial e subsuperficial, fluxos concentrados etc.) atuantes na área e possíveis fatores desencadeadores da produção de sedimentos (processos erosivos como ravinas e voçorocas).

Foram utilizadas imagens de satélites para localizar os pontos mais degradados e

de maior produção de sedimentos e o segundo passo o registro fotográfico para ilustrar as áreas de ocorrência dos processos sedimentológicos, bem como indicações dos fatores que contribuem para o desprendimento, arraste e depósito desses sedimentos.

### 3.4. Análise em laboratório

Em laboratório foram realizados os procedimentos de análise granulométrica dos sedimentos coletados em campo, utilizando o trado (Figura 13), segundo os princípios básicos da EMBRABA (1997). Foram coletadas 10 amostras de 3 pontos nas margens da bacia da Colônia Antonio Aleixo.



**Figura 13:** Coleta de solo das margens da Bacia da Colônia Antonio Aleixo

As análises granulométricas foram necessárias para caracterizar e classificar os sedimentos com o mínimo de subjetividade. Sendo que se houver disponibilidade de material, cada amostra de sedimento deve ter em torno de 1 kg de peso. Este peso permitiu que fossem realizadas todas as análises sedimentológicas. Onde passou pelas seguintes etapas:

#### 3.4.1. Secagem das amostras

Todos os sedimentos foram secados antes de quaisquer tratamentos, por dois ou três dias. O tempo de secagem variou conforme as propriedades do material.

#### 3.4.2. Desagregação das amostras

Para aplicação da maior parte das análises especificadas (peneiramento, pipetagem, etc.) foi necessário que as amostras estivessem sob a forma de grãos isolados e não na forma de agregados. Por isso a amostra depois de seca foi desagregada com a ajuda de um desagregador (rolo) sobre uma esteira.

#### 3.4.3. Quarteamento de amostras

As amostras coletadas no campo possuíam muito materiais além daquele necessário para análise em laboratório. Nesse sentido, somente 20g de amostra foram utilizadas. No entanto, a obtenção desse peso foi obtida através do quarteamento com o quarteador de câmara do Tipo Jones (Figura 14).



**Figura 14** - Quarteador do tipo Jones

Posteriormente, ao quarteamento de 20g de amostra para realização da análise granulométrica, essa amostra foi colocada em solução (dispersante) para a separação dos finos (argila e silte) dos grosseiros (areia).

O dispersante utilizado foi o hexametáfosfato de sódio que após 24 horas de repouso, a amostra na solução foi passada numa peneira de malha de 0,062 mm e assim separada os finos dos grosseiros.

#### 3.4.4. Classificação dos sedimentos

Segundo Suguio (1973) o termo granulometria significa, literalmente, medida de tamanho dos grãos. Certos materiais, minerais e sedimentos, apresentam-se natural ou artificialmente sob a forma de partículas ou grãos, sendo a granulometria desses materiais uma das suas propriedades físicas fundamentais para conhecermos a distribuição dos mesmos. Essa análise foi representada por meio de gráficos e

tabelas.

Nesta pesquisa foi adotada uma escala granulométrica simples, a escala americana de *Wentworth*. A escolha dessa escala deu-se pelo fato de a mesma apresentar limites de classes não arbitrários concordando perfeitamente com os limites de distinção entre cargas transportadas em suspensão e por tração, conforme (Quadro 02).

**Quadro 2** - Escala granulométrica utilizada. Fonte: Suguio (1973).

<b>Escala granulométrica de finos e grosseiros (mm)</b>		
Entre 2 e 1	Areia Muito grossa	Grosseiros
Entre 1 e 0,500	Areia Grossa	
Entre 0,500 e 0,250	Areia Média	
Entre 0,250 e 0,125	Areia Fina	
Entre 0,125 e 0,062	Areia Muito Fina	
Entre 0,062 e 0,002	Silte	
Menor que 0,002	Argila	Finos

#### 3.4.5. Método de pipetagem

Este método de pipetagem é baseado nas mudanças de concentração de partículas em uma suspensão originalmente uniforme, pela aquisição de várias amostras com uma pipeta (em intervalos de tempo definidos), em profundidade que corresponde a do material que acabara de sedimentar naquele exato momento.

O método escolhido para separação dos finos foi o da EMBRAPA (2006).

Os procedimentos para a análise por pipetagem foi o seguinte:

1º) Pesou-se 20 g de TFSA (terra fina seca ao ar) e passou para um becker de 250 ml;

2º) Adicionou-se 100 mL de água e 10 mL de solução (dispersante) hexametáfosfato de sódio;

3º) Depois agitou-se com bastão de vidro mediu-se a temperatura conforme o tempoe deixou em repouso durante uma noite (24 horas), cobrindo-o para não cair sujeira, que poderia contaminar a amostra;

4º) No dia seguinte, colocou-se o material do becker no agitador e procedeu a agitação por 15min.;

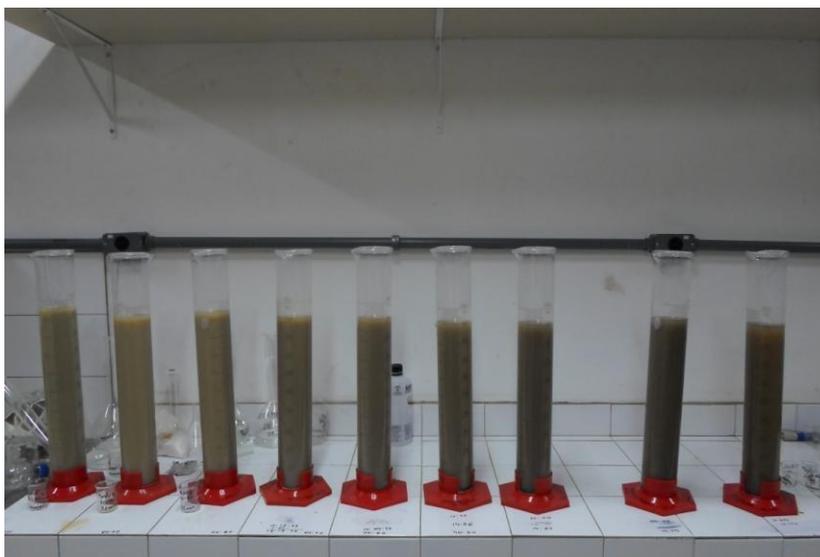
5º) Passou-se a amostra através de uma peneira de malha 0,062mm, colocada sobre o funil apoiado em um suporte, tendo logo abaixo uma proveta de 1000ml;

6º) Lavou-se o material retido na peneira com jato de água até uma lavagem eficiente e rápida das amostras grosseiras;

7º) Completou-se o volume da proveta com auxílio de uma pisseta e logo em seguida agitou a suspensão durante 21 segundos, com agitador de mão;

8º) Mediu-se a temperatura da amostra e verificou na tabela o tempo de sedimentação, das frações argila e silte (Anexo 1);

9º) Verificados os tempos das amostras , introduziu-se uma pipeta de 20ml até a profundidade de cada amostra e coletou-se a suspensão (Figura 15);



**Figura 15** - Argila em suspensão pronta para ser retirada.

10º) Transferiu-se a suspensão coletada para um becker de 40ml, numerado e peso conhecido;

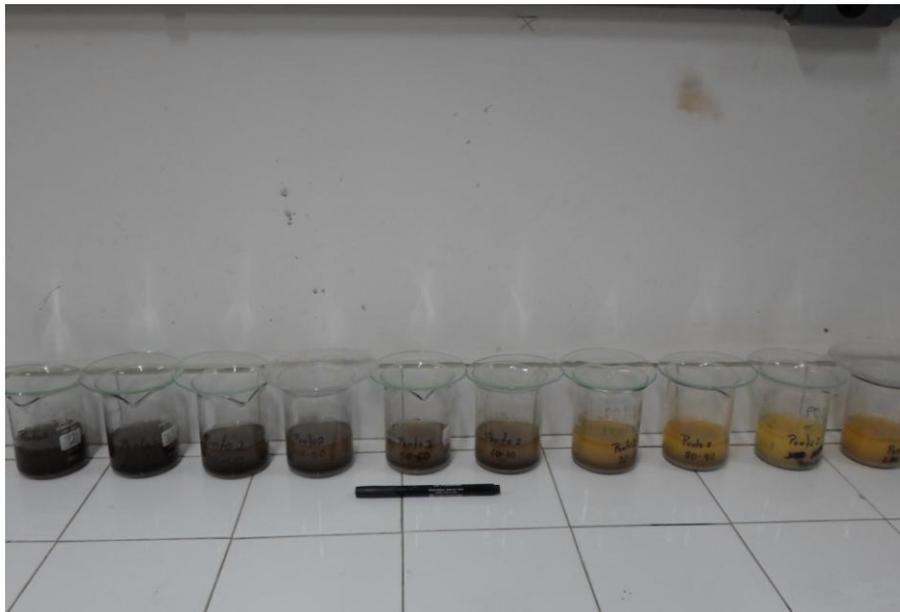
11º) Colocou-se o becker na estufa e deixou evaporar completamente a água;

12º) Retirou-se da estufa e passou em seguida para o dissecador por 5 minutos, deixando esfriar para pesar;

13º) A amostra grosseira que ficou retida na peneira de 0,062 mm, passou- se para um becker numerado e de peso conhecido, tendo o cuidado de eliminar o excesso de água e em seguida colocou-se na estufa;

14º) Após a secagem, deixou-se esfriar e depois pesou.

Sendo que para cada bécker a anotação das pesagens foi realizada da seguinte forma (Figura 16):



**Figura 16** - Disposição dos béckers com amostras.

Peso do bécker e resíduo - Peso do bécker vazio (prévio) = Resultado da pesagem.

Depois que as 10 amostras em foram colhidas, e os béckers levados à evaporação até secarem totalmente, o peso do material contido em cada bécker foi determinado por meio de uma balança de precisão.

Então, o resíduo que permaneceu, foi passado para o bécker, sendo que, em seguida foi efetuado o peneiramento, certificando-se que o material estivesse seco. Vale destacar que os sedimentos mais grosseiros foram levados diretamente para secarem na estufa, para se efetuar posteriormente o peneiramento e as pesagens das frações de areia, diferente da amostra em suspensão que passou pelo processo de sedimentação.

#### 3.4.6. Peneiramento das amostras grosseiras

Como a maior parte dos sedimentos é heterogênea em relação a sua granulometria como (partículas argilosas, areias grosseiras e muito grosseiras ou ainda grânulos e seixos) foi então necessária uma combinação de métodos de análises, de maneira que os grosseiros sejam geralmente peneirados e os mais

finos separados pelos processos, baseados na lei de Stokes (SUGUIO, 1973).

A determinação da distribuição granulométrica de cada amostra representativa foi feita por peneiramento, sendo utilizado um total de cinco peneiras de malhas de tamanhos diferentes (1 mm; 0,5 mm; 0,25 mm e 0,125 mm) correspondendo respectivamente às frações de areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina (esta última obtida através da última peneira, no entanto, considerando somente o material que passou por essa malha) (Figura 17).



**Figura 17** - Peneirador mecânico que foi utilizado nas separações das frações de areia.

Toda essa etapa da análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas.

#### 3.4.7. Amostragem de material em suspensão (MES) e procedimentos de laboratório.

Como já foi dito, a medida de vazão é importante na coleta e análise de material em suspensão, sendo que os resultados da medição de descarga líquida do canal principal da Bacia da Colônia Antonio Aleixo, foram utilizados nos cálculos de descarga sólida em suspensão.

As amostras coletadas em campo que foram realizadas nas seções escolhidas do canal principal da Bacia da Colônia Antonio Aleixo passaram por uma preparação como a sua homogeneização em laboratório como forma para obter uma única amostra (FILIZOLA, 1999).

Nesta etapa, a solução de água + MES (Material Em Suspensão) foi separada, com auxílio de uma rampa de filtração e uma bomba a vácuo (Figura 18), passando

a respectiva solução através de um filtro de papel de 045 $\mu$ , pré-pesado (PI).



**Figura 18-** Bomba a vácuo e filtros, instrumento utilizado para realizar a medição de MES.

Após a filtração de um volume conhecido de amostra, os filtros foram secados em estufa, a 100-110°C, por até uma hora, sendo em seguida pesado novamente (PF). A diferença entre PI e PF foi a concentração do Material em Suspensão (MES), para um volume conhecido e devidamente identificado, foi obtido em mg/L, como verifica-se no (Quadro 3) (FILIZOLA, 1999).

**Quadro 3 - Fórmula de MES.**

$$\begin{aligned}
 &P_i + P_f = (x) \\
 &X1000/0,5 \text{ (volume filtrado)} = \text{mg/l} \\
 &(x) \text{ mg}
 \end{aligned}$$

#### 3.4.8. Análise de gabinete (representações das análises granulométricas)

Nesta etapa, foram reunidos todos os dados levantados (campo e laboratório) e os mesmos foram relacionados aos estudos teóricos para fundamentar a pesquisa.

O método utilizado de análise granulométrica resultou em porcentagens em peso dos grãos em cada classe granulométrica nas amostras de sedimentos. Essas amostras foram em seguida convertidas em dados numéricos e gráficos. Estas

serviram para descrições texturais, para comparações entre amostras e para mapeamento das variações das características sedimentológicas da bacia.

Também foram utilizadas tabelas para a quantificação de sedimentos e mapa dos pontos coletados, integrados ao uso do geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Entretanto, para ser obter uma análise detalhada das variações sedimentológicas da área, incluir-se á dados quantitativos baseados em métodos estatísticos (porcentagem).

#### 3.4.9. Análise gráfica de análises granulométricas

Como já foi, explicado anteriormente, as representações das análises granulométricas (dados quantitativos) foram baseadas por meio de gráfico e tabelas. Sendo que esses dados foram fundamentais para relacionar fatores físicos e químicos do ambiente de deposição. Portanto, para se correlacionar essas características com o ambiente, fez-se o estudo das variações sedimentológicas da área, isto implicou em comparações de uma amostra com a outra, que se fez por meio de análise quantitativa.

Essa análise quantitativa foi dividida nas seguintes etapas: sendo que a primeira consistiu em aquisição e tabulação dos dados obtidos em laboratório (análise granulométrica). Na segunda é a representação dos dados na forma gráficos e tabelas e por último esses dados foram tratados estatisticamente.

#### 3.4.10. Cálculo do volume erodido da bacia

O volume erodido da bacia foi baseado em médias matemáticas, juntamente com dados obtidos em campo de espessura do depósito, com utilização de um trado simples, escolheu um ponto próximo da margem, sem alterações nas suas margens perceptíveis e fez a coleta do material, quando o trado atingiu o nível do lençol freático, descreveu-se em quantos centímetros, isso aconteceu e anotou-se em uma cardeneta de campo, posteriormente com auxílio das ferramentas do geoprocessamento, fez-se a medição da área nas curvas de nível na cota mais baixa.

Utilizando dados de Vieira (2008), fez-se um somatório do volume erodido das 50 voçorocas da bacia Colônia Antonio Aleixo cujo valor é dado por (volume+comprimento+profundidade)

O cálculo para saber o quanto de volume expressa em m<sup>3</sup>, de depósitos de sedimentos na bacia foi:

Área da cota (25 m) mais baixa da bacia.

$$S = A_c \times P_d$$

Onde,

S refere-se ao volume dos sedimentos depositados na bacia.

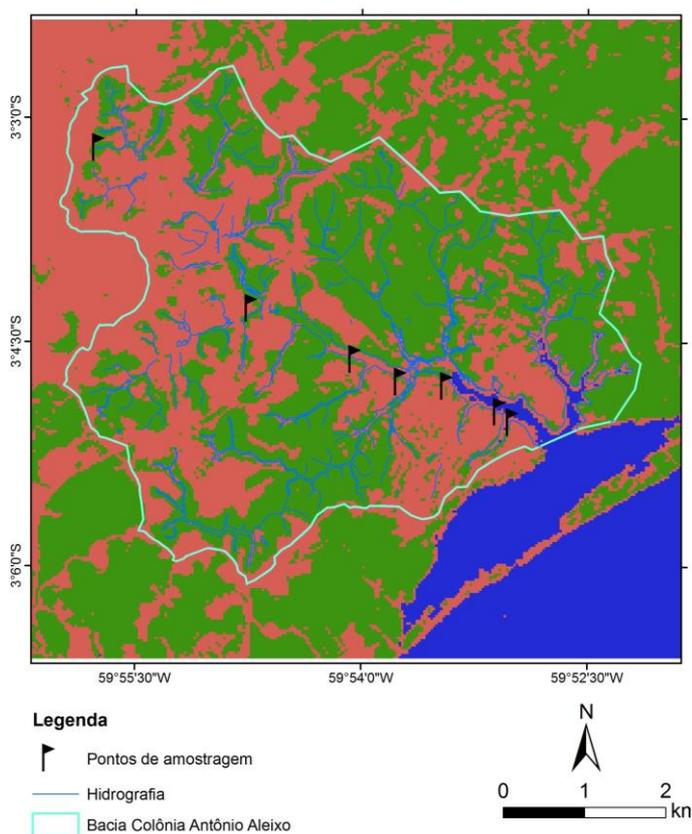
A<sub>c</sub> é a área da cota altimétrica mais baixa na bacia.

P<sub>d</sub> é a espessura média dos depósitos sedimentares recentes.

Transformado para metros cúbicos, tem-se o total de volumes erodidos das voçorocas, sendo o quanto de material foi mandando para fora da mesma.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho compreendeu-se a complexidade de se trabalhar em uma área em processo de expansão e com grande parte já urbanizada, principalmente o canal principal. Os pontos de coleta de sedimentos foram escolhidos em virtude da facilidade de acesso, grau de degradação e assoreamentos (Figura 19).



**Figura 19** - Pontos de coleta de sedimentos das margens e em suspensão. Organização: Eduardo Pinheiro (2013).

##### 4.1. Resultado geral de dados sobre bacia

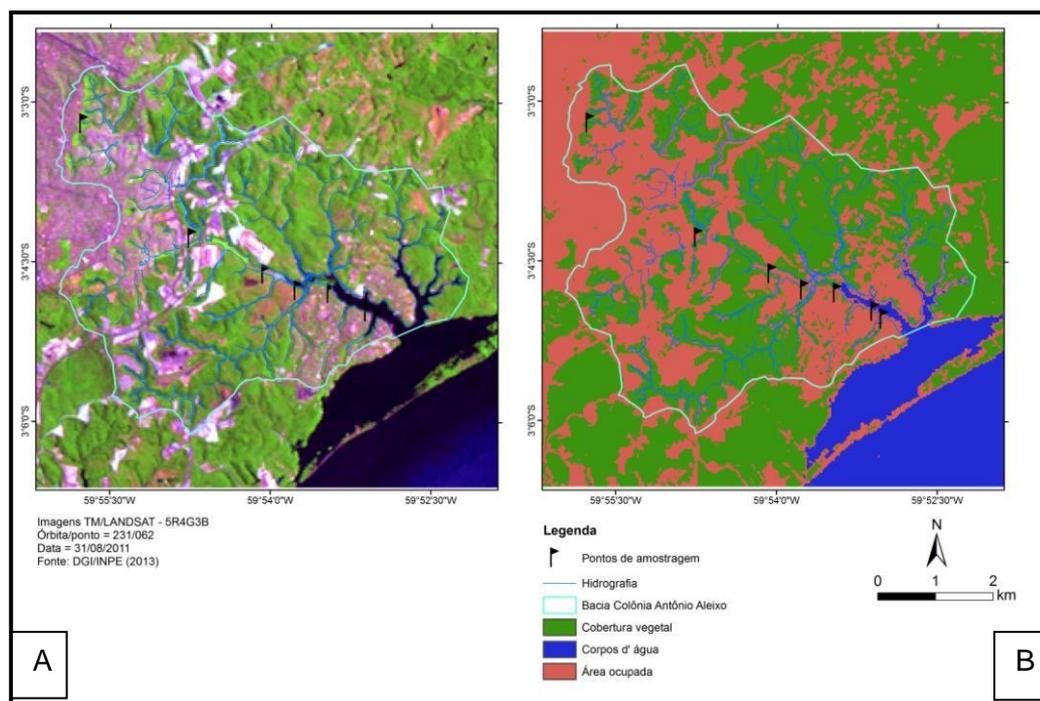
Com uma área de 27,61km<sup>2</sup> a bacia abrange vários bairros da zona leste de Manaus, que iniciou sua ocupação ainda na década de 90, por ser uma área densamente ocupada, suas características paisagísticas foram amplamente modificadas.

A microbacia possui uma forma de um triângulo e seu canal principal possui uma extensão de 6,8km, classificando como curso de 4<sup>a</sup> ordem.

As condições naturais encontradas na bacia Colônia Antonio Aleixo foram as seguintes: cobertura florestal = 1379,35 hectares (área coberta por vegetação =

capoeiras, floresta) corpos d' água = 32,67 hectares (uma pequena parte do rio Amazonas, não considera a área ocupada pelos igarapés) ocupação = 1348,92 hectares (área com ocupação ou que a vegetação foi suprimida).

Na análise do mapa de cobertura do solo (Figura 20), pode-se visualizar que a área encontra-se bastante ocupada em virtude do surgimento de ocupações irregulares (invasões) e até conjuntos habitacionais planejados.



**Figura 20** - (A) imagem TM/ Landsat (2011) (B) Mapa de cobertura de solo.  
Organização: Eduardo Pinheiro (2013).

Pode-se observar nas (Figuras 21 e 22) onde se encontra ocupações no entorno da bacia.

A (Figura 20) demonstra uma intensa atividade de ocupação das margens da bacia Colônia Antonio Aleixo, com a atividade de campo comprovou-se esta realidade.

A paisagem da área foi alterada, o que ocasionou o surgimento de processos erosivos, principalmente voçorocas.

Normalmente a retirada da vegetação começa com as queimadas e posterior desmatamento das chamadas “invasões”. Entretanto, isso ocorre também em empreendimentos mobiliare regulamentado.

Verifica-se nos mapas, que grande parte das margens da bacia encontra-se ocupada, mas possui uma área vegetação primária.



**Figura 21** - Ocupações irregulares. A seta vermelha mostra a direção da bacia da Colônia Antônio Aleixo. Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2012).

Existe um processo natural de desgaste das encostas e áreas próximas à bacia, porém, a retirada da cobertura vegetal ocasionadas por ações antrópicas, acelera o surgimento de feições erosivas e degradações ambientais.

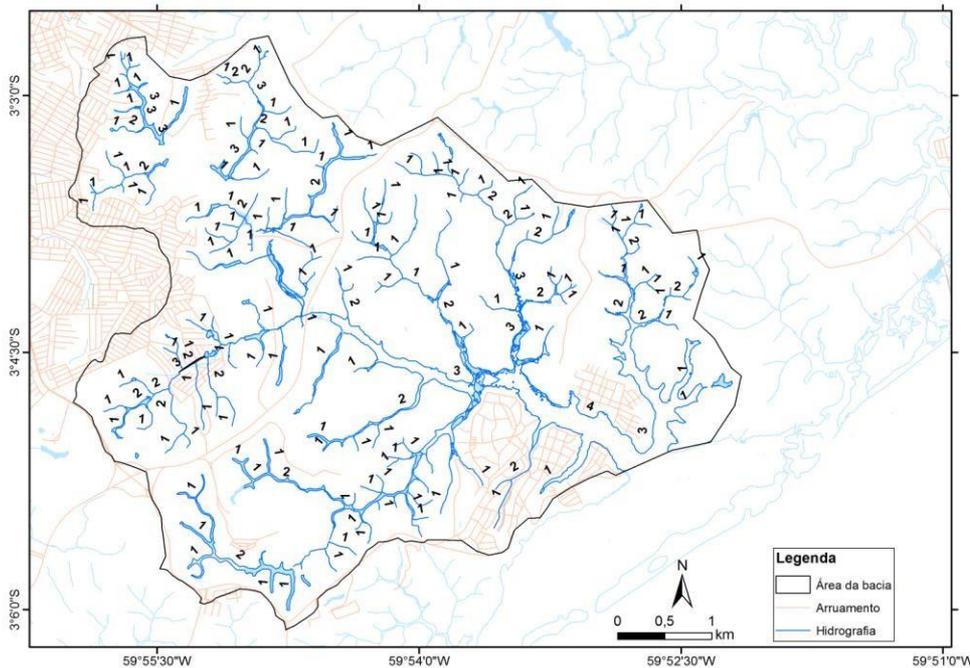


**Figura 22** - Área em vermelho revela desmatamento e queimada no entorno da bacia. A seta amarela mostra um pequeno filete de água. Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2012).

A microbacia Colônia tem uma grande importância econômica para os moradores do lugar, pela utilização para a alimentação (pesca) e transporte de pessoas e mercadorias de uma margem a outra do canal principal.

Verifica-se a imagem (Figura 05), que há uma saída significativa de material (sedimentos) da bacia no mês de setembro de 2011, com essa imagem é que se cogitaram os seguintes questionamentos, os sedimentos estão saindo ou ficando ao longo da bacia e qual a quantidade aproximada.

O mapa de hierarquização (Figura 23) mostra classificação dos rios quanto à ordem e reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. O canal principal ou curso d'água maior possui os seus tributários, que possuem outros menores até que chegue aos menores canais da extremidade.



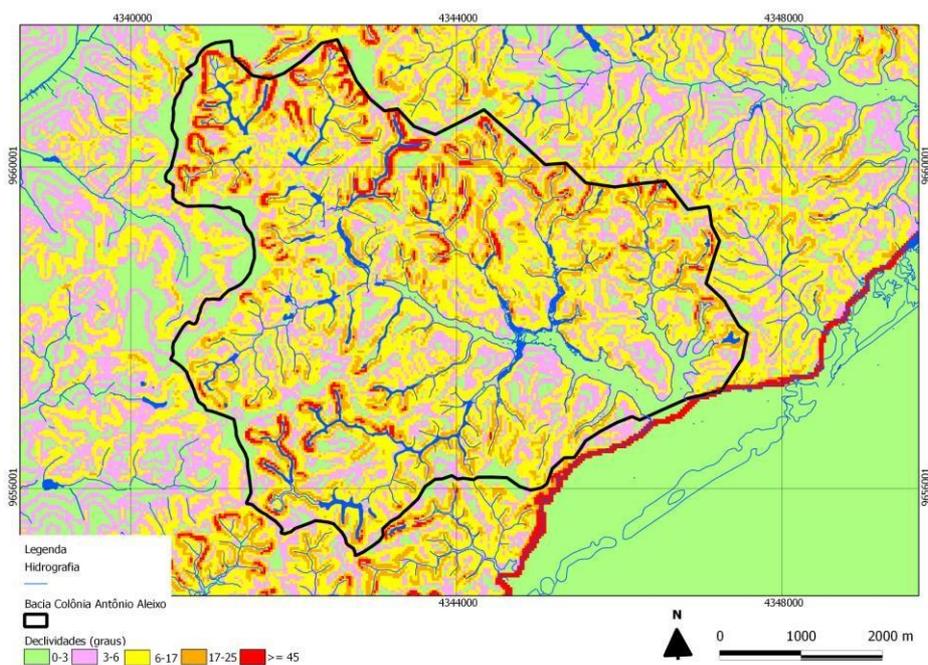
**Figura 23** - Hierarquização da Bacia Colônia Antônio Aleixo. Organização: Eduardo Pinheiro (2013).

Este mapa serviu além de ordenação da bacia também para situar todos os cursos d'água, sendo perenes e intermitentes além daqueles que foram totalmente assoreados e/ou modificado por ações antrópicas.

A área da zona leste onde se encontra a bacia pesquisada é considerada por Vieira (2008), uma área que sofre uma forte influência de fatores antrópicos e também os aspectos físicos, principalmente pelas características do relevo (declividade, comprimento e forma da encosta).

A área da zona leste onde se encontra a bacia pesquisada é considerada por Vieira (2008), uma área que sofre uma forte influência de fatores antrópicos e também os aspectos físicos, principalmente pelas características do relevo (declividade, comprimento e forma da encosta).

Segundo Vieira (2008) a área da bacia da Colônia Antônio Aleixo apresenta-se de maneira irregular, com encostas convexas de grande declividade (Figura 24).

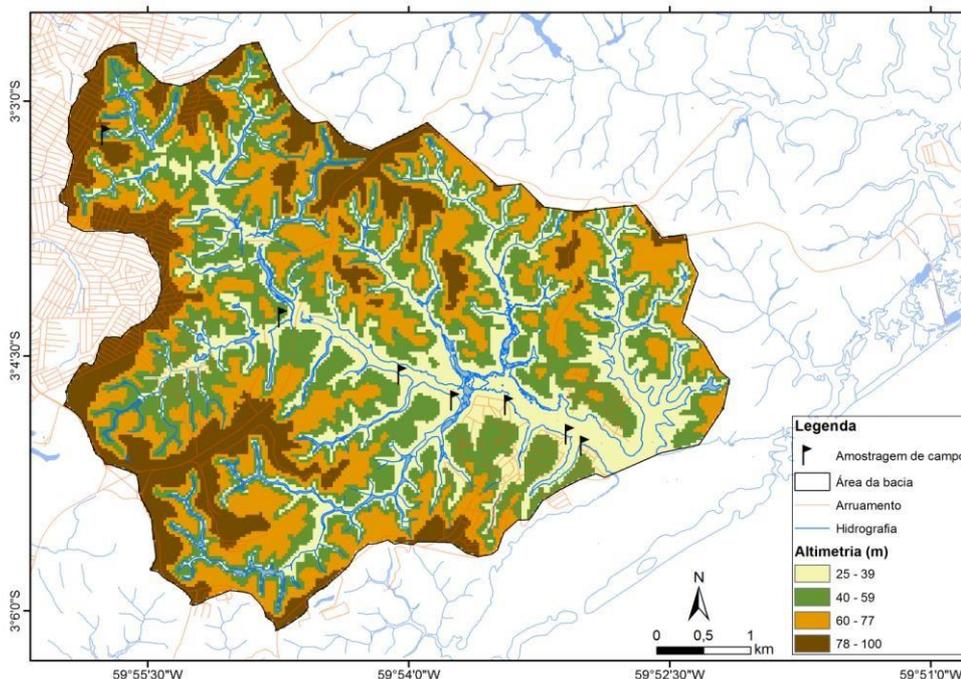


**Figura 2 4-** Mapa de declividade. Organização: Eduardo Pinheiro (2013).

A declividade mostrada no mapa revela uma declividade bastante acentuada nesta área que varia de 17° a 45°, o que favorece o aumento na velocidade dos escoamentos oriundos da precipitação.

No entanto, Vieira (2008) reitera que quando a encosta encontra-se com vegetação, as oscilações tanto de precipitação e de flutuações dos níveis do lençol freático não quebram a resistência do solo a escorregamentos ou a processos erosivos, sendo que o desmatamento rompe esse equilíbrio aumentando a susceptibilidade da área à ocorrência de voçorocas.

A área em questão encontra-se numa zona de platô, chamado platô leste, sendo bastante dissecado, que segundo Vieira (2008) deriva da combinação entre altimetria (Figura 25) e comprimento da encosta, isto é, maior altitude ajustada com encosta mais curta que resulta em uma maior declividade.



**Figura 25** - Mapa de altimetria. Organização: Eduardo Pinheiro (2013).

O mapa de altimetria mostra os pontos de amostragem, sendo que os mesmos encontram-se em área cuja altimetria varia de 25 m a 100 m, sendo um fator importante combinada a retirada da camada vegetal, na deflagração de processos erosivos e assim produção de sedimentos.

Selley (1965) *apud* Suguio (2003) afirma-se que a erosão, o transporte e a deposição são influenciados pela topografia do terreno.

Vieira (2008) destacou a predominância de feições erosivas na área pesquisada, sendo a combinação de diversos fatores tanto naturais quanto antrópicos como o relevo, a pluviometria, a fluviometria, o desmatamento e sistema de drenagem maldimensionado, que ocasionaria o surgimento de ações erosivas na Bacia da Colônia Antônio Aleixo.

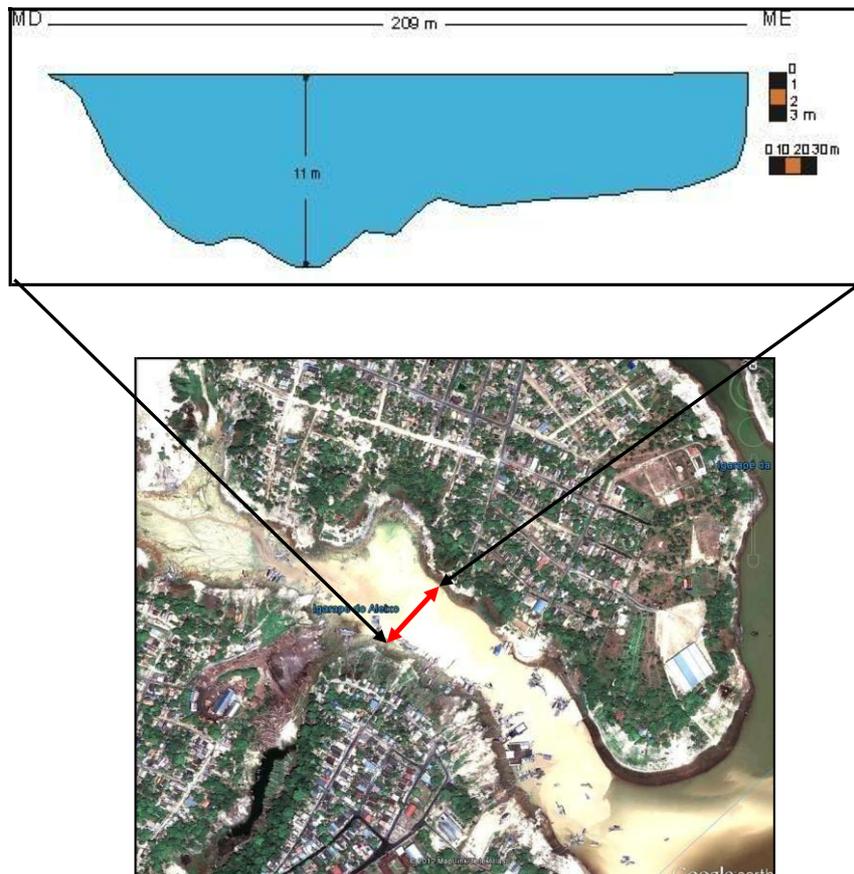
#### 4.2. Amostragem de dados fluviais

Os dados da parte navegável do rio principal mostraram que o mesmo sofre influência direta do Rio Amazonas, com o período de cheia e vazante, essa sazonalidade interfere na dinâmica do canal, sendo que na cheia os moradores das margens precisam se adequar ou até abandonar suas casas e com a vazante o rio perde sua navegabilidade (Figura 26).



**Figura 26** – Mostra da vazante do canal principal da Bacia da Colônia Antonio Aleixo Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2013)

Os dados de batimetria (Figura 27) revelaram profundidades variando de 11m (talvegue) a 5m próximo da margem.



**Figura 27** – Perfil batimétrico (seta em vermelho). Fonte: Google Earth (2011). Organização: Alcinéia de Jesus Barbosa (2013).

Apesar desta variação, a bacia sofre bastante influência do rio Amazonas, com picos de cheia e períodos de vazantes consideráveis, cuja o canal principal perde bastante a sua navegabilidade no período da vazante e os moradores que vivem próximo a margem tem que a estrutura de sua moradia ou até em casos extremos abandoná-la, quando baixa o nível do rio dos mesmos voltam para suas casas.

Existem pontos densamente povoados, fábricas, com pequenos sítios e casas. O uso de canoas é bastante comum como meio transporte e para atividades pesqueiras.

As casas próximas às margens do canal principal são palafitas, construídas em cima de toras, para que não inundem na estação da cheia.

Esses moradores possui a vantagem da proximidade da água para uso doméstico, e para deixar a canoa perto de casa, já que é meio de transporte mais utilizado.

Sendo as chamadas embarcações rústicas, operadas por seus proprietários e que fazem o transporte de pessoas e de pequenas cargas. São canoas a remo ou pequenas embarcações (voadeiras) com motor de popa próximo da superfície da água, para que não ocorram acidentes por conta de bancos de areia. São os únicos meios de acesso a comunidades ou casas isoladas localizadas na beira de igapós ou rios pequenos (Figuras 28 e 29).



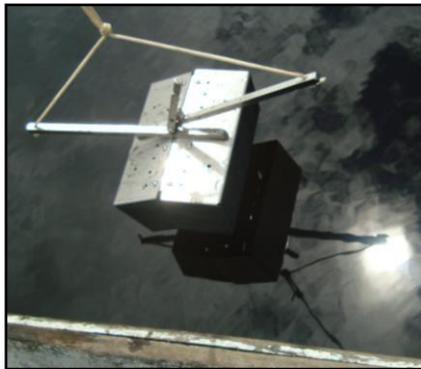
**Figura 28** - Área submersa no período de cheia. Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2012)

Neste ponto foi realizado o teste com o disco de Secchi, onde a corrente do rio é quase nula, e onde não se obteve grandes variações em seus resultados.



**Figura 29** - Moradias próximas às margens do canal principal da Bacia Colônia Antônio Aleixo. Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa (2012)

Os resultados dos testes com Draga Van Veen mostraram que pouco material grosseiro ou nenhum está saindo da bacia, várias tentativas foram realizadas, mas nenhum sedimento mais grosseiro foi coletado (Figura 30).



- A draga Van Veen foi utilizada com intuito de coletar material de fundo, porém foi constatado em várias seções do canal principal da Microbacia Colônia Antonio Aleixo, o predomínio de material fino, pela não obtenção de amostras em nenhuma das tentativas.

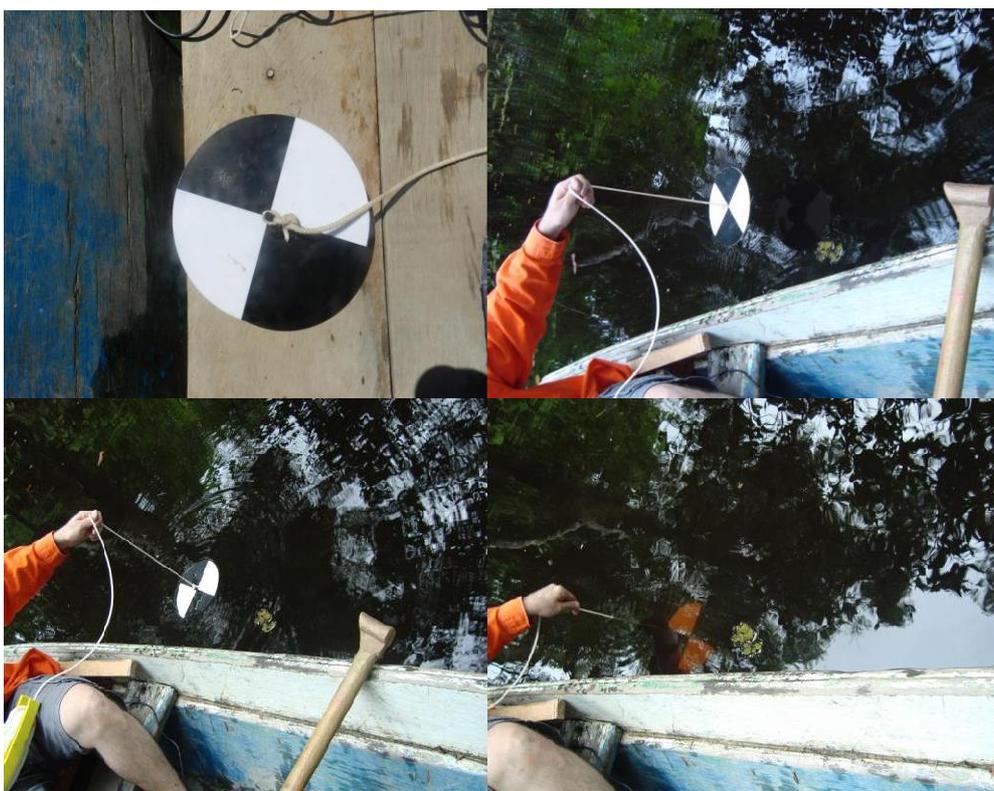


- O uso da draga serviu apenas para comprovar um das hipóteses deste trabalho, de que o canal da bacia não possui uma velocidade significativa no escoamento de sedimentos mais grosseiros, entretanto ela transporta, mas não em comparação a outras bacias da Amazônia.

**Figura 30:** Coleta de matéria de fundo na Bacia Colônia Antonio Aleixo  
Foto: Alcinéia de Jesus Barbosa em 20/08/2012

A bacia da Colônia Antônio Aleixo possui rios de águas pretas que carregam comprovadamente pouco sedimento, entretanto esta bacia sofre uma influência do Rio Amazonas nas variações fluviométricas e também concentra 50 das 91 voçorocas existentes em Manaus.

A quantidade de transparência que o disco de Secchi indica demonstra a quantidade de sedimentos que estão em suspensão este dado é apenas um dos indicativos quanto à presença de sedimentos em suspensão (Figura 31).



**Figura 31** – Verificando o grau e transparência do rio da Bacia Colônia Antônio Aleixo. Foto: Alcineia de Jesus Barbosa em 20/08/2012

Os valores do Disco de Secchi foram considerados, com poucas variações, sendo que no primeiro ponto a média obtida foi 0.80 cm, quando o disco deixou de ser visível, o que mostra que há no ponto 1 uma quantidade significativa de material em suspensão. Nos pontos 2, 3 e 4 os valores variaram entre 1,00 m a 2,60 m (Tabela 1).

Os sedimentos em suspensão foram poucos perceptíveis no momento da coleta. O canal apresenta pouca ou quase nenhuma velocidade e em alguns trechos características de mata de igapó.

Tabela 1 - Valores obtidos com o disco de Secchi.

<b>Resultados de Secchi (m)</b>	
<b>Ponto 1</b>	0,80
<b>Ponto 2</b>	1,00
<b>Ponto 3</b>	1,25
<b>Ponto 4</b>	2,60

As águas pretas têm maior visibilidade, com mais de 4 m; variando a quantidade de matéria orgânica é bastante reduzida. A coloração de “coca-cola” é o resultado da decomposição incompleta de folhas, galhos e frutos.

O resultado do material em suspensão demonstrou variações nos níveis de concentração como se observa no (Quadro 4), sendo que no ponto 1 a concentração chegou a 2,4 mg/l na primeira amostragem e na segundo chegou a 2mg/l, taxas elevadas para um rio de águas pretas, que conforme a literatura carrega pouco sedimentos, apesar do canal principal ser afluente do Rio Amazonas e ser um rio que carrega um volume considerável de sedimento em suspensão, isso remete ao fato de possuir uma vazão bastante significativa.

Quadro 4 - Materiais em suspensão.

<b>COLETA DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO COM USO DE FILTRO DE PRESSÃO REALIZADO NA COLÔNIA</b>	
<b>PONTO 1</b> 2m/1ª coleta	<b>PONTO 1</b> 1m/2ª coleta
Pi:0,0917g Pf:0,0929g Volume: 500=0,5L MES=0,0929g- 0,0917g=0,0012mg MES= <u>1,2</u> =2,4mg/L 0,5L	Pi:0,0941g Pf:0,0951g Volume: 500 ml =0,5L MES=0,0951g -0,0941g=0,001 MES= <u>1</u> =2mg/L 0,5
<b>PONTO 2</b> 5m/1ª coleta	<b>PONTO2</b> 1m/2ª coleta
Pi:0,0841g Pf:0,0849g Volume: 500 ml=0,5L MES=0,0849g-0,841g=0,0008mg MES= <u>0,8</u> =1,6mg/L 0,5	Pi:0,0888g Pf:0,0894g Volume: 500 ml=0,5L MES:0,0894-0,0888=0,0006mg MES= <u>0,6</u> =1,2mg/L 0,5
<b>PONTO 3</b> 4m/1ª coleta	<b>PONTO 3</b> 1m/2ª coleta

<b>Pi:0,0912g Pf:0,0924g</b> <b>Volume: 500 ml=0,5L</b> <b>MES=0,0924-0,0912=0,0012mg</b> <b>MES= <math>\frac{1,2}{0,5}</math> =2,4mg/L</b>	<b>Pi:0,0885g Pf:0,0888g</b> <b>Volume: 500 mg=0,5L</b> <b>MES=0,0888-0,0885=0,0003mg</b> <b>MES= <math>\frac{0,3}{0,5}</math> =0,6mg/L</b>
<b>PONTO 4</b> <b>5m/1<sup>a</sup>coleta</b>	<b>PONTO4</b> <b>1m/2<sup>a</sup> coleta</b>
<b>Pi:0,0943g Pf:0,0945g</b> <b>Volume: 500 ml=0,5L</b> <b>MES=0,0945-0,0943=0,0002mg</b> <b>MES= <math>\frac{0,2}{0,5}</math> =0,4mg/L</b>	<b>Pi:0,0928g Pf:0,0943g</b> <b>Volume: 500 ml=0,5L</b> <b>MES=0,0943-0,0928=0,00015mg</b> <b>MES= <math>\frac{1,5}{0,5}</math> =0,3mg/L</b>

**Legenda:** Pi = peso ideal; Pf = peso final; MES = material em suspensão.

Assim como comprova Filizola e Guyot (2011), a vazão sólida do rio Amazonas, é da ordem de 0.6 a  $1 \times 10^9$  de toneladas por ano de materiais em suspensão, sendo que o transporte de sedimentos no rio Amazonas apresenta um ciclo anual com um pico de vazões sólidas que antecedem ao pico de vazões líquidas.

Os mesmos autores explicam que esta carga sólida de material em suspensão é principalmente originaria da região andina da bacia, através dos rios Solimões e Madeira e sua dinâmica está associada tanto ao regime hidrológico destas sub-bacias quanto ao armazenamento e remobilização de sedimentos que ocorre ao longo do leito e várzea do rio.

Entretanto, os pontos 2 e 4 houve poucas variações entre a primeira coleta e a segunda, já no ponto 3 a variação foi considerável, sendo que na primeira coleta foi de 2,4 mg /l e na segunda 0,6mg/l.

#### 4.3. Medição de vazão

A medição de vazão tornou-se importante na verificação quanto ao transporte de sedimentos na bacia e sua deposição. No ponto 1 onde foram realizados o teste de velocidade e também coleta de sedimentos em 26 leituras batimétricas, tem a média de 8,04m.

Conforme o tratamento dos dados obtidos em campo, tiveram-se os seguintes resultados baixo (Quadro 5):

**Quadro 5** - Resultados de velocidade média do rio.

<b>N° de repetições</b>	<b>Tempo do flutuador (segundo)</b>	<b>Tempo médio (dia)</b>	<b>Velocidade média de superfície (m/s)</b>	<b>Velocidade média do rio (V=D/T)</b>
5	270s	0,0472	0,0555	0,0472

O tempo do flutuador que foi de 4 minutos e 30 segundos, sendo no espaço de 15m, obteve-se a velocidade média da superfície (m/s) que posteriormente através da Fórmula ( $v=D/T$ ), tem o resultado final a velocidade média do rio, que foi de 0,0472.

Depois de realizado o cálculo de velocidade média do rio passou-se para a medida de vazão ou descarga líquida.

Então, com os dados de velocidade média do rio e profundidade, obteve-se a área da seção molhada que é profundidade x largura do canal, que foi medido com base em imagem, e observações em campo.

De posse dos dados da área da seção molhada e velocidade do rio temos a vazão (Quadro 6), onde se verificou, que em comparações a outras com outras bacias tem um media de velocidade relativamente baixa.

**Quadro 6** - Resultado de vazão ou descarga líquida.

<b>Seção Transversal (m)</b>	<b>Profundidade do canal (m)</b>	<b>Área da seção molhada (m<sup>2</sup>) V=LXP</b>	<b>Velocidade Média do rio V= D /T V=VM seção vertical</b>	<b>Vazão/Descarga do rio (m<sup>3</sup>/s) Q L= A x V</b>
209	8,04	1,680	0,0472	79,3m <sup>3</sup> /s

A bacia Colônia Antônio Aleixo, é popularmente chamada de Lago do Aleixo, devido ao represamento de sua foz, que ocorre pela força hidrodinâmica do Rio Amazonas, pelo efeito de barramento, onde há acumulação de material erodido da margem, ocasionado pela própria sinuosidade do Rio Amazonas.

Isso pode ser uma explicação pela baixa velocidade do seu canal principal, sendo que concentra em seu entorno uma quantidade significativa de feições erosivas, principalmente voçorocas. Pelos os dados que foram dispostos, não possuem

velocidade suficiente para carrear material de fundo, já que os testes com a Draga Van Veen, deram negativos, não se conseguiu coletar nenhum material mais grosseiro.

#### 4.4. Dados pluviométricos

Os dados de pluviometria dão suporte quanto à quantidade de chuvas que caem na cidade de Manaus, e assim proporciona um escoamento maior nas áreas que em solo desnudo ou susceptível a ações erosivas, contribuindo para o aceleração das mesmas e assim descarte e transporte de sedimentos e a sua deposição.

Junk (1983) ressalta que a distribuição anual da precipitação na região Amazônica não é homogênea, assim como em diferentes áreas da Bacia Amazônica. Em consequência disso, o nível dos rios está submetido a fortes oscilações.

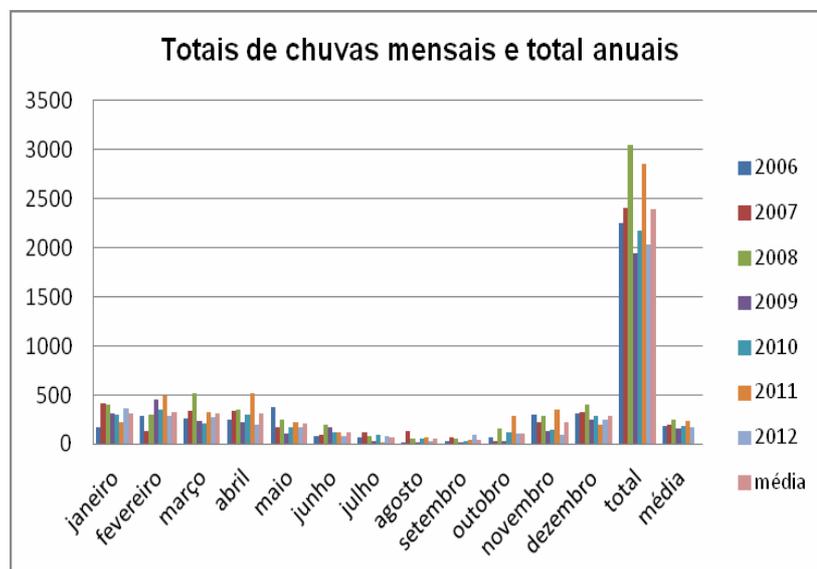
**Tabela 2** - Dados de pluviometria obtidos junto ao INMET entre os anos de 2006 e 2012.

Pluviometria da Cidade de Manaus								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Média
<b>Janeiro</b>	173,3	414,4	397,4	310,8	295,8	226,8	365,5	312,00
<b>Fevereiro</b>	288	137,7	298,9	457,9	352,5	493,3	288,7	331,00
<b>Marco</b>	265,3	336	513,6	232,5	211,8	323,3	277,4	308,56
<b>Abril</b>	252,1	341,1	345,6	222,1	303,4	515,9	195,6	310,83
<b>Mai</b>	382,1	165,3	252,3	110,8	165,1	222,4	167,8	209,40
<b>Junho</b>	87	100,6	202,7	165,8	119,1	121,3	85,4	125,99
<b>Julho</b>	71	121,9	80,2	25,1	100,6	20,2	83	71,71
<b>Agosto</b>	16,7	133,3	58,4	5,4	54,8	64,3	26,6	51,36
<b>Setembro</b>	32,8	71,7	56	4,2	26,6	41,5	90,3	46,16
<b>Outubro</b>	66	28,5	162,2	26	116,9	283,7	111,4	113,53
<b>Novembro</b>	294	226,2	281,5	132,3	140,6	352,8	97,4	217,83
<b>Dezembro</b>	317,4	327,9	399,3	252,3	283,7	194,5	248,6	289,10
<b>Total</b>	2245,7	2404,6	3048,1	1945,2	2170,9	2860,0	2037,7	2387,4
<b>Média</b>	187,1	200,4	254,0	162,1	180,9	238,3	169,8	

Os dados de chuva revelaram que a média de precipitação em 2009, foi baixa em relação ao demais anos, tendo precipitado um total de apenas 1945,2mm, seguido pelos anos de 2012 com 2037,7mm; 2010 com 2170,9; 2006 com 2245,7; 2007 com 2404,6; 2011 com 2860,0 e finalmente 2008 com o maior total precipitado entre os outros anos analisados com sendo um total de 3048,1mm (Tabela 2).

Os meses agosto e setembro apresentam as menores médias de precipitação com 51,36 e 46,16mm respectivamente, sendo setembro considerado o mês mais

quente do ano, com poucas chuvas e fevereiro o mês que mais chove com média de 331 mm (Gráfico 1).



**Gráfico 1** - Comparativo entre as médias e os totais mensais e anuais.

Observando o gráfico 1, os anos que mais choveram em médias totais foram em 2008 e 2011. Isso nos leva a relacionar que nestes anos tiveram desencadeados processos erosivos na bacia colônia Antonio Aleixo.

#### 4.5. Volume total de sedimentos erodidos da bacia

O volume total erodido das 50 voçorocas existentes na bacia Colônia Antonio Aleixo que contribuíram para o processo de assoreamento da bacia Foi obtido com a multiplicação da área na cota de 25m que é de 77,05 que foi com espessura do pacote de 0,70 cm quando atingiu o lençol freático foi de 1.100. 714,20 m<sup>3</sup>, correlacionando isso aos dados de sedimentos em suspensão, principalmente o ponto 1, que é 2,4mg/l. que multiplicado por 1000, obteve-se 0,0022g, e até alcançar o valor anual que foi de 5,5m<sup>3</sup>/ano sendo uma diferença bastante acentuada entre ambas.

#### 4.6. Análises das amostras de sedimentos

O Quadro 7 abaixo mostra como foi organizada a coleta de sedimentos na área estudada, no ponto 1 e ponto 2. Com o uso do trado as amostras foram retiradas e

verificadas conforme aos resultados obtidos.

Os pontos 1 e 2 foram escolhidos para representar o nível de assoreamento neste ponto da bacia.

**Quadro 7** - Identificação das amostras, profundidades e observações do ponto 1.

Ponto 1	Profundidade (cm)	Observações
1ª amostra	0-20	
2ª amostra	20-30	
3ª amostra	30-40	Em 50 cm o trado atingiu o lençol freático.
4ª amostra	40-50	
5ª amostra	50-60	
6ª amostra	60-70	
7ª amostra	70-80	
8ª amostra	80-90	

Sendo que no ponto 1 o trado alcançou o lençol em 50cm, enquanto que no ponto 2 alcançou em 60cm. Neste ponto há uma grande concentração de casas e apenas um pequeno igarapé

**Quadro 8** - Identificação das amostras, profundidades e observações do ponto 2.

Ponto 2	Profundidade (cm)	Observações
1ª amostra	0-20	
2ª amostra	20-30	A 60 cm atingiu o lençol freático.
3ª amostra	30-40	
4ª amostra	40-50	
5ª amostra	50-60	As amostras 9 e 10 estão no horizonte B.
6ª amostra	60-70	
7ª amostra	70-80	
8ª amostra	80-90	
9ª amostra	90-100	
10ª amostra	100-110	

O solo no ponto 1 e 2 que está nas margens demonstra que está assoreando o igarapé, pelo processo erosivos recorrentes nestes trechos,

#### 4.7. Resultados da separação de areia e totais

##### Separação de areia do Ponto 1

Tabela 3 - Resultados das frações de areia do ponto 1.

Profund.	Areia Muito Grossa (1 mm)	Areia Grossa (0,500mm)	Areia média (0,250mm)	Areia Fina (0,125mm)	Areia Muito Fina (0,062mm)	Total
0-20	0,57	3,24	5,89	5,48	1,63	16,81
20-30	0,81	4,18	7,29	5,07	1,18	18,53
30-40	0,89	3,04	5,02	4,67	1,25	14,87
40-50	0,65	3,17	6,43	5,83	1,45	17,53
50-60	0,79	3,25	6,41	5,70	1,45	17,6
60-70	0,49	3,14	5,76	5,28	1,59	16,26
70-80	0,62	4,70	6,97	4,52	1,22	18,03
80-90	0,63	3,67	6,48	5,26	1,35	17,39
90-1.00	0,71	3,49	6,16	5,08	1,24	16,68

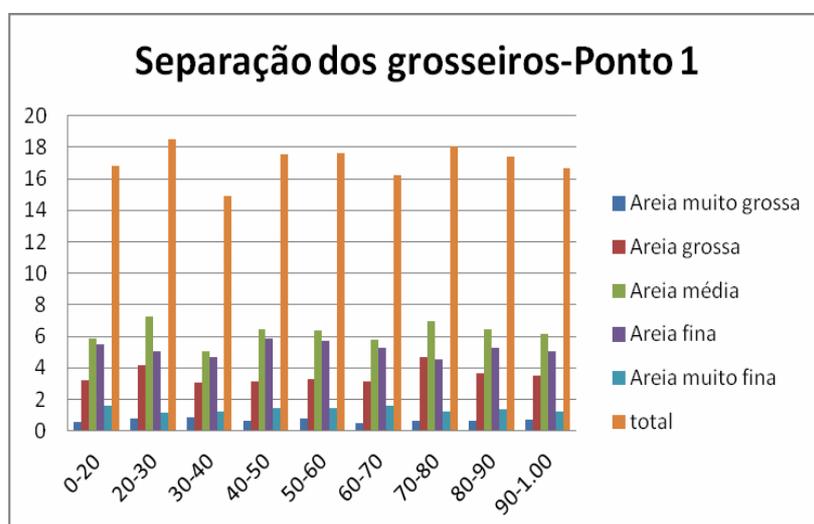


Gráfico 2 - Comparativo entre os grosseiros do ponto 1.

A composição das amostras retiradas do ponto 1 revela que há uma concentração de areia média, mas é mínima em relação às demais.

Pela classificação neste ponto o solo é arenoso, solos arenosos são conhecidos por não serem coesos.

Na segunda e sétima amostra há uma maior concentração de areia em relação às demais. A menor porcentagem de areia está na amostra 3.

## Separação de areia do ponto 2

Tabela 4 - Resultados das frações do ponto 2.

Profund.	Areia muito grossa (1 mm)	Areia grossa (0,500mm)	Areia Média (0,250mm)	Areia Fina (0,125mm)	Areia muito fina (0,062mm)	Total
0-20	0,57	3,06	5,85	5,51	1,63	16,62
20-30	0,32	2,30	5,25	5,32	1,73	14,92
30-40	0,34	2,04	5,30	5,50	1,92	15,1
40-50	0,60	2,61	3,58	5,42	1,70	13,91
50-60	0,37	2,29	5,52	5,14	1,87	15,19
60-70	0,28	2,44	5,26	5,14	1,77	14,89
70-80	0,32	2,38	4,93	4,60	1,70	13,93
80-90	0,68	2,82	5,04	4,86	1,52	14,92
90-1.00	1,04	3,18	4,97	4,53	1,16	14,88

Esta compõe de grãos grossos, médios e finos, mas todos visíveis a olho nu. Como característica principal a areia não tem coesão, ou seja, os seus grãos são facilmente separáveis uns dos outros.

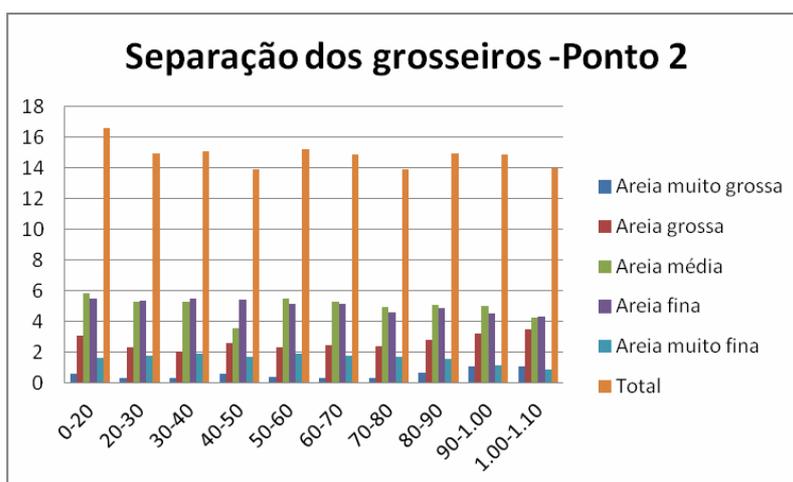


Gráfico 3 - Comparativo entre os grosseiros do ponto 2.

No ponto 2 há uma concentração considerável e areia fina quase a mesma quantidade de areia média.

Tabela 5 - Resultados das frações de areia do ponto 3.

Profund.	Muito Grossa (1 mm)	Areia Grossa (0,500mm)	Areia Média (0,250mm)	Areia Fina (0,125mm)	Areia Muito Fina (0,062mm)	Total
0-20	1,08	3,55	5,67	5,23	1,32	11,18
20-30	0,94	3,36	5,34	4,46	1,28	15,38
30-40	0,92	3,49	4,76	3,29	1,21	13,67
40-50	0,43	2,96	5,23	4,11	1,50	14,23
50-60	0,50	2,45	4,73	4,41	1,46	13,55
60-70	1,13	2,96	4,41	4,33	1,34	14,17
70-80	0,56	2,65	5,00	4,73	1,53	14,47
80-90	1,01	3,40	5,10	4,49	1,22	15,22
90-1.00	1,15	3,07	4,80	4,03	1,22	14,27

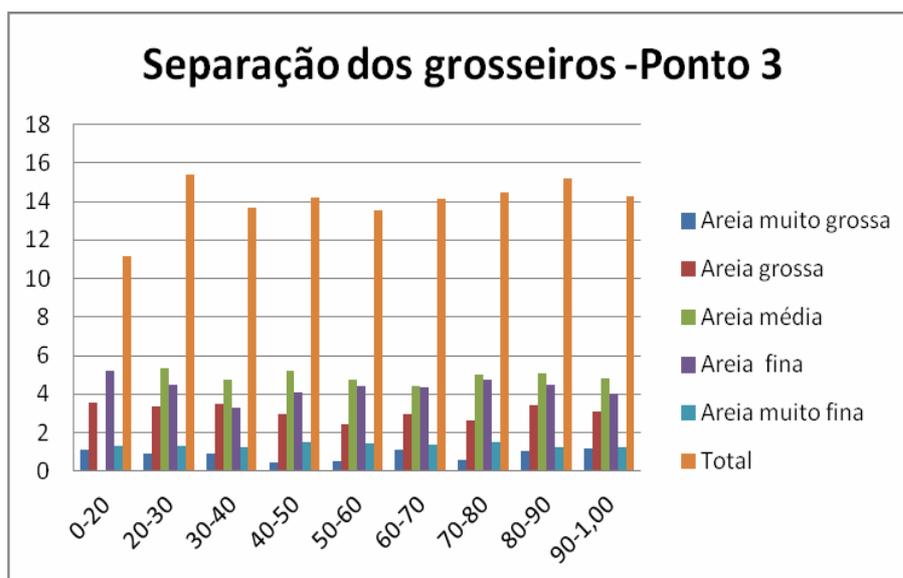


Gráfico 4 - Comparativo entre os grosseiros do ponto 3.

Percebe-se com os resultados das frações de areia e seus totais, que no ponto 1 há uma quantidade considerável de areia, principalmente próximo a superfície. Já nos pontos 2 e 3 prevalece a areia média. Na amostra 1 do ponto 3 tem-se mais areia fina.

O ponto 1 localizado na margem da bacia da Colônia Antônio Aleixo no ponto que recebe influência direta das condições fluviométricas tornando o solo mais friável, portanto propício a processos erosivos.

## CONCLUSÕES

As análises dos resultados expostos neste trabalho conduzem a algumas conclusões a respeito da produção de sedimentos pelas voçorocas entre outros processos erosivos na bacia Colônia Antonio Aleixo. Porém, vale destacar que o objetivo deste trabalho foi analisar a produção de sedimentos bem como seus condicionantes e principalmente o volume total erodidos das voçorocas.

Para isso, serão apresentados resumidamente os resultados obtidos para então proceder à análise da influência dos aspectos naturais e urbanos em relação ao problema estudado.

Com base em dados secundários, sabe-se que das 91 voçorocas existentes em Manaus, 50 localizam-se na Bacia Colônia Antonio Aleixo, por diversos fatores bem como naturais e antrópicos e esta informação serviu de prerrogativa para alguns questionamentos, sendo o primeiro qual seria a contribuição dos processos erosivos existentes na área para volume total erodido, o quanto esses processos agravam os problemas ambientais e principalmente o assoreamento do mesmo.

Foram realizadas testes em 8 pontos de amostragem realizados, primeiro na área molhada (fluvial) onde primeiramente foi medido a largura do canal, profundidade e grau de transparência rio principal, para então efetuar a coleta de material em suspensão e posterior análise em laboratório.

O material em suspensão variou bastante entre 0,3 a 2,4mg/l, entretanto, pela literatura, comprovadamente menciona que rios de águas pretas não transportam em grande quantidade material em suspensão. No entanto, os dados foram relativamente altos para este tipo, porém vale lembrar que esta é uma bacia que possui 50 voçorocas, e que contribuiriam com sedimentos para o canal principal.

Os dados batimétricos revelaram que as profundidades foram variadas, chegando a atingir 11m, entretanto vale ressaltar que estes testes foram realizados no período de vazante (descidas das águas) o que nos remete a pensar que se fosse realizado no pico da cheia, as profundidades seriam maiores, sendo que é uma área que sofre influência direta do rio Amazonas.

O grau de transparência das águas do canal principal da bacia oscilou de 0,80 m a 2,60 m, relativamente moderado, sendo que possui épocas distintas, cheia e vazante.

O resultado de vazão da área é baixo, sendo uma prerrogativa para estudos posteriores, porque se o canal não tem força suficiente para transportar os sedimentos, como se vê em imagens de satélites sedimentos saindo do canal, outra para onde todos os sedimentos erodidos então indo, sendo que na Cidade de Manaus choveu consideravelmente de 2006 a 2012 constatados em dados obtidos do INMET e que baseada em dados secundários na década de 90, quando iniciou um aceleração no surgimento de feições erosivas havia precipitado consideravelmente, sendo que não havia se feito nenhuma pesquisa quanto ao transporte deste material erodido.

Nos resultados dos mapas verificou-se que área apresenta uma grande variação na declividade que oscila de 3° a 45°, e sua altimetria variante de 25 à 100m, sendo que baseada em literaturas diversas, que comprova que a bacia encontra inserida num relevo irregular com encostas convexas de grande declividade, as quais favorecem o aumento da velocidade dos escoamentos, apesar disso, como já foi dito o canal principal não possui força para escoar estes materiais.

A bacia Colônia Antonio Aleixo está localizada no platô leste, considerado relevo bastante dissecado, então susceptível a processos erosivos pela influência da rede de drenagem de menor hierarquização e mais próxima do rio Amazonas, tornando a área abrangida por essa drenagem mais sujeita às oscilações das enchentes e vazantes.

A variação do nível de base das áreas atingidas pelos canais em virtude das enchentes e vazantes influencia a flutuação dos níveis freáticos das encostas. Sendo que, se estiver com vegetação, diminui de certa forma a força de surgimento de feições erosivas como, por exemplo, voçorocas.

O mapa de cobertura de uso de solo mostrou que é uma área bastante ocupada em suas margens, sendo isso um fator importante, já que as ações antrópicas têm o poder de acelerar o surgimento de voçorocas e outras feições.

Realizado através de cálculos matemáticos, obteve-se o total de volume erodido da bacia, com base nas 50 voçorocas cadastradas por Vieira (2008),

chegando a 1.100.714,20m<sup>3</sup> de sedimentos numa área de 770.500 m<sup>2</sup>. Nesse sentido, conclui-se que essas incisões realmente contribuíram com sedimentos para o interior da bacia e a maior parte está permanecendo, próximo às áreas erodidas, principalmente os sedimentos grosseiros, ao passo que os finos (argila e silte) vêm sendo transportados para fora desta.

Defende-se aqui, portanto, que a bacia da Colônia Antonio Aleixo passa pelo processo de assoreamento de suas nascentes, com as margens do canal principal com ocupações irregulares e com empreendimentos industriais.

Deve-se então fomentar medidas mitigadoras de proteção de resquícios de sua mata ciliar e contenção de processos erosivos com o reflorestamento de suas margens. A revegetação utilizando espécies nativas de rápido desenvolvimento e adaptação pode ser uma alternativa em médio prazo para o controle da erosão, recuperação da flora e reconstituição da paisagem.

## REFERÊNCIAS

ABRAHAMAS, A. D. **Channel networks: a geomorphological perspective**. Water Resources Research, v. 20, n 2, p. 161 – 168. 1984.

AGUIAR, F. E. O. **As alterações climáticas em Manaus no século XX**. Rio de Janeiro. UFRJ: Instituto de Geociências: Departamento de Geografia, 1995. 182 p.

ALMEIDA, F. T. **O controle estrutural como elemento de direcionamento de voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo – Manaus (AM)**. (Projeto de Iniciação Científica). UFAM/PROPESP, 2011.40p.

ARAÚJO, L.E.; SOUSA, F.A.S.; MORAES NETO, J.M.; SOUTO, J.S.; REINALDO, L.R.L.R. **Bacias hidrográficas e impactos ambientais**. Qualitas Revista Eletrônica, v.8, n.1, p. 1- 18, 2009.

BOHER, C.B e GONÇALVES, L. M. C. Vegetação. In: **Geografia do Brasil**. Região Norte. Volume 3. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.p.137-168.

Boix-Fayos, C., Martinez-Mena, M., Arnau-Rosalén, E., Calvo-Cases, A., Castillo, V., Albaladejo, J., 2006. **Measuring soil erosion by field plots: understanding the sources of variation**. Earth-Sci. Rev. 78 (3–4):267–285. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.05.005>.

CARNEIRO, V. M. C. **Composição florística e análise estrutural da floresta primária de terra firme na bacia do rio cuiriras**. (Dissertação de Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) / Universidade Federal do Amazonas (UFAM), 2004. 67 p.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL. 2000. 154p.

CARVALHO, T. M; BAYER, M. **Utilização dos produtos da “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás**. *Revista Brasileira de Geomorfologia* – Ano 9, nº 1, 2009.

CUNHA, S. B. **Canais Fluviais e a Questão Ambiental**: In: **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens**. CUNHA, S.B e GUERRA, A. J.T(Org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 5ªed., 2009.p.219-238.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In: **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. (Org.) Cunha, Sandra Batista da; Guerra, Antonio José Teixeira. 5ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Estado do Amazonas. Programa Geologia do Brasil. **Levantamento da Geodiversidade** (Orgs.). Maria Adelaide Mansini Maia José Luiz Marmos. Manaus, 2010.282p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

DANTAS, M. E.; MAIA, M. A. M. **Compartimentação Geomorfológica**. In: Maia, M. A. M. e Marmos, J. L. Geodiversidade do estado do Amazonas. Manaus: CPRM. 2010. 275 p.

DOTTO, C. B. S. **Acumulação e balanço de sedimentos em superfícies asfálticas em área urbana de Santa Maria – RS**. UFSM/CT. (dissertação de mestrado). Programa de Pós- Graduação em engenharia civil. Santa Maria. 2006.126p.

DOU- **Diário Oficial do Município de Manaus**. Lei nº 1.401, Ano XI, 2365 ed., 2010.

EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. – Rio de Janeiro, 2006.

FALCÃO, C. L. C. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial em área de depressão sertaneja e de maciço residual no semi-árido cearense**.(Doutorado em Geografia Física). São Paulo: USP/PPGGF, 2008.254p.

FARIAS A. S. **Morfometria das encostas e processos de Voçorocamento na Bacia Colônia Antônio Aleixo – Manaus-AM** (Projeto de Iniciação Científica). UFAM/PROPEP, 2010. 15 p.

FIGUEIRA, M.; POLARI, J. **Manaus 336 anos**. Jornal do Comércio, Manaus, 22-24, outubro, 2005.

FILIZOLA, N. **P.O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Bacia Amazônica brasileira**. Brasília, DF: ANEEL, 1999.

FILIZOLA, N.P; GUYOT, J. L **Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia**. Revista Brasileira de Geociências: vol.41 nº 4, São Paulo, dez.2011.

FLORENZANO, T. G. **Sensoriamento remoto para geomorfologia**. In: **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. (Org.) Florenzano, Tereza Galloti. São Paulo: Oficina de textos, 2008.p.31-72.

FORTES, M. R. Planejamento Ambiental Urbano em Microbacia hidrográfica: uma introdução ao tema; In: **Contribuições teórico- metodológica da Geografia Física**. Adoréa Rebello (org.). Manaus. Edua. 2010.p.193-219.

FRANCISCO, A. B. NUNES J. O. R., TOMMASELLI J. T. G. **A dinâmica espaço- temporal do processo de Voçorocamento no perímetro urbano de rancharia – SP**. Revista Brasileira de Geomorfologia - v. 11, nº 1, 2010, 56p.

GONÇALVES, L. F.H e GUERRA, A. J. T. **Movimentos de Massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro)**: In: **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. GUERRA, A. J.T e CUNHA, S. B. (Org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ªed., 2010.p.189-252.

GUERRA, A. J.T e CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2ª ed. 1995,472p.

GUERRA, A. J. T. e MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos solos e a Questão Ambiental**. In: VITTE, A.C. e GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 8.p.225-256.

GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos nas Encostas**. In: Sandra Batista Cunha e Antonio J. T. Guerra (Orgs.). **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. 5ª ed., Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2011.p.139-155.

HELMING, K., Auzet, A.-V., Favis-Mortlock, D. **Soil erosion patterns: evolution, spatiotemporal dynamics and connectivity**. Earth Surf. Process. Landf. 30:131–132. 2005. [http:// dx.doi.org/10.1002/esp.1179](http://dx.doi.org/10.1002/esp.1179).

HORTON, R .E. **Erosional development of streams and their drainage basins:hydrophysical approach to quantitative morphology**. Bulletin of the Geological Society of America 56, 1945, 275-370.

IBGE, **Manual técnico de geomorfologia** / Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – Rio de Janeiro, ed., 2009.181 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia- **Dados pluviométricos de 1901 a 2006**. Manaus: INMET. (Planilha em formato digital). 2007.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **BDMEP- Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Período de 2006-2012. Acesso em 20/12/2012.

JUNK, W. J. **As águas da região Amazônica**. In: SALATI, E.; JUNK, W. J.; SHUBART, H. O.; OLIVEIRA, A. E. **Amazônia; desenvolvimento, integração,**

**ecologia**. São Paulo: Brasiliense/CNPq, 1983.

LAPORTE, L. F. **Ambientes Antigos de Sedimentação**. Editora Edgard Blucher. 3ª ed., 1982.

LEAL, P. C. **Caracterização e interpretações genéticas de alguns solos da região de Manaus-AM**. Ciências do Solo. Recife- PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1996. 109 p.

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. 1995.150p.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

KOBIYAMA, M. **Recursos hídricos e saneamento**. Orgs: KOBIYAMA, M; MOTA, A. A; CORSEUIL C. W. – Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008.

MAIA, M. A. M. TEIXEIRA, S. G.; MARMOS, J. L.; AGUIAR, C. J. B.; SHINZATO, E. **Geodiversidade: adequabilidades / potencialidades e limitações frente ao uso e ocupação**. Geodiversidade do Estado do Amazonas. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. (Orgs.) Maria Adelaide Mansini Maia José Luiz Marmos. Manaus, 2010.282p.

MARÇAL, M. dos S. e GUERRA, A. J. T. **Processo de Urbanização e Mudanças na Paisagem da Cidade de Açailândia (Maranhão)**: In: **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. GUERRA, A. J.T e CUNHA, S. B.(Org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ªed., 2010.p.275-303.

MONTENEGRO, M.H & TUCCI, C. E. M. Saneamento Ambiental no Brasil: saneamento ambiental e águas pluviais. In: **BRASIL- Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Gestão do território manejo integrado das águas urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.270p.

NIMER, E. Climatologia da Região Norte. In: **Climatologia do Brasil**. 2ª ed., Rio de Janeiro: IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. p. 363-392.

OLIVEIRA, M.A.T.de e MEIS, M. R. M. **Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP)**. In: Geociências. nº 4. São Paulo. 1985, p. 87-99.

OLIVEIRA, M.A.T.de e HERRMANN, M. L. P. **Ocupação do solo e riscos ambientais na área conurbada de Florianópolis**. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (orgs.). **Impactos**

**Ambientais Urbanos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 147-188. (2001).

OLIVEIRA, E. L. de A. **Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS: Zoneamento e Hierarquização.** UFRGS/UG. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Rio Grande do Sul. 2004.147p.(dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, M. A. T. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco por voçorocas.** In: GUERRA, J. T.; SILVA, A. S. DA; BOTELLHO, R. G. M. (Organizadores). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 339

PINHEIRO, E. S.; MARQUES, J. P. C. e KUX, H. J. H. **Modelo linear de Mistura espectral e métricas da paisagem aplicado ao estudo do desflorestamento em Manaus, Amazonas.** [Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.](#)

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia aplicada aos EIAs - RIMAs.** In: Antonio J. T. Guerra; Sandra Batista Cunha (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente.** 3ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.p.291-336.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V; BUBA, H; KISHI, R. T.; MARONE, E. e LAUTERT, L. de C. **Hidrometria Aplicada.** Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SANTOS JUNIOR, E. V. da C. **Identificação e Análise Geoambiental de processos erosivos em uma porção da área urbana de Manaus-AM (bairros Cidade Nova e Mauzinho).** (Dissertação de Mestrado). Manaus: CCA/UFAM. 2002, 136 p.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E. e CAMARGO, P. B. de. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** São Carlos: Rima, 2003. 140p

SILVEIRA, L. R. dos e MENDONÇA, R. M. G. **Análise, monitoramento e caracterização da voçoroca Ribeirão da cachorra em Paraíso do Tocantins – TO.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 231-250, mai /ago 2009.

SIOLI, P. H. **Problemas da Limnologia da Amazônia.** In. Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Norte. Belém, Pará. 1951, n° 24.p.4- 44.

SUGUIO. K. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1973.p.317.

SUGUIO, K. ; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial.** Florianópolis: Editora da UFSC e

UFPR, 2ª. ed. 1990

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Editora Blucher, 2003.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric Area-Altitude Analysis of Erosional Topography**, Geological Society of America Bulletin, vol. 63, issue 11, p. 1117,1952.

TUCCI, C. (org.). **Hidrologia – ciência e aplicação**. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre, 2000.

TUCCI, C. E. M; COLLISCHONN, W. **Drenagem Urbana e controle de erosão**. In: CARLOS E. M. TUCCI; DAVID DA MOTA MARQUES (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre, RS: EDUFGRS, v 1, 2000.

VIEIRA, A. F. G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM)**. Dissertação (Mestrado). Florianópolis: UFSC. 1998.222p.

\_\_\_\_\_. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas Manaus (AM): fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. Florianópolis: UFSC/PPGG, 2008. 223p.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): Principais fatores controladores e impactos urbano- ambientais**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 12 de dezembro de 2008, p. 310.

WALLING, D. E. **Human Impacto on land-ocean sediment transfer by the world's rivers**. *Geomorphology*, 79:192-16, <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.019>.

# ANEXO 1

## Tempos de sedimentação

Temperatura °C	Tempo	Temperatura °C	Tempo
10	5h 11'	23	3h 43'
11	5h 03'	24	3h 38'
12	4h 55'	25	3h 33'
13	4h 47'	26	3h 28'
14	4h 39'	27	3h 24'
15	4h 33'	28	3h 19'
16	4h 26'	29	3h 15'
17	4h 20'	30	3h 10'
18	4h 12'	31	3h 07'
19	4h 06'	32	3h 03'
20	4h 00'	33	2h 58'
21	3h 54'	34	2h 55'
22	3h 48'	35	2h 52'