



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

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS COMO SUBSÍDIO PARA A  
MELHORIA DO ACESSO DOS ALUNOS DO ENSINO  
FUNDAMENTAL ÀS ESCOLAS RIBEIRINHAS NA BACIA DO  
TARUMÃ-MIRIM, MANAUS/AM.**

**SIDINEY ARAÚJO GLÓRIA**

**NAZIANO PANTOJA FILIZOLA JÚNIOR (PhD)  
Orientador**

**MANAUS-AM  
MAIO 2012**

**SIDINEY ARAÚJO GLÓRIA**

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS COMO SUBSÍDIO PARA A  
MELHORIA DO ACESSO DOS ALUNOS DO ENSINO  
FUNDAMENTAL ÀS ESCOLAS RIBEIRINHAS NA BACIA DO  
TARUMÃ-MIRIM - MANAUS/AM**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação *Stricto Sensu* em Geografia/PPGEOG 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  
MAIO 2012**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAM

G562e Glória, Sidiney Araújo

Estudos hidrológicos como subsídio para a melhoria do acesso dos alunos do ensino fundamental às escolas ribeirinhas na bacia do Tarumã-mirim, Manaus/AM / Sidiney Araújo Glória. - Manaus, AM : UFAM, 2012.

107 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (Mestre em Geografia. Área de Concentração: Amazônia, território e ambiente). Universidade Federal do Amazonas. Orientador: Profa. Phd. Naziano Pantoja Filizola Júnior.

1. Bacias hidrográficas – Manaus (AM) – Transporte escolar 2. Bacia do Tarumã-Mirim (AM) – Transporte Escolar 3. Estações hidrológicas – Manaus (AM) 4. Estações pluviométricas - Manaus (AM) 5. Estações fluviométricas – Manaus (AM) I. Filizola Júnior, Naziano Pantoja (Orient.)  
II. Título

CDU (2007): 556.51.06(811.3)(043.3)

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS COMO SUBSÍDIO PARA O ACESSO  
ÀS ESCOLAS RURAIS RIBEIRINHAS DA BACIA DO TARUMÃ-  
MIRIM MUNICÍPIO DE MANAUS-AM**

Sidney Araújo Glória



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA MESTRADO EM GEOGRAFIA (PPG-GEOG) DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA.

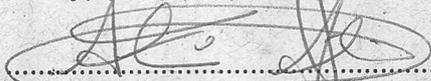
Assinada por:

**Rubrica**

**Conceito**

  
.....  
Prof(a) Dr(a) Naziano Pantoja Filizola Jr

APROVADO .....

  
.....  
Prof(a) Dr(a) Antonio Fábio Guimarães Vieira

APROVADO .....

  
.....  
Prof(a) Dr(a) Edson Vicente da Silva

APROVADO .....

**MANAUS, AM – BRASIL  
MAIO DE 2012**

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado a minha família, que sempre me incentivou, aos meus filhos Darío da Silva Glória e Thiago Anselmo Glória, aos meus pais Manoel Ferreira Glória (em memória) e Zimar Araújo Glória, por me ensinarem a persistir nas dificuldades, pelo apoio em situações de angústias e dúvidas e pela força em momentos difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Deus Pai, que iluminou e conduziu as minhas mãos e jamais me abandonou no decorrer dos trabalhos. Aos meus pais, Manoel Ferreira Glória (em memória) e Zimar Araújo Glória pelo carinho e apoio; aos meus filhos Thiago e Darío pela paciência e compreensão; aos meus irmãos Dário Neto, Sandra, Cilene, Silvana, Kátia e em especial a Clirley Glória pelas correções ortográficas; a minha sobrinha Suanam, pelo afeto, incentivo e parceria; ao meu orientador professor Naziano Filizola pelo estímulo, confiança, apoio técnico e paciência; ao professor Antônio Fábio pelas ajudas e profissionalismo.

Agradeço a Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade, ao Programa de Pós Graduação em Geografia e aos demais professores do departamento, que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus agradecimentos de forma especial aos amigos doutorandos: Willer Hermento Pinto pela disponibilidade e apoio técnico, que foram fundamentais para os resultados do trabalho; ao professor da UEA João D'anúzio pelo apoio e incentivo ao longo da minha jornada acadêmica; Valdir Soares, pelas dicas em estatística, aos colegas do Laboratório de Potamologia da Amazônia (LAPA); Pauliane, Diego Elisa e Pascoal e Luciana Muniz pelas conversas produtivas, enriquecedoras e ajuda nas dificuldades; ao amigo Francisco Everardo Girão pelas palavras de apoio e incentivo e nas revisões textuais; ao Olivaldo Patrício (SEMAS) pelo apoio técnico ao Sr. José Maricato pelo apoio em Campo.

Quero agradecer a professora Francemary Maia de Lima, chefe da Divisão Regional Educacional (DRE) VII, pelo apoio e compreensão no decorrer desses dois anos de pesquisa, assim como, aos colegas diretores das Escolas Ribeirinhas do Tarumã-Mirim pela receptividade e informações prestadas. Enfim, agradeço a todos meus amigos que de igual importância contribuíram com a realização desse trabalho.

## **EPÍGRAFE**

“A principal missão do professor de Geografia é ajudar o aluno entender o lugar onde vive e atuar sobre ele”

*Aziz Ab' Saber*

## RESUMO

O presente estudo teve como propósito levantar subsídios hidrológicos, para auxiliar na melhoria do acesso às unidades educacionais no interior da bacia hidrográfica do Tarumã-Mirim, tal localidade dispõe de sete escolas municipais que utilizam transporte escolar náutico, em determinado período do ano estas embarcações são impedidas de adentrarem nos igarapés que compõe a bacia, devido às variações hidrológicas, para tanto, foram identificadas e localizadas as escolas, assim como, seus aspectos socioeducacionais. Buscou identificar por meio de estudos pluviométricos e fluviométricos os meses que facilitam o acesso dos docentes e discentes a estes educandários. Foram monitorados dados fluviométricos e pluviométricos diários em uma estação hidrológica denominada de Estação Tarumã Mirim (ETM), instalada para este estudo na escola Raul Pompeia, tal estação, forneceu dados para serem relacionados com os dados de cota do Rio Negro, registrados na estação do porto de Manaus, analisou-se a pluviosidade juntamente com o nível de cota no interior da bacia e a influência registrada no regime local.

Realizaram-se análises das rotas do transporte escolar e suas variabilidades dentro do ciclo hidrológico, recorreram-se aos meios estatísticos para analisar e correlacionar dos dados de séries históricas das estações hidrológicas do porto de Manaus, com os dados fluviométricos coletados durante o ano de 2011 na ETM. As rotas do transporte escolar foram realizadas com auxílio de GPS para identificar o traçado das trilhas percorridas pelas lanchas nos períodos de águas altas e águas baixas. Os dados foram plotados em plataforma do Sistema de Informações Geográfica (SIG) para elaboração de mapas temáticos. Com base nas informações obtidas no estudo, criaram-se subsídios para propor a elaboração de um calendário escolar adequado aos regimes hidrológicos locais.

**Palavras chaves:** Bacia do Tarumã-Mirim, Transporte Escolar, Regime Hidrológico, Escola.

## ABSTRACT

This study aims to raise hydrological subsidies to help improving access to educational units within the Tarumã-Mirim basin. This basin has seven public schools that provide a boat transportation service for their pupils. At times of the year, these vessels cannot enter the streams that make up the basin because of the hydrological variations. Thus, the schools and their social and educational aspects were identified. We sought to identify, using rainfall and gauge data, the months for which the access of teachers and students to these establishments is facilitated. Gauge and rain data were monitored on a daily basis at a hydrological station called Tarumã Mirim (ETM), created for this study at the school Raul Pompeia. The data from this station was compared to the data of the Rio Negro gauge at the port of Manaus. We analyzed the rainfall along with the stage levels within the basin and their influence on the local regime. The investigation of school transport routes and their variability within the hydrological cycle was apprehended via statistical means. The historical time series of the hydrological station at the port of Manaus was analyzed and correlated with the gauge data collected during the year 2011 at the ETM. The school transport routes were determined using GPS. Thus, it was possible to identify the layout of the trails traveled by boats during periods of high and low water. The data were plotted on the Geographic Information System (GIS) platform for thematic mapping. Based on the information obtained from this study, it was proposed to create subsidies for the development of an appropriate school calendar with respect to local hydrological regimes.

**KEY-WORDS:** Taruma-Mirim's Basin, School Transportation, Local Hydrological system.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	18
Figura 2 - Igarapé bloqueado por árvore caída período de vazante	20
Figura 3 - Comunidade Agrovila Amazonino Mendes no período de águas altas em contrastes com o período de águas baixas.....	32
Figura 4 - Aluno com necessidades especiais com dificuldades para ter acesso na escola Ebenezer.....	35
Figura 5 - Paleovale que ligaria a bacia do Rio Cuieiras à Bacia do Tarumã-Mirim.....	40
Figura 6 - Mapa dos tipos de solo da Bacia do Tarumã- Mirim.....	42
Figura 7 - Área das UCs que circundam a Bacia do Tarumã-Mirim...	44
Figura 8 - Fluxograma de pesquisa.....	46
Figura 9 - Estação de monitoramento hidrológico na bacia do Tarumã-Mirim.....	49
Figura 10 Pluviômetro do tipo rudimentar (garrafa pet) ETM	50
Figura 11 Delimitação da bacia do Tarumã-Mirim.....	53
Figura 12 Esquema de delimitação automática da Bacia do Tarumã-Mirim.....	54
Figura 13 Mapas da Bacia do Tarumã-Mirim nos períodos de águas altas e baixas.....	56
Figura 14 Bacia Hidrográfica do Tarumã-Mirim, com fotografia e localização das escolas no interior da mesma.....	61
Figura 15 Lanchas fornecidas pelo FNDE em convenio com a prefeitura de Manaus, cerimonial de entrega em 2010.....	63
Figura 16 Traçado das rotas em dois períodos (AA) águas altas e (AB) águas baixas.....	69
Figura 17 Rotas da Escola José Sobreira.....	71
Figura 18 Rotas da Escola São José I.....	73
Figura 19 Rotas da Escola Municipal Ebenezer.....	75
Figura 20 Rotas da Escola Municipal Canaã II.....	77
Figura 21 Rotas da Escola Municipal São Sebastião.....	79
Figura 22 Rotas da Escola Paulo Freire.....	80
Figura 23 Rotas da Escola Municipal Raul Pompeia.....	81

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 -</b>	Dados sobre as escolas municipais da Bacia do Tarumã-Mirim.....	<b>65</b>
<b>Gráfico 2 -</b>	Percentual de alunos matriculados em 2011 nas Escolas do Tarumã-Mirim.....	<b>66</b>
<b>Gráfico 3 -</b>	. Distâncias médias percorridas pelas rotas nos períodos de águas baixas e altas.....	<b>67</b>
<b>Gráfico 4 -</b>	Dados fluviométricos da estação ETM referente ao ano de 2011 .....	<b>84</b>
<b>Gráfico 5 -</b>	Cota mensal de Manaus de 30 anos, máxima das máximas, média das médias, e mínima das mínimas .....	<b>86</b>
<b>Gráfico 6 -</b>	Dados de pluviosidade (mm) da ETM em 2011.....	<b>88</b>
<b>Gráfico 7 -</b>	Multe estação, dados fluviométricos e pluviométricos domínios diferenciados registrados na ETM 2011.....	<b>90</b>
<b>Gráfico 8-</b>	Análise de regressão linear simples das cotas do porto de Manaus e ETM 2011.....	<b>92</b>
<b>Gráfico 9 -</b>	Análise de regressão exponencial da ETM e do porto de Manaus referente ao ano de 2011 .....	<b>93</b>
<b>Gráfico 10 -</b>	: Dados do ano de 2011 da estação do porto de Manaus e ETM.....	<b>95</b>
<b>Gráfico 11 -</b>	Mínimas diárias históricas do porto de Manaus, ETM 30 anos e 2011.....	<b>96</b>
<b>Gráfico12-</b>	Médias diárias históricas de Manaus e Tarumã-Mirim e ETM .....	<b>97</b>
<b>Gráfico13-</b>	Máximas diárias históricas de Manaus e Tarumã-Mirim e ETM.....	<b>98</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Aspectos estruturais da SEMED .....	<b>34</b>
<b>Tabela 2</b> - Infraestrutura das escolas do Tarumã-Mirim e quantitativo de alunos no ano 2011.....	<b>64</b>
<b>Tabela 3</b> - Diferença em percentual das rotas no período de águas altas e baixas .....	<b>82</b>
<b>Tabela 4</b> - Cotas ETM 2011 em quatro períodos .....	<b>83</b>
<b>Tabela 5</b> - Dados pluviométricos da ETM .....	<b>87</b>
<b>Tabela 6</b> - Coeficiente de correlação de dados do porto de Manaus e ETM, por períodos do ano hidrológico.....	<b>94</b>
<b>Tabela 7</b> - Alternativas para a adequação do calendário escolar .....	<b>100</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	Apresentação .....	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1	Geral .....	16
2.2	Específicos .....	16
2.3	Área de estudo .....	17
2.4	Contextualizações dos problemas e motivações .....	19
2.5	Aspectos Gerais .....	21
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>25</b>
3.1	Definições de hidrologia e hidrometria .....	25
3.2	Ciclo hidrológico .....	27
3.3	Hidrologia e hidrometria na bacia Amazônica .....	28
3.4	Conceitos de Bacias hidrográficas ou de drenagem .....	29
3.5	Bacia Amazônica e os eventos extremos nos últimos dez anos (2000/2010).....	30
3.6	Questões educacionais na faixa Ribeirinha da Amazônia e do Município de Manaus.....	31
3.7	Breve histórico da SEMED e suas atribuições .....	33
3.8	Sistema educacional nas comunidades ribeirinhas de Manaus.....	35
3.9	Infraestrutura do transporte escolar na área ribeirinha de Manaus.....	37
<b>4</b>	<b>ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA BACIA DO TARUMÃ-MIRIM</b> .	<b>39</b>
4.1	Acesso a área de estudo .....	43
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>45</b>
5.1	Dados operacionais .....	45
5.2	Levantamento socioeducacional .....	47
5.3	Levantamento de dados na Estação Tarumã-Mirim .....	48
5.4	Mapeamento das rotas escolares .....	51
5.5	Análises dos dados fluviométricos da Estação Manaus e Tarumã-Mirim .....	51
5.6	Delimitação automática da bacia do Tarumã-Mirim .....	52
5.7	Classificações de imagens dos períodos de águas altas e baixas.....	55
5.8	Análise estatística de correlação e regressão.....	57
<b>6</b>	<b>APRESENTAÇÕES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS</b> .....	<b>59</b>
6.1	Localizações das escolas na bacia.....	59
6.1.1	Análises das rotas escolares das rotas do transporte escolar no Igarapé do Tarumã-Mirim.....	66
6.1.2	As rotas do transporte escolar e sua variabilidade no ciclo hidrológico.....	68
6.2	Análises de dados da Estação Hidrométrica do Traumã-Mirim (ETM) para o ano de 2011 e suas relações com o regime hidrológico do	

Rio Negro.....	83
6.2.1 O regime pluviométrico e sua variabilidade na região da alta bacia do Tarumã-Mirim (ETM).....;	86
6.2.2 Análise das cotas na ETM e sua variabilidade no período de estudo.....	89
6.2.3 Análise das relações entre as cotas na ETM e a série de dados de Estação hidrométrica de Manaus.....	91
6.2.4 Comparações dos níveis de cotas mínima, média e máximas das estações do porto de Manaus, Tarumã-Mirim 30 anos e ETM 2011.....	95
6.3 Proposta de um calendário escolar alternativo para as escolas ribeirinhas da Bacia do Igarapé do Tarumã-Mirim.....	99
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>102</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>104</b>

# 1 INTRODUÇÃO

As escolas localizadas na bacia hidrográfica do Tarumã-Mirim apresentam problemas de acessibilidade em determinado período do ano, em decorrência da sazonalidade dos rios, marcado pelas oscilações anuais de enchente e vazante, o que delimita e restringem o traçado das rotas escolares.

Os estudos hidrológicos servem para elucidar o funcionamento da dinâmica hídrica e suas interferências e melhoria na aplicabilidade das atividades que ocorrem no interior da bacia hidrográfica.

## 1.1 Apresentação

As barreiras naturais, desde os tempos remotos têm sido fator limitante na Terra. Os cursos d'água restringem o acesso aos muitos lugares da superfície terrestre. Foi assim desde o surgimento do homem no planeta até os dias atuais. Desde então, este vem tentando superar tais barreiras. A primeira manifestação surgiu com as grandes navegações no século XVI e, posteriormente, com desenvolvimento de tecnologias a serviço da humanidade.

Na Amazônia, os recursos hídricos podem ser relacionados com limites naturais, meio de transporte, com várias finalidades, ou até mesmo, à sobrevivência dos povos tradicionais, que habitam as margens dos rios e deles retiram o alimento para sua subsistência.

Dessa forma, em muitos lugares da Amazônia, os rios têm função determinante na vida das pessoas que deles dependem. Algumas comunidades percebem os rios como detentores de mistérios e lendas, como por exemplo, a morada da cobra grande, do boto encantado, inspirando o imaginário. Esse legado cultural cria um elo de respeito do caboclo amazônico pela floresta e vias naturais líquidas (SILVA, 2005).

Entretanto, os conhecimentos científicos em relação aos rios, juntamente com os entendimentos empíricos dos povos tradicionais colaboram na identificação de indicadores hidrológicos para usufruto das realidades locais, em especial, a locomoção e utilização dos recursos naturais como canais de comunicação e fonte de alimento. Porém, muitos fenômenos naturais ou cataclismas que ocorrem nos rios que às

populações tradicionais não conseguem mensurar, ainda são atribuídos às crenças e lendas amazônicas.

Contudo, a dinâmica da natureza e os processos hidrológicos revelam a água como um dos principais agentes transformadores das feições paisagísticas. Assim sendo, são necessários estudos para elucidar os fenômenos naturais e adequá-los aos elementos pedagógicos, com vistas ao ordenamento e desenvolvimento das atividades socioeducacionais e o respeito às especificidades locais.

Todavia, o fator limitante pertinente às riquezas hídricas é a sazonalidade, marcados por enchentes e vazantes dos rios, que restringem o acesso das populações tradicionais ao sistema público de educação. Dessa maneira, é salutar o conhecimento do comportamento da dinâmica da bacia hidrográfica do Tarumã-Mirim para melhor adequar o acesso às escolas ribeirinhas ali situadas.

## **2 OBJETIVOS**

O presente estudo analisa os melhores períodos do ciclo hidrológico anual, para oferecer subsídios na elaboração de um calendário escolar diferenciado para a Bacia do Tarumã-Mirim.

### **2.1 Geral**

O objetivo principal deste trabalho foi caracterizar o regime hidrométrico da Bacia do Tarumã-Mirim e produzir subsídios científicos, para adequar o calendário das escolas rurais ribeirinhas, localizadas na referida bacia e assim, oferecer melhores condições de acesso pelos discentes e docentes.

### **2.2 Específicos**

- Localizar e identificar às escolas municipais situadas na Bacia do Tarumã-mirim
- Descrever as rotas do transporte escolar em dois períodos: águas baixas e águas altas.
- Correlacionar os dados hidrológicos de uma estação chave na bacia do Tarumã-Mirim com os dados da estação do Porto de Manaus.

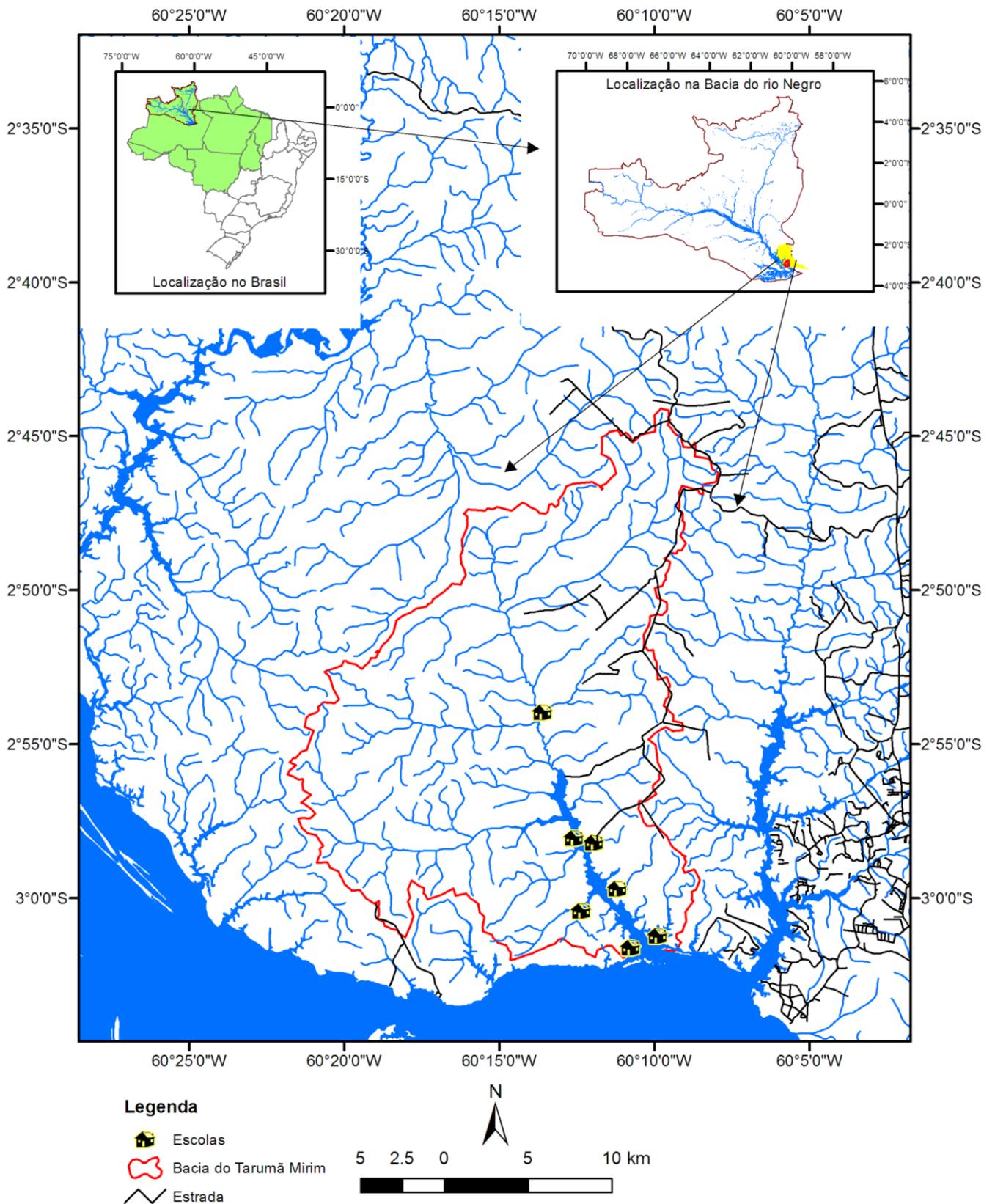
### 2.3 Área de Estudo

“A área designada para este estudo corresponde à bacia hidrográfica do Tarumã-Mirim que compreende as latitudes 02°25'00” e 02°05'00” S e longitudes 59°50'00 e 60°20'00” W, situada no Município de Manaus, capital do Estado do Amazonas, que segundo IBGE (2010), possui população absoluta de 1.718.584 habitantes, sendo avaliada uma cidade com número crescente de habitantes, da região Norte do Brasil. É uma das capitais que apresentam crescimento demográfico desafiadores para os planejadores nos últimos anos.

Dessa forma, a área do entorno da bacia do Tarumã-Mirim, localiza-se o Mosaico do baixo Rio Negro, bem como o Parque Nacional do Jaú e o recém-instituído Parque Nacional de Anavilhanas, importantes atrativos naturais da região abordada.

O acesso à referida área de estudo se dá por via fluvial (lanchas rápidas). O ponto de partida é a Marina do David, localizada ao final da estrada da Ponta Negra. Porém, em três das sete comunidades situadas na Bacia do Tarumã-Mirim, quais sejam: Nossa Senhora de Fátima, Ebenezer e São Sebastião, implantadas à margem esquerda da referida bacia é possível se chegar por meio da rodovia federal, BR-174, Km 21- Ramal do” Pau Rosa”.

O mapa de localização da área de estudo (**Figura 01**) apresenta as delimitações da referida bacia em relação ao Município de Manaus, Estado do Amazonas e Brasil, assim como, bacia Amazônica, Rio Negro e Tarumã-Mirim.



**Figura 01:** Mapa de localização da bacia do Tarumã-Mirim em relação ao Brasil, à Bacia Amazônica, à Bacia do Rio Negro e o Município de Manaus, assim como, às sete escolas localizadas no seu interior. Fonte: modificado de SGE, 2010.

## 2.4 Contextualizações do problema e motivações

A Bacia do Tarumã-Mirim, objeto do presente estudo, situa-se no interior da Bacia do Rio Negro, próximo a cidade de Manaus-AM. É uma importante rede hidrográfica e tem seus aportes no baixo curso do Rio Negro próximo ao Encontro das Águas.

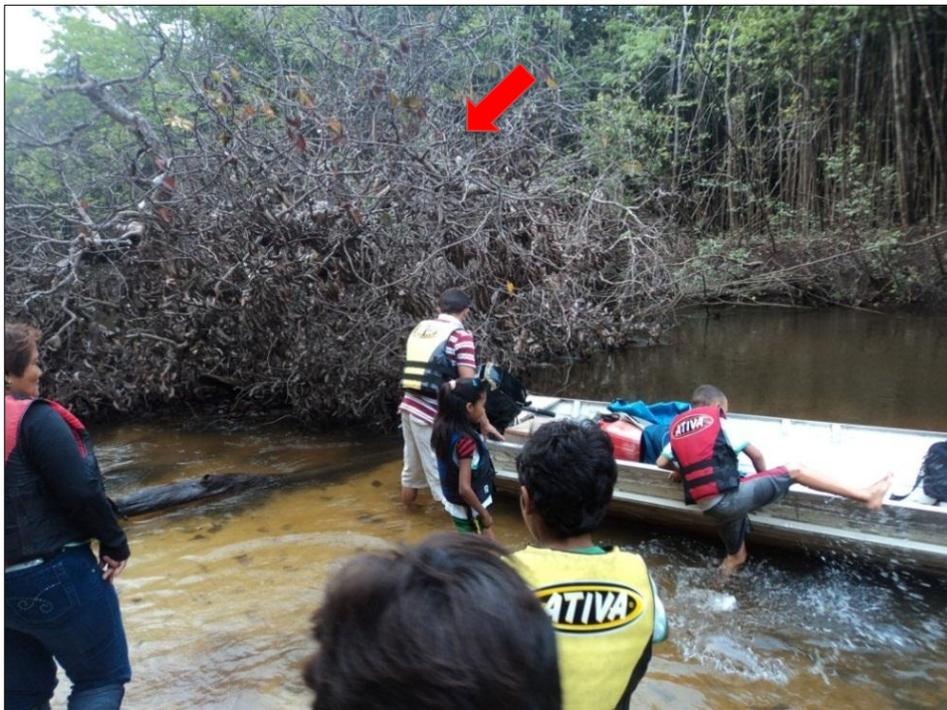
A referida bacia é conhecida pela população local, como “Igarapé do Tarumãzinho”, por conta da terminologia do Tupi-guarani, “mirim”, que significa pequeno, antônimo de “açú”, grande, a citada bacia faz parte do mosaico de Unidades de Conservação, com destaque para a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Tupé, Parque Estadual do Rio Negro setor, (PAREST) e Área de Proteção Ambiental do Rio Negro Setor Tarumã-Açu e Tarumã-Mirim. No interior da bacia estão inseridas sete comunidades ribeirinhas e desde 1992, foi implantado o Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim, pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (PINTO, 2005). Cada comunidade dispõe de uma Escola Municipal, que utiliza transporte fluvial em embarcações do tipo “voadeira”, (embarcação de rápida locomoção) para conduzir discentes e docentes diariamente para às Unidades Educacionais.

No entanto, esse tipo de transporte não oferece segurança desejável para os usuários, principalmente no período de águas baixas quando muitas vezes comprometem o funcionamento do ano letivo nas escolas que dependem desta condução, bem como, das condições naturais no acesso a essas localidades.

Tanto a adequação das lanchas quanto a sazonalidade podem interferir na quantidade de dias recomendados pelo Ministério da Educação, indo ao encontro o que proclama a Lei 9394/96 Leis de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), no que se refere à igualdade de condições para acesso e permanência na Escola. Portanto, o ano letivo rural deve seguir o que determina a LDB no cumprimento de 800 horas/ano, distribuídas em pelo menos duzentos dias letivos.

Em período de nível elevado do Rio, muitas escolas ficam inundadas ou são invadidas por animais peçonhentos trazidos pelas águas com perigo para os estudantes. Entretanto, no período de águas baixas as escolas ficam isoladas, os caminhos são, muitas vezes, percorridos em longas caminhadas, e o percurso das lanchas “voadeiras” muitas vezes são interrompidos por obstáculos encontrados no leito dos igarapés e mais uma vez os alunos são expostos aos riscos de acidentes.

Nesta região os rios assumem papel preponderante de vias de acesso a várias localidades; esses caminhos se diferenciam por apresentarem variações em seus níveis. Essas variações ocasionam problemas de acesso às unidades escolares, principalmente, no período em que os rios registram cotas mais baixas, os estudantes em algumas situações têm que se deslocar em longas caminhadas nos terrenos inundados e acidentados e, muitas vezes, são obrigados a descer das embarcações e empurrá-las em direção aos cursos d’água, por conta de obstáculos, como pode ser visualizado na (**Figura 02**).



**Figura 02:** Igarapé bloqueado por árvore (seta vermelha) estudantes e professora tendo que descer para empurrar o barco, período de águas baixas (07/09/2010).

O transporte escolar na Bacia do Tarumã-Mirim é fortemente influenciado pelo regime hidrológico, pois, além dos canais impossibilitarem a navegação durante o período de águas baixas, os riscos de acidentes são eminentes.

Portanto, as condições naturais da área pesquisada e as dificuldades de acesso às comunidades e, conseqüentemente, às escolas, bem como o cotidiano das pessoas estão ligados ao regime hidrológico da bacia em evidência. Nessa direção, a concepção de um planejamento pedagógico anual, necessita do conhecimento do comportamento hidrológico local. Neste contexto, a presente pesquisa sugere uma investigação na temática proposta.

## **2.5 Aspectos gerais**

O Amazonas é uma das unidades federativas do Brasil que desperta amplo interesse no meio científico devido a diversidade de seu bioma ser pouco explorado. Este espaço geográfico possui 3,2 milhões de habitantes (IBGE, 2010) distribuídos nos sessenta e dois Municípios e cerca de duzentas Terras Indígenas. Entretanto, todo este imensurável patrimônio natural e cultural, muito cogitado mundialmente, permanece praticamente desconhecido pelos próprios brasileiros.

Apesar do potencial hídrico da Região Amazônica, os estudos voltados para as questões hidrológicas ainda são restritos, ou pouco potencializados como ferramenta para o planejamento pedagógico, o que remete repensar estrategicamente os fenômenos para efetivar os resultados nos procedimentos educacionais.

É importante frisar que a hidrologia teve avanços significativos nos últimos anos (TUCCI, 2002), porém, ainda não obteve lugar de destaque no cenário de desenvolvimento científico nacional e internacional, compatível com suas potencialidades e vocações.

No sentido hidrológico, a Amazônia destaca-se das demais regiões do planeta pela sua grandiosidade, além de possuir a maior biodiversidade do globo. Neste domínio morfoclimático encontra-se uma grande disponibilidade hídrica, que se dá por densa rede de drenagem (MMA, 2006).

A rede de drenagem Amazônica compõe a maior bacia hidrográfica do planeta com  $6.1 \cdot 10^6 \text{ km}^2$  (FILIZOLA *et al.*, 2002); tem sua nascente na Cordilheira oriental dos Andes peruano. Além do nome de Amazonas, o Rio recebe diferentes denominações

antes de atingir o território brasileiro. Ao adentrar em território nacional recebe o nome de Solimões, o trecho próximo à Manaus, o Rio Amazonas encontra-se com o Rio Negro, mais à jusante recebe os aportes do Rio Madeira. Esses dois rios são de grande importância, tanto em volume d'água (Rio Negro), quanto no processo de sedimentação (Rio Madeira) para o grande Rio Principal.

Alguns estudos abordam a dinâmica sazonal de ecossistemas aquáticos da região amazônica, com destaque para os trabalhos de Junk (1983); Meade, *et al* (1991), Molinier *et al* (1995), Botelho, (1999), Latrubesse e Franzinelle (2002 e 2005); Filizola (2002, 2009, 2010). Esses e alguns outros autores mencionam mudanças em ilhas, meandros de rios, biomassa, espaços vegetados e diversos outros aspectos da paisagem que compõem uma bacia.

Entretanto, para perceber tais transformações dentro das dimensões Amazônicas, não basta entender apenas o local, muitas vezes é necessário ir mais além, tanto no espaço quanto no tempo, para buscar esclarecimentos para determinados fenômenos.

Romero *et al* (2003) afirmam que os recursos hídricos são os componentes essenciais da hidrosfera terrestre e parte indispensável do ecossistema global; seus ambientes são marcados pelo ciclo hidrológico. Esse ciclo controla o pulso de inundação dos rios no decorrer do ano (JUNK, 1993).

A Bacia Amazônica apresenta variabilidade das alturas em suas águas (cotas). Filizola *et al*. (2002) afirmam que a variação de amplitude é de 2 a 18 m ao curso do ciclo hidrológico na citada bacia. Os menores valores (2 a 4 m) estão nas cabeceiras dos rios que drenam os escudos que margeiam a referida bacia e as maiores amplitudes (15 a 18m) são registradas nos cursos dos rios Juruá, Purus e Madeira, respectivamente. Assim, a sazonalidade anual no regime hídrico dos cursos d'água, restringe o modo de vida das comunidades tradicionais da Amazônia.

Consequentemente, os eventos extremos, as cheias (águas altas) e as vazantes (águas baixas) na Amazônia vêm tornando-se mais acentuadas, durante os últimos anos (2000-2012). Esse fenômeno tem interferido de forma mais intensa na vida das pessoas que dependem do rio para diversas atividades. Os eventos podem estar relacionados à dinâmica hidrológica da Terra e às constantes intervenções antrópicas no ciclo natural.

Nesse sentido, tais transformações são denominadas de variabilidade climática (TUCCI e BRAGA, 2003). Essa terminologia foi utilizada para definir o processo de

variação do clima condicionado por fatores naturais, enquanto que a mudança do clima estaria relacionado à existência de atividades humanas e suas interações no globo terrestre e esses eventos relacionados com tais atividades, os quais ficaram conhecidos como “mudanças climáticas”

Assim, é irrefutável que o mundo tenha passado por transformações no decorrer dos tempos. Porém, o termo mudanças climáticas, ainda parece complexo, pois o uso dessa terminologia é questionado por pesquisadores, haja vista que não existem dados suficientes para se afirmar tais mudanças, sendo que as séries históricas registradas na região ainda são recentes do ponto de vista hidrológico, o que se contrapõe à afirmativa.

O Brasil detém consideráveis reservas de água doce do planeta, (20%) distribuídas tanto em bacias hidrográficas, como por exemplo, a Bacia Amazônica, quanto em aquíferos, como o Guarany, que é cogitado no meio científico, como um dos maiores sistemas aquíferos do mundo.

No entanto, as dificuldades em gerir tais recursos ainda são desafiadoras, em função das dimensões espaciais e a precariedade de saneamento básico na maioria das cidades brasileiras, o que tem sido motivo de preocupação nacional. No sentido de auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos brasileiros, criou-se a Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos 9.433, de janeiro de 1997, que instituiu o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Assim, em consequência das discussões recitadas no país sobre a temática e com intuito de subsidiar para o PNRH da Região Hidrográfica Amazônica, o Ministério do Meio Ambiente – (MMA) realizou em 2006 um estudo com base em pesquisas e análises documentais. O referido estudo resultou na elaboração de um Caderno da Região Hidrográfica Amazônica, tal documento sugere uma divisão da Bacia Amazônica em dez Regiões Hidrográficas. A Bacia Hidrográfica do Rio Negro está inserida nessa região e faz parte do mosaico de sub-regiões, composta pelo rio do mesmo nome e o rio Branco.

A Bacia do Rio Negro é responsável por 11% da área e 14% da descarga líquida do rio Amazonas, que perfaz um volume na ordem de,  $209.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  totais; o maior contribuinte desta vazão é a bacia do Rio Madeira, que além de contribuir com maior quantidade de descarga líquida, também transporta maior volume de Material Em Suspensão (MES) (MOLINIER *et al*, 1995, FILIZOLA, 1999).

Assim, a descarga líquida gerada por esses dois rios apresenta considerável importância para o volume de água do Rio Amazonas, perceptíveis à jusante, na estação hidrológica de Óbidos no Estado do Pará. Esse trecho apresenta uma única e suave máxima de cheia entre os meses de abril e junho, resultado dos aportes dos rios Negro, Solimões e Madeira (FILIZOLA, *et al.*, 2002).

Nesse contexto, sobretudo no Sistema Hidrológico Amazônico, o Rio maior exerce pressão sobre o menor. Filizola *et al.* (2002) afirmam que as cotas registradas no Rio Negro pela estação de Manaus são fortemente influenciadas pelos níveis do Rio Amazonas, não correspondendo à vazão do Rio Negro. Este fenômeno ocorre quando um Rio de maior volume hídrico, represa a água de seu afluente de menor volume ocasionando o fenômeno conhecido, também, como efeito de barramento hidráulico, largamente observado em todos os afluentes do Rio Amazonas (MEADE *et al.*, 1991 )

O regime hidrológico do Rio Negro é considerado do tipo equatorial, conforme Molinier (1995) *apud* Filizola *et al.*, (2009). Esse regime é caracterizado por apresentar dois picos de descarga.

Do mesmo modo, o referido Rio apresenta dois picos de cheia. O primeiro, entre os meses de janeiro a março e o segundo, entre maio e julho. Tal fenômeno ocorre quando os rios Amazonas e Negro encontram-se com suas cotas máximas, no trecho de confluência, na cidade de Manaus (Encontro das Águas).

No entanto, o regime local é controlado pela água do Rio Amazonas, cuja descarga é maior e causa um efeito de “*back water*” barramento hidráulico na água do Rio Negro. Estes fenômenos são descritos por Meade (*op.cit*) utilizando dados sobre o nível da água na região e também Laraque *et al* (2009).

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Definições de hidrologia e hidrometria

A Hidrologia deriva da palavra grega *hydros* (água) e *logos* (ciência), designada, portanto, a ciência cujo objetivo é o estudo da água sobre a Terra, sua ocorrência, distribuição, circulação, propriedades e efeitos sobre o Ambiente (SANTOS *et al*, 2001).

De acordo com a definição proposta pelo Conselho Federal de Ciências e Tecnologia, hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua relação com o meio ambiente, incluindo as formas vivas com toda a água da Terra, distribuição e circulação, suas propriedades físicas e químicas, seu efeito sobre o meio ambiente e sobre todas as formas de vida (CHOW, 1959).

Nesse sentido, o processo histórico desta ciência, segundo Tucci (2002) se consolidou na segunda metade do século XX, por meio do desenvolvimento de programas de observação e quantificação sistemáticas dos processos que ocorrem no ciclo hidrológico.

É importante salientar, que a água é um dos principais agentes externos da Terra, responsável por modelar e transformar a paisagem agindo sobre os minerais, transportando suas partículas dissolvidas ou suspensas para as partes mais baixas do relevo formando assim os rios e lagos, que por sua vez são responsáveis por comportar a água doce da superfície do planeta (RICCOMINI *et al.*, 2009).

Não obstante, Filizola, (2003) afirma que a hidrologia está conectada às outras ciências, tais como a geologia, climatologia, geomorfologia, geoquímica, ecologia e outras. No entanto, cada uma dessas ciências, têm sua importância no entendimento do sistema hidrológico; destacam-se ainda a botânica que estuda a água nos vegetais e a medicina que estuda a água no corpo humano.

Para tanto, utiliza-se os diversos saberes oferecidos por áreas distintas, para sistematizar as informações hidrológicas e suas variáveis na Amazônia. Essa tarefa continua sendo um desafio, por conta das características fisiográficas que dificultam o monitoramento dos dados.

Complementando aquela análise, Santos *et al.*,(2001) afirmam que ainda que numerosas disciplinas dessas ciências mais amplas tenham se constituído em ciência própria, tais como Meteorologia (estudo da água na atmosfera), Limnologia (estudo dos lagos e reservatórios), Oceanografia (estudo dos oceanos), Ecologia (estudo do meio ambiente), Potamologia (estudo dos rios) e a Hidrogeologia (estudo das águas subterrâneas), não obstante, ainda há grandes desafios a serem vencidos.

Sobretudo, com tais subdivisões dos estudos em hidrologia, esta se tornou a ciência responsável por estudar as precipitações, escoamento das águas, ou seja, a parte superficial do ciclo hidrológico. Para possibilitar esse estudo utilizam-se as bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão desses recursos.

A hidrometria é a parte desta ciência ligada à medida das variáveis hidrológicas e tem como objetivo obter dados básicos de precipitação, níveis de água, vazões, entre outros e medir sua variação no tempo e no espaço (SANTOS 2001).

Contudo, são utilizados diversos modelos estatísticos para obter resultados que possibilitem apresentar, de forma satisfatória o conteúdo pesquisado em hidrologia. As quantificações dos dados hidrológicos necessitam de alguns procedimentos técnicos, que permitam confiabilidade nos dados a serem trabalhados. Devem-se evitar situações que induzam ao erro na coleta dessas informações.

O sistema de coleta de dados hidrométricos consiste na instalação de equipamentos de acordo com o objetivo do trabalho. No caso de medição de cota, o método mais eficiente ainda é a instalação de linígrafo ou uma seção de régua linimétrica com intuito de medir durante o ano hidrológico a variação do nível do rio (SANTOS, 2001). Muito embora, existam estações automatizadas que podem fazer esse tipo de medição, ainda assim as régua são bastante utilizadas.

No trabalho de medição de vazão de rios conta-se com modernos equipamentos capazes de obter dados com altíssimo grau de confiabilidade, um exemplo é o sistema de *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) (SIMPSON e OLTMANN, 1993 *apud* FILIZOLA, *et .*, 2005) que registram as correntes por meio de sinais sonoros. Esse sistema utiliza efeito doppler para medição de vazão.

Assim, os dados fluviométricos já podem ser obtidos por equipamentos eletrônicos, como as estações automáticas que recebem ajustes para obtenção de dados de chuva, temperatura e umidade.

Dessa forma, as técnicas para quantificação de dados hidrológicos ganharam reforços tecnológicos no decorrer dos últimos anos. Entretanto, na Amazônia nem

sempre é possível aplicar essas tecnologias, devido às suas dimensões territoriais, que dificultam a acessibilidade e infraestrutura de muitos lugares na região, fazendo com que pesquisadores recorram aos métodos que dispensem a utilização de energia elétrica (SANTOS 2001).

### **3.2 Ciclo Hidrológico**

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

- A água se move através de cada uma destas regiões no ciclo da água constituindo os seguintes processos de transferência: Evaporação dos oceanos e outros corpos d'água no ar e transpiração das plantas terrestres e animais para o ar.
- Precipitação, pela condensação do vapor de água do ar que cai para a terra ou mar.
- Interceptação escoamento e infiltração, geralmente atingem os continentes e oceanos.

A maior parte do vapor de água sobre os oceanos retorna aos mesmos, porém, os ventos transportam o vapor d'água para os continentes com a mesma taxa de escoamento que para o mar. Em aspectos globais o ciclo hidrológico pode ser visto como um sistema fechado, uma vez que a quantidade total da água existente no nosso planeta é constante. O que muda é o tempo de residência dessa água, que pode ser na atmosfera, (nuvens), na superfície terrestre, em estado líquido (rios, lagos e oceanos) em estado sólido, (calotas polares e topo das montanhas), em forma de gelo ou no subsolo em forma de aquíferos e lençóis subterrâneos.

Todavia, essa água necessita de um determinado período para se reciclar e reabastecer as espécies animais e vegetais que necessitam desse líquido para sua existência. O escoamento da água se dá, em geral, para uma bacia hidrográfica e desta pelos rios para o oceano, completando, assim, o ciclo, que além de reabastecer os rios e oceanos tem a função de reciclar esse recurso de importância vital para às espécies existentes no planeta.

### 3.3 Hidrologia e Hidrometria da Bacia Amazônica

A Bacia Amazônica é detentora da maior reserva de água doce em estado líquido do planeta e suas proporções revelam tal potencial hídrico, cobre uma superfície aproximada de  $6.1 \cdot 10^6 \text{ km}^2$  e se estende por oito países sul-americanos (FILIZOLA, 2002).

Sua superfície se estende desde  $79^\circ$  de longitude Oeste (Rio Chamaya, Peru) até  $48^\circ$  de longitude Oeste (Rio Pará, Brasil), e de  $5^\circ$  de latitude Norte (Rio Cotingo, Brasil) a  $20^\circ$  de latitude Sul (Rio Parapeti, Bolívia) FILIZOLA *et al.*, (2002) afirmam que esta bacia continental está distribuída nas seguintes proporções: Brasil (63%), Peru (17%), Bolívia (11%), Colômbia (5.8%), Equador (2.2%), Venezuela (0.7%) e Guiana (0.2%).

Dessa forma, segundo FILIZOLA, *op cit*, (2002) a Bacia Amazônica é ainda bordejada a oeste pela Cordilheira dos Andes, com picos nesta região, que chegam próximo dos 7000 m: Nevado Huascarán (6768 m, Peru), Illampu (6.550 m, Bolívia).

Assim, a maior parte da bacia situa-se em território brasileiro, o que torna o Brasil um país potencialmente rico nesse recurso, essa situação faz com que as responsabilidades em gerir tais recursos sejam também maiores.

A parte andina da bacia representa somente 12% da superfície total da mesma. Ao Norte e ao Sul têm-se os escudos antigos do Pré-cambriano (Guiana e do Brasil Central) representando, respectivamente, 40% da bacia FILIZOLA *et al.*, (2002).

A Amazônia apresenta uma peculiaridade que somente quem vive nessa região e dependem diariamente dos benefícios oferecidos pelos rios encontram nos mesmos o seu modo de vida sintetizado por Tocantins, ao afirmar que:

O rio, sempre o rio, unido ao homem, em associação quase mística, o que pode comportar a transposição da máxima de Heródoto para os condados amazônicos, aonde a vida chega a ser, até certo ponto, uma dádiva do rio, e a água uma espécie de fiador dos destinos humanos. Veias do sangue da planície, caminho natural dos descobridores, farnel do pobre e do rico, determinante das temperaturas e dos fenômenos atmosféricos, amados, odiados, louvados, amaldiçoados, os rios são a fonte perene do progresso, pois sem ele o vale se estiolaria no vazio inexpressivo dos desertos. Esses oásis fabulosos tornaram possível a conquista da terra e asseguraram a presença humana, embelezaram a paisagem, fazem girar a civilização - comandam a vida no anfiteatro amazônico. (TOCANTINS, 1973)

Quando aquele autor afirma que os rios são determinantes na temperatura e que na Amazônia este comanda a vida, isso reforça o que foi mencionado,

anteriormente, em relação ao uso das vias fluviais. Tal uso, ligado aos regimes hidrológicos funciona como fator limitante a navegação em determinado período do ano.

Assim, os cursos d'água de volumes reduzidos da Região Amazônia são denominados de "igarapés", termo regional utilizado para denominar pequenos cursos d'água na Amazônia. Dessa forma, "Igarapé", segundo Guerra (2003) significa "caminho de canoa," (de *igara* – canoa e *pé* – caminho, trilha), corresponde aos arroios da Região Sul do Brasil.

Naturalmente, no período de águas baixas, os volumes de líquido no interior das bacias hidrográficas se reduzem, consideravelmente, e os canais que durante as águas altas detinham bastante volume hídrico, se resumem a pequenos igarapés. No entanto, tais cursos d'água são constantemente obstruídos por troncos de árvores e acumulação de material conduzido pelo fluxo do Rio.

Um dos recursos utilizados para facilitar o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a região é o uso das bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão em especial no Programa Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2006).

Portanto, delimita-se a área de drenagem das bacias, de modo que permitam a sua quantificação de dados primários obtidos em campo e secundária por meio de referenciais e documentos de monitoramento das variáveis hidrológicas.

### **3.4 Conceitos de Bacias hidrográficas ou de drenagem**

A Bacia hidrográfica ou de drenagem é importante unidade espacial utilizada como elemento de análise ambiental, usada com bastante frequência nas últimas décadas (PNRH, 2006). A seguir apresentam-se alguns conceitos atribuídos para definir bacias hidrográficas ou de drenagem.

Entende-se por bacia hidrográfica ou de drenagem, "a área da superfície terrestre drenada por um Rio principal e seus tributários, limitada pelos divisores de águas" (BOTELHO 1999, p. 269). Esse conceito não apresenta relações dos agentes físicos que ocorrem no interior de uma bacia.

Nessa direção, Christofolletti, (1980) afirma que a análise de uma bacia pode levar a compreensão e elucidação de inúmeras questões geomorfológicas, pois, os

cursos de água constituem processos morfogenéticos dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre.

Entretanto, todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem direta ou indiretamente nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes, e por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios (CHRISTOFOLETTI, 1980)

Por isso, para estudar uma bacia de drenagem é necessário ter entendimento da dinâmica natural, antropológica do uso do solo em torno da área drenada e velocidade de seu fluxo.

Assim, há um conjunto de fatores que influenciam dentro de uma bacia hidrográfica, tais como: declividade do terreno, composição do solo, rugosidades do seu leito, clima, cobertura vegetal e atividades antrópicas. Todos esses fatores podem interferir nos fenômenos de cheia e assoreamento dos leitos por processos erosivos ou impermeabilidade do solo, proveniente da remoção da cobertura vegetal.

### **3.5 Bacia Amazônica e os eventos extremos no período de 2000 – 2010**

Nos últimos anos têm ocorrido com maiores intensidades variações de cotas nos rios Amazônicos, supostamente relacionadas com os eventos climáticos extremos. Tais eventos foram intensos, principalmente no período entre 2005 a 2010, causando transtorno às pessoas que têm os rios como meio de sobrevivência.

É importante lembrar que, no ano de 2009 foi registrada uma das maiores cheias dos últimos cem anos em Manaus. De acordo com o monitoramento da estação do porto da Cidade, a cheia registrada superou a de 1953.

Em seguida, no ano de 2010, o Rio Negro teve uma das maiores estiagens, o que dificultou a navegação e isolou comunidades próximas à cidade de Manaus (CPRM, 2010), tal evento comprometeu a conclusão do ano letivo nas comunidades tradicionais da Bacia do Tarumã-Mirim.

O evento de 2010, especificamente, impossibilitou a realização do transporte dos alunos, de alimentos e combustível para o abastecimento das escolas localizadas dentro da bacia do Tarumã-Mirim, o que obrigou a Secretaria Municipal de Educação - SEMED, antecipar o termino das aulas no mês de outubro ao invés de novembro, comprometendo o calendário escolar anual nas referidas unidades de ensino.

O relatório da CPRM (2010) indica que esses eventos associados aos efeitos do ENOS (El Niño e La Niña), que ocasionam o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, além de alterar o sistema oceano-atmosfera, causam assim, consequências de anomalias no tempo em todo o planeta.

Segundo Marengo (2008) ocorre variabilidade interanual das chuvas e esta por sua vez interfere na vazão da Bacia Amazônica, com valores de escoamento baixo durante o evento de El Niño e alto durante o La Niña.

Em relação à variedade de amplitude dos níveis d'água, o rio Negro apresenta divergências em diferentes trechos, por exemplo, as estações de Curicuriari, próximo a São Gabriel da Cachoeira e de Barcelos exibem hidrogrâmas bi-modais, com um primeiro pico de cheia em janeiro e um segundo, mais importante, no período junho – setembro (FILIZOLA *et al*, 2002).

No entanto, trecho à jusante onde está localizada a bacia do Tarumã-Mirim próximo a cidade de Manaus, o rio Negro apresenta um hidrogrâma de cotas, sem relação direta com os de Curicuriari ou de Barcelos, que, no entanto, é bastante similar ao de Manacapuru, no rio Solimões, uma vez que está ligado ao efeito de barramento já mencionado.

### **3.6 Questões educacionais na faixa Ribeirinha da Amazônia e do Município de Manaus.**

Assim, como foi mencionado, os rios são as vias de acesso aos diferentes recursos na Amazônia. Não só aos recursos naturais, mas também a um conjunto de serviços proporcionados pelas políticas públicas do Estado, o que inclui a educação.

Dessa forma, os rios na Amazônia são também úteis como meios para o transporte dos alunos até as escolas, em especial, nas áreas ribeirinhas. No entanto, a variação do pulso de inundação (JUNK *et al.*, 1989), em muitos rios e localidades da região compromete o acesso dos discentes às escolas ribeirinhas. Tanto nas águas baixas, quanto nas águas altas.

A variabilidade no nível das águas dos rios anualmente impede o acesso dos alunos às escolas fora do período das férias escolares, o que gera um alto índice de

absenteísmo, além de uma redução significativa do tempo em sala de aula e de dias letivos no ano.

A (**Figura 3 - A e B**) mostram as duas realidade em diferentes períodos do ano na frente da Comunidade Agrovila Amazonino Mendes.



**Figura 03:** A) Comunidade Agrovila Amazonino Mendes, A) mês de janeiro de 2012, período de águas baixas e B) mês de julho de 2011, período de águas altas, setas vermelhas apontam as duas casas nos dois momentos.

Reforçando o que já foi mencionado anteriormente, a Amazônia é uma região com consideráveis especificidades, e para melhor entendê-las, é necessário conhecer e respeitar as forças da natureza e suas constantes mudanças. Nesse sentido, estudos são realizados com o intuito de compreender possíveis mudanças no comportamento hidrológico nos últimos anos (2000-2010), além do mais, nesse período foram registradas a maior estiagem e maior cheia já observada na Amazônia nos últimos cem anos.

Diante deste contexto de variabilidade hidrológica, levar a educação em lugares distantes na Amazônia tem sido um desafio que vem aos poucos sendo superado por ideias inovadoras e tecnológicas, ainda assim, tem-se que contar com a boa vontade política de resolver a questão educacional do Brasil e mais especificamente na Amazônia.

Se nos grandes centros urbanos existem questões como: violência e falta de empenho por parte dos alunos, e alto índice de evasão escolar, nas comunidades ribeirinhas enfrentam-se questões naturais relacionadas ao ciclo hidrológico, que devem ser considerados para melhor aproveitamento e planejamento das atividades rurais.

Dessa forma, questões consideradas como eventos extremos, causam transtorno no acesso às escolas ribeirinhas em dois períodos do ano; no período de cheia e de estiagem, pois no período em que o Rio Negro encontra-se na sua cota mínima entre os meses de outubro a janeiro o acesso às escolas situadas nesta localidade fica restrita e limitada.

No período em que os rios Amazonas e Negro apresentam suas cotas máximas, muitas escolas ribeirinhas, localizadas em comunidade de várzea são atingidas pelas águas, limitando o acesso às mesmas. Essa situação confirma o que foi dito anteriormente, que em alguns lugares na Amazônia a qualidade de vida das pessoas está ligada ao regime dos rios.

### **3.7 Breve históricos da SEMED e suas atribuições**

A Secretaria Municipal de Educação (SEMED) no município de Manaus é composta por sete Distritos Regionais Educacionais (DRE"s), e duas subsecretarias, que atuam no sentido de melhor gerenciar as escolas distribuídas nas zonas urbana e rural de Manaus.

Segundo o Art. 21 LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE (1996). A educação escolar compõe-se de:

I – “Educação básica, formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio; divididos em três categorias sendo as séries iniciais do 1º ao 5º, ensino fundamental do 6º ao 9º ano e os três últimos anos do Ensino médio”.

A SEMED teve sua origem em 1970, na gestão do então Governador do Estado do Amazonas, o Sr. Danilo Duarte de Matos Areosa, em seguida foi passada para o município de Manaus, por meio de Decreto.

Assim, todas as escolas consideradas isoladas, como as localizadas nas áreas do Ariaú, Catalão, Caldeirão, Cacau-Pirêra, Iranduba, Colônia Antônio Aleixo, além das escolas ao longo das estradas Manaus-Caracará (hoje BR-174) na altura do quilômetro 32 e AM-010 até o quilômetro 180, entre outras passaram a fazer parte dessa Secretaria (SEMED, 2010).

Em sua trajetória histórica, a SEMED recebeu várias denominações e exerceu diversos papéis dentro da administração pública. Foi Secretaria de Desenvolvimento

Comunitário (SEDECO), com a responsabilidade de cuidar da Educação e Ensino, Cultura, Letras e Artes, Assistência Social, Abastecimento, Saúde, Promoção Desportiva, Turismo, Administração de bairros, distritos e o Corpo de Bombeiros.

Foi também, Secretaria de Educação da Cultura e do Bem Estar Social (SEBEM) e que cuidou da Educação, Cultura, Letras e Artes, Assistência Social e Saúde, Ação Preventiva em geral e Vigilância Sanitária. Somente com a Lei Nº 284 de 12 de abril de 1995 foi efetivamente instituída a Secretaria Municipal de Educação com direitos e obrigações, acervo e dotação orçamentária. (SEMED, 2010).

O sistema educacional do Município de Manaus recebeu, nos últimos anos, muitas melhorias, porém, em alguns aspectos ainda enfrenta dificuldades, principalmente em áreas onde há limitações quanto ao acesso, seja pela distância, segurança ou pelo meio de transporte que são utilizados para chegar à essas escolas.

A estrutura Física da SEMED até o ano de 2010 pode ser resumida na (**Tabela 01**) estava assim distribuído.

ESTRUTURA FÍSICA DA SEMED	TOTAL GERAL	ZONA URBANA	ZONA RURAL
<b>ESTABELECIMENTOS DE ENSINO</b>	<b>438</b>	<b>358</b>	<b>80</b>
<b>CRECHE MUNICIPAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
<b>CENTROS MUL. DE EDUC.INF. - MM</b>	<b>94</b>	<b>93</b>	<b>1</b>
<b>ESCOLAS – PMM</b>	<b>311</b>	<b>236</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>4</b>
<b>COMPLEXO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO ESPECIAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
<b>DIVISÃO DE FORMAÇÃO DO MAGISTÉRIO</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
<b>DIVISÃO DISTRITAL</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>SALAS DE AULA</b>	<b>3.533</b>	<b>3.239</b>	<b>294</b>

**Tabela 01:** Aspectos estruturais da SEMED/Manaus.

FONTE: Divisão de Informação e Estatística SEMED MANAUS-AM 2010

Assim, a zona rural do município de Manaus até o ano de 2010 possuía oitenta estabelecimentos de ensino, entre Escolas e anexos, distribuídos entre os rios Negro e Amazonas. Não possuía nenhuma creche municipal e apenas um Centro Municipal de Educação Infantil (CEMEI). Entretanto, a zona rural do município, não possui nenhuma Escola voltada a Educação Especial, muito embora, haja educandários que atendam alunos portadores de Necessidades Especiais.

Nesse sentido, a (**Figura 04**) mostra a dificuldade no acesso de um aluno portador desse tipo de Necessidades, para adentrar nas dependências da Escola

Municipal Ebenezer, pois esta não possui estruturas físicas adaptadas para atender este público.



**Figura 04:** Estudante com necessidades especiais com dificuldades para adentrar à escola.

### 3.8 Sistema Educacional nas comunidades Ribeirinhas de Manaus

As escolas que compõem o DRE VII estão divididas em duas unidades de abrangências: as rodoviárias e ribeirinhas

- As escolas rodoviárias situam-se às margens da AM - 010 e BR – 174 e em alguns ramais nas proximidades das referidas estradas.

- As escolas ribeirinhas situam-se às margens dos rios Amazonas e Negro, ainda nas margens das bacias do Puraquequara, Tarumã-Açu e Tarumã-Mirim.

As escolas ribeirinhas estão distribuídas em toda área rural do Município de Manaus cujo acesso se dá por meio das vias fluviais, (SEMED, 2010).

O problema de acesso as escolas, não é o único obstáculo à educação rural. A falta de professores dispostos a fixar residência nas comunidades distantes de Manaus assim como, enfrentar o desconforto de estar longe de suas casa, tem sido motivo de adaptações no quadro funcional, por parte da SEMED.

Assim, em algumas comunidades longínquas às margens dos rios Amazonas e Negro há deficiência de mão de obra de profissionais qualificados. Atrelado a isso, a falta de infraestrutura das escolas que não disponibilizam alojamentos suficientes, para

oferecer condições necessárias à permanência destes profissionais que na maioria são de outras localidades, compromete assim a composição do quadro docente.

Dessa forma, muitas das escolas ribeirinhas funcionam com a modalidade de ensino multiseriado, nas quais apenas um professor atende alunos de várias séries e de níveis de aprendizado diferenciados, esta prática ocorre principalmente nas séries iniciais de 1º ao 5º ano do ensino fundamental.

No entanto, no sentido de mitigar a falta de profissionais do magistério na zona rural de Manaus, criou-se em 2004 o projeto itinerante; esta modalidade tem a finalidade de atender os alunos das séries finais de 6º ao 9º ano. Dessa maneira, as escolas são agrupadas em três unidades que assim formam os polos. Em cada polo atuam nove professores, que se revezam entre si nas três escolas do polo durante o ano. Cada escola recebe em média três educadores que permanecem por três meses aplicando suas disciplinas de forma concentrada e cumprindo a sua carga horária.

Contudo, alguns polos distantes funcionam com ausência de docentes, principalmente nas disciplinas de língua portuguesa e matemática, pois são as áreas que apresentam maiores lacunas de profissionais com tal formação.

Assim, muitas vezes ocorrem desvios de funções, quando os professores que possuem numa determinada formação têm que ministrar aulas de disciplinas fora de sua área de qualificação. Consequentemente, essa prática causa redução na qualidade de ensino. (PMM/SEMED, 2010)

Não obstante a realidade da rede municipal de ensino, o Governo do Estado do Amazonas, por meio da Secretaria de Estado de Educação e Qualidade de Ensino (SEDUC/AM) implantou, recentemente, uma modalidade de ensino a distância para atender os estudantes do ensino médio que residem em lugares aonde há dificuldades em adquirir profissionais para atender tal público. Esta modalidade é reconhecida como ensino presencial mediado por tecnologia.

No entanto, as aulas são ministradas via satélite dentro de um estúdio de onde é distribuído o sinal para os terminais receptores, que são instalados nas comunidades, geralmente em uma escola, pertencente ao sistema educacional das prefeituras. Estas salas são equipadas com antenas, computadores e televisão e funciona como sistema de vídeo-aula.

No município de Manaus firmou-se uma parceria entre as Secretarias Municipal e Estadual de Educação, em que a SEMED fornece o espaço físico de suas escolas e a SEDUC fornece os equipamentos e professores, encarregados de monitorar e operar

tais aparelhos. Assim, das sete escolas localizadas na área de estudo, apenas três, ou seja, as escolas José Sobreira, São José I e Paulo Freire atendem essa modalidade de ensino (PMM/SEMED, 2010).

### **3.9 Infraestruturas do transporte escolar na área ribeirinha de Manaus**

As escolas rurais do município de Manaus vêm passando por processo de melhoria nas suas infraestruturas, principalmente nos anos de 2010 e 2011. Muitas receberam reformas em suas edificações e nestas reformas foram implantados tele centros com intuito de oferecer aos alunos rurais condições de igualdade referente ao acesso à tecnologia e equipamentos de informática.

Os referidos tele centros, tratam-se de salas de aulas equipadas com computadores conectados à internet, onde os estudantes podem manuseá-los e com isso, ter em alguns casos, os primeiros contatos com as máquinas. Suas instalações faz parte da política do Governo Federal de valorização da Educação no Campo.

Da mesma forma, o transporte escolar também recebeu investimentos por parte em 2011. As escolas rurais ribeirinhas de Manaus receberam 56 lanchas destinadas a melhorar o transporte escolar dessa localidade. Tal investimento foi subsidiado pelo Governo Federal por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

A citada aquisição passou por meio do Programa Nacional de Apoio ao Transporte Escolar (PNATE) e instituído pela Lei de nº 10.880, de 09 de junho de 2004, com o objetivo de garantir o acesso e a permanência dos alunos do ensino fundamental público nos estabelecimentos escolares e principalmente daqueles que residem em áreas rurais e que utilizam transporte escolar. Houve, portanto, assistência financeira, em caráter suplementar, aos Estados, Distrito Federal e Municípios.

Na intenção de melhorar a segurança do transporte, essas lanchas são equipadas com sistema de iluminação, comunicação, coletes salva-vidas e motores mais potentes (90 Hp), para melhoria na qualidade do serviço de condução escolar, porém, vale lembrar que os problemas de acesso as unidades escolares não depende somente de substituição das lanchas, essas intervenções vão além de simples investimentos no transporte, é necessário conhecer as necessidades de cada escola, pois as mesmas apresentam distintas realidades.

Assim, com a aquisição dessas novas embarcações o transporte ganhou mais velocidade e diminuiu o tempo gasto na realização das rotas escolares no período de águas altas. No entanto, no período de águas baixas os canais vão se estreitando, isso dificulta a locomoção dos barcos.

Na intenção de amenizar o problema de locomoção no período de recessão do Rio tais lanchas foram equipadas com motor reserva do tipo “rabeta”, uma adaptação feita em motores de baixa potência aonde a parte traseira é móvel, isso impede o atrito com troncos de arvores e possíveis obstáculos encontrados pelo caminho.

Todavia, esse tipo de motor não possui marcha à ré, o que ocasiona transtorno quando há necessidades de se fazer manobras rápidas, seja para desviar de algum obstáculo ou pelo deslocamento após aportar nos destinos. Em algumas ocasiões conta-se com a habilidade dos condutores que nem sempre possuem carteira de habilitação marítima para conduzir embarcações.

Além do mais, a falta de habilitação por parte de comunitários que conduzem embarcações nos trechos das rotas das escolas é constante, não é difícil presenciar imprudências e imperícias em algumas manobras realizadas por esses moradores das proximidades das escolas.

## 4 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS DA BACIA DO TARUMÃ-MIRIM

A região do baixo rio Negro encontra-se em uma área de lineamento estrutural conforme Sternberg (1950), mencionado por Franzinelli e Igreja (1990), e Igreja e Franzinelli, (2002), Latrubesse e Franzinelli (2005) e Silva e Rosset (2010). Esses autores são unânimes em afirmar que, durante todo seu percurso, o Rio Negro tem o seu curso determinado por falhas decorrentes de processos tectônicos.

A Geomorfologia da área encontra-se dentro do Planalto Dissecado Rio Trombetas/Rio Negro, apresentando relevo de interflúvios tabulares e colinas; os relevos que compõem essa unidade geomorfológica possuem altimetria em torno de 40 m, 60 m, 80 m e 100 m.

No entanto, “os relevos, interflúvios tabulares e colinas são esculpidos nos depósitos da Formação Alter do Chão e alcançam entre 100 e 150 metros acima do nível do mar” (FRANZINELLI e IGREJA 1990). Esses platôs estão talhados sobre sedimentos da formação Barreiras. Nesse sentido, Latrubesse e Franzinelli (2005) dividiram a bacia do rio Negro em seis trechos distintos para melhor estudá-lo: quanto às morfologias de seus canais, área de deposição e tipos de sedimentos transportados e as mudanças ocorridas no final do Pleistoceno e Início do Holoceno. Nesse estudo detectou-se que alguns trechos desse Rio são condicionados por falhas geológicas dando-lhe características distintas ao longo do seu curso. Sternberg, 1950 (*apud* SILVA e ROSSETTI, 2010) já levantavam essa questão. Nesse contexto, a Bacia do Tarumã-Mirim, objeto do presente estudo faz parte do último trecho do Rio Negro, próximo a Cidade de Manaus e do encontro das águas do Rio Negro com o Solimões-Amazonas; esse trecho corresponde ao ponto mais largo do Rio.

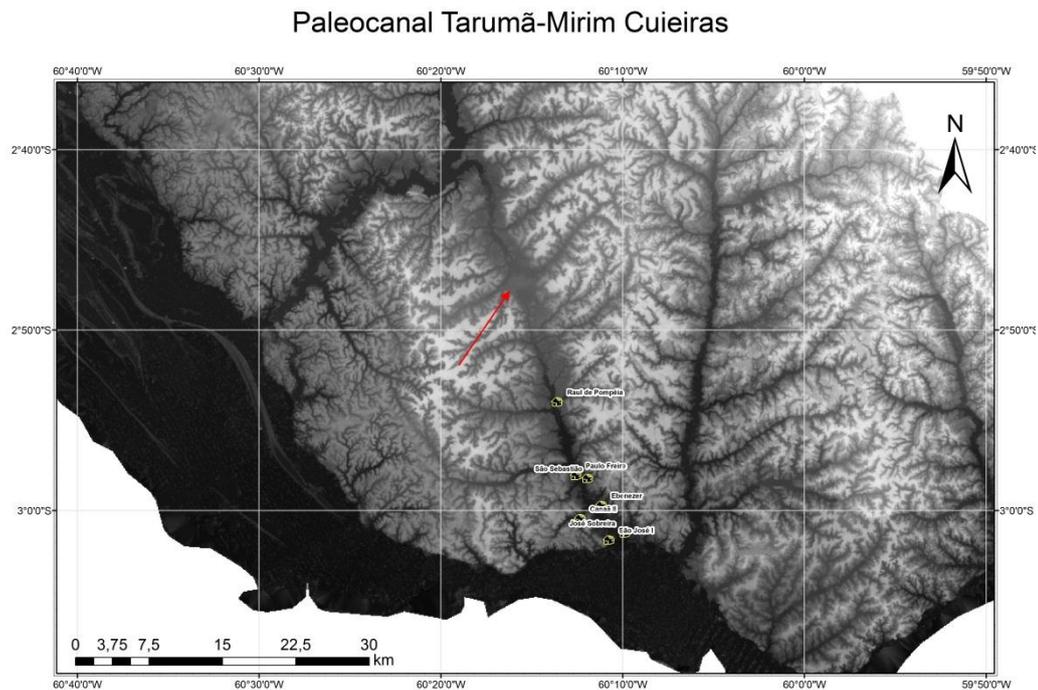
Assim, segundo Silva (2005), o Rio Negro corre em uma zona de falha normal, que se estende por cerca de 70 km em linha reta, e controla ambas as margens. Essa estrutura geológica forma grábens (áreas em depressão), que são locais propícios à sedimentação atual. De acordo com esse autor, o “arquipélago das Anavilhanas” e os depósitos Cacau-Pirêra, próximo a Manaus são resultantes da inter-relação entre processos de sedimentação e fenômenos tectônicos.

Para Silva *et al.* (2007), o vale correspondente ao Paraná do Rio Aripuanã, região entre os municípios de Manacapuru e Iranduba compreende ao antigo leito do Rio Negro, isso tornaria o Encontro das Águas do Rio Negro e Solimões a 50 km a jusante

da atual posição, seu direcionamento à região de Manaus se deu motivado por zonas de fraquezas (Leste-Oeste). Tal constatação ainda é alvo de contestações no meio científico.

Nesse sentido Amaral *et al.*, (2005) afirmam que no trecho à montante da Bacia do Tarumã-Mirim, noroeste de Manaus, forma-se um paleocanal que ligaria esta bacia à Bacia do rio Cuieiras, formando assim, um único canal que desaguava próximo a cidade de Manaus. O rio Cuieiras só seria capturado pelo Rio Negro em decorrência da falha de Baependi que ativou a erosão remontante e desviou o seu curso deixando o paleocanal (**Figura 05**).

No período de águas altas a Bacia do Tarumã-Mirim se interliga com o Rio Cuieiras formando uma única bacia que nesse momento recebe influência direta determinada pela cota do Rio Negro.



**Figura 05:** Paleovale que ligaria a bacia do Rio Cuieiras à Bacia do Tarumã-Mirim mencionado por SILVA e ROSSETTI (2010) indicado pela seta vermelha. Fonte: SRTM extraído do site da (EMBRAPA, 2011)

A geologia da área do Tarumã-Mirim, segundo RADAMBRASIL (1978) é formada por rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, que compõe a província estrutural Amazônica, desenvolvida no mesozoico.

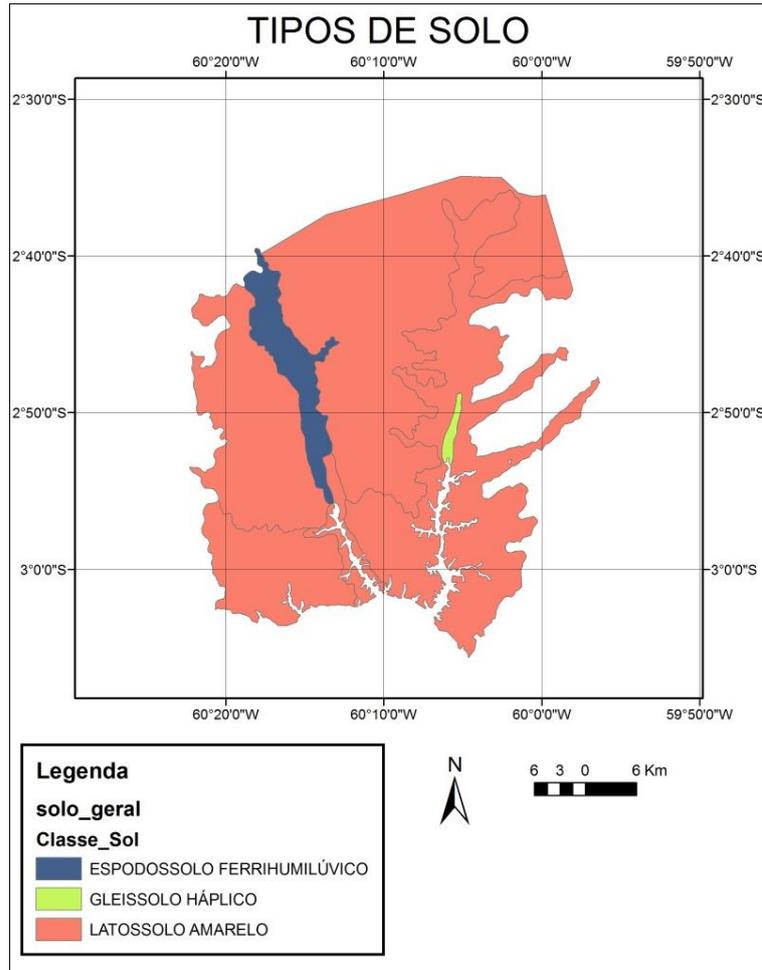
Quanto ao Clima, de acordo com a classificação climática do IBGE (1991), a região que corresponde à Bacia do Tarumã-Mirim localiza-se na zona de clima equatorial com domínio climático superúmido com pouco ou nenhum déficit de água.

Por se encontrar na faixa equatorial, sob o domínio da Massa Equatorial Continental, embora apresente ocorrência de chuvas abundantes nessa área, elas não são distribuídas de maneira uniforme. O índice total de precipitação no ano permanece entre 2.250 e 2.750 mm.

Essa área, por estar dentro da zona de convergência intertropical (ZCIT), recebe os ventos alísios de NE e SE, que ocasionam as chuvas convectivas devido à subida do ar quente, carregado de umidade, que se condensa ao atingir as elevadas altitudes com baixas temperaturas, precipitando-se em fortes pancadas de chuvas (AGUIAR, 1995).

O Solo, segundo dados do RADAMBRASIL, (1978) na área do Tarumã-Mirim predomina o Latossolo Amarelo com interrupções em algumas áreas apresentando espodossolos com feições arenosas.

Segundo estudo do Sistema de Classificação de Solos e de acordo com suas características de gênese e propriedades pedogenéticas EMBRAPA, (2002), os tipos de solo na Bacia do Tarumã-Mirim (**Figura 06**) estão assim distribuídos.



**Figura 06:** mapa dos tipos de solos predominante na bacia do Tarumã-Mirim. Modificado de EMBRAPA, (2002)

Neste sentido, as colorações da água de uma bacia de drenagem estão relacionadas com o tipo de solo que a compõe. As águas claras e águas pretas estão correlacionadas aos tipos de solos. Esses determinam a decomposição das substâncias vegetais mortas, no caso do Latossolo, ele age no sentido de oxidação da matéria originando-se as águas claras. (SIOLI, 1991)

Quanto ao Espodossolo, Sioli (*op cit*) afirma que este, forma, de imediato, húmus cru, que dissolvido nas águas de percolação alcança o lençol freático, tingindo-o, e posteriormente, aflorando em igarapés de água preta. Essa característica pode ser observada no período em que o rio esta baixando próximo das encostas e nos leitos de igarapés.

A Hidrografia do Tarumã-mirim é composta por densa rede de canais onde seu curso principal deságua no Rio Negro o qual recebe o total de sua, drenagem. Seu baixo curso situa-se na unidade morfoestrutural Planalto da Amazônia Oriental (COSTA *et al.*, 1978 *apud* VIEIRA. 2008).

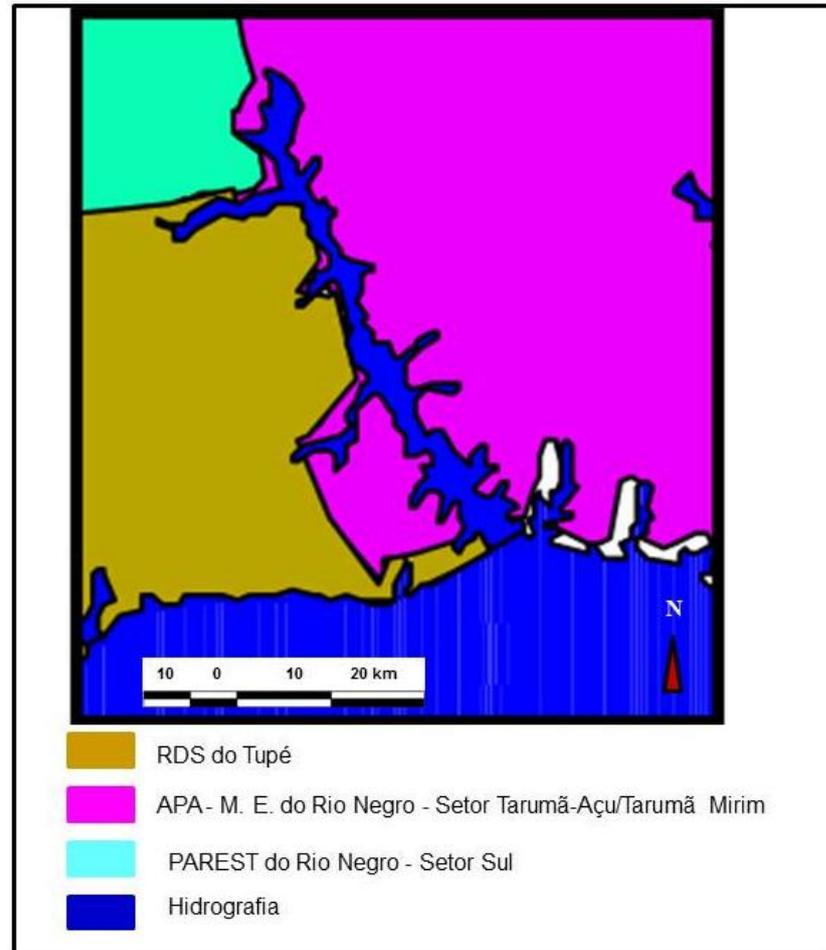
A região em estudo é caracterizada por padrão de drenagem dentrítico com fluxo multidirecional, tendo o Igarapé do Tarumã-Mirim como seu canal principal. Compõe ainda essa rede os Igarapés, Aguraú, Acácias, Vai quem quer, Paulista e outros do tipo temporário.

Quanto à cobertura vegetal é de Floresta Densa, porém, na área correspondente às bacias do Tarumã-Açú e Tarumã-Mirim surge uma faixa de contato da Floresta com a Capinarana. (RADAMBRASIL, 1978). Predominando ainda a floresta de igapó na parte inundável da bacia.

De acordo com suas características, diferenciadas por seus estratos arbóreos, ou seja, árvore de diferentes alturas dando a impressão de distintas copas superpostas perfeitamente adaptadas a diferentes condições ambientais, distinguem-se três subdivisões: a Mata de terra firme, Capinarana e Mata de Igapó.

#### **4.1 Acesso a área de Estudo**

Nesse contexto, a Escola Municipal Raul Pompeia, onde está localizada a Estação Tarumã-Mirim, utilizada neste estudo, situa-se à margem esquerda da referida bacia; seu acesso também pode ser feito por via rodoviária através da BR 174, na altura do Km 21, adentrando pelo denominado “ramal do Pau Rosa”, e, em seguida, adentrando a esquerda no “ramal da cooperativa”, posteriormente à direita no “ramal Novo Paraíso”, o qual deve ser percorrido por toda a sua extensão até chegar à margem da bacia onde é possível o acesso à escola. É necessário lembrar que a área em questão pertence integralmente ao mosaico de unidades de conservação, (**Figura 07**), ao qual se situa a referida escola.



**Figura 07:** área das UCs que circundam Bacia do Tarumã-Mirim.  
 Fonte: Modificado de (PINTO, 2005)

Portanto, à margem esquerda da bacia do Tarumã-Mirim e uma pequena parte da margem direita correspondem a APA - M E Rio Negro setor Tarumã-Açu/Tarumã-Mirim o restante da margem direita pertencem a PAREST do Rio Negro - Setor Sul e RDS do Tupé. Faz parte ainda desse mosaico, o assentamento agrícola criado pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária – INCRA em 1992 denominado assentamento Tarumã Mirim.

## 5 MATERIAIS E METODOS

### 5.1 Dados operacionais

O presente trabalho teve início com o levantamento bibliográfico, o qual foi distribuído em etapas. No primeiro momento aconteceram às coletas de materiais pertinentes à temática proposta, por meio de teses, dissertações, artigos e livros coletados no universo científico. No segundo momento foi estabelecido um planejamento para utilização de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, além dos instrumentos do sistema de informações geográficas (SIG).

Nessa etapa, foi instalada uma sessão de réguas linimétricas denominadas, por este estudo de “Estação Tarumã-Mirim” ou simplesmente (ETM). Sua finalidade será descrita mais adiante. Na terceira etapa, foram realizadas as atividades de campo, com visitas técnicas programadas na área estudada, plotagem e tratamento dos dados.

No desenvolvimento da pesquisa utilizou-se de diferentes ferramentas, como os softwares ARC GIS versão 9.3, disponível no Laboratório de Potamologia da Amazônia (LAPA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), o programa TrackMaker versão 13.8, bem como o ENVI versão 4.7, além das imagens digitais LANDSAT-5\_TM das bandas 3,4,5, dos anos de 2001, 2009 e 2010, e imagens digitais SRTM, com suporte de GPS GARMIN e máquina digital com resolução 11.0 mega pixel.

A pesquisa foi desenvolvida de acordo com levantamento de fontes primárias e secundárias, conforme Fluxograma (**Figura 08**).

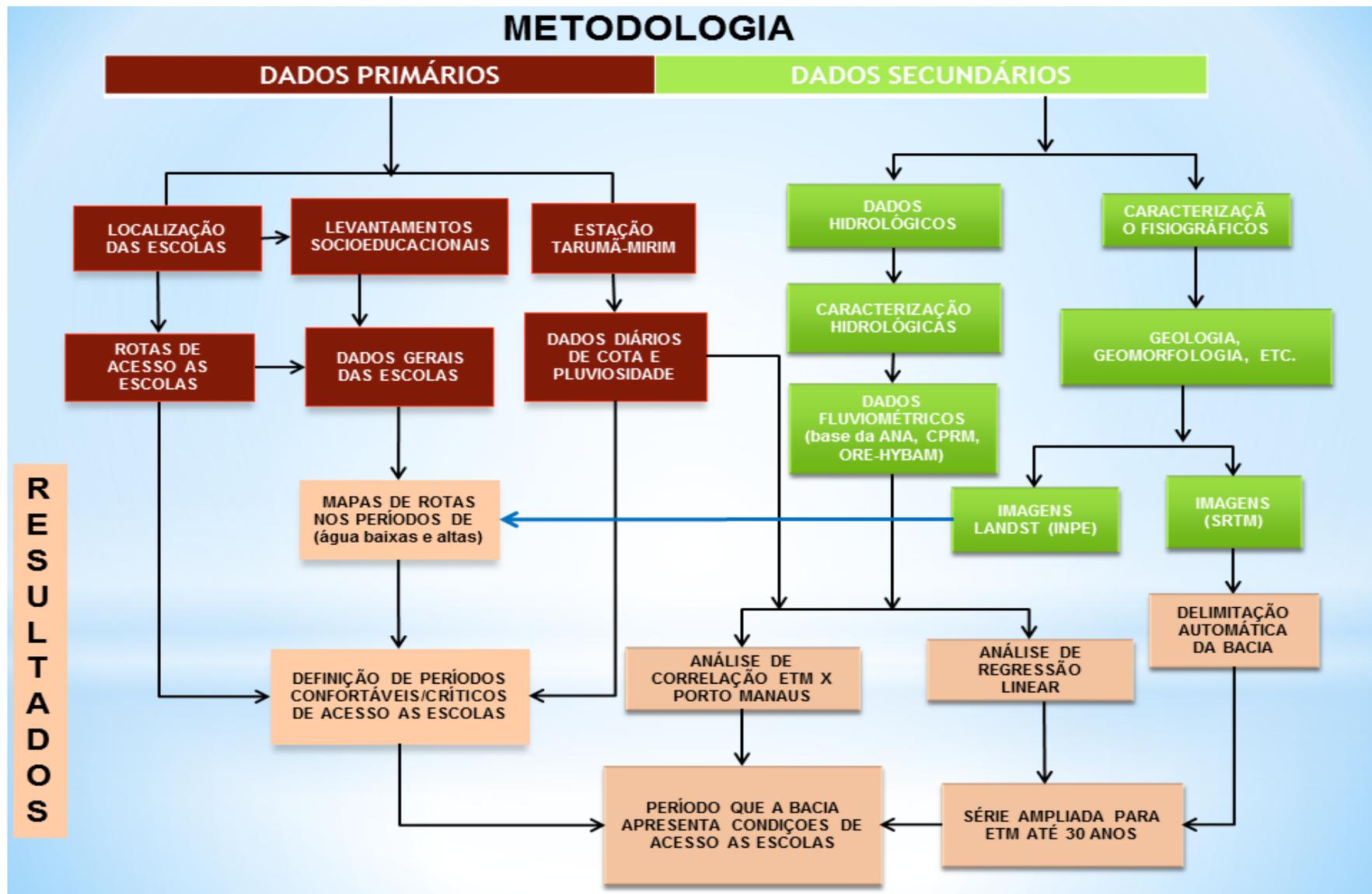


Figura 08: Fluxograma de pesquisa, as cores marrons e verdes indicam os dados primários e secundários respectivamente e os resultados em róseo.

Assim, o levantamento dos dados primários teve seu início com visitas de campo para constatação de dados, localização e infraestrutura das escolas, assim como, identificar o local de melhor acesso para a instalação da Estação hidrométrica do Tarumã-Mirim. (ETM).

## **5.2 Levantamento socioeducacional**

Nessa etapa, utilizou-se GPS, para localização e levantamento das rotas em cada escola e, assim, realizar mapeamento das trilhas em ambos os períodos do ano (águas altas e baixas). Dessa forma, foram realizadas coletas de informações para quantificar o número de alunos que utilizavam o transporte escolar diariamente. Tais dados foram obtidos junto aos condutores e gestores das escolas em questão.

Para quantificar os alunos matriculados no ano de 2011, bem como usuários do transporte fluvial, valeu-se de informações complementares expostas nos painéis de cada escola. Esses painéis são atualizados anualmente para divulgar o desenvolvimento de ações inerentes às atividades e projetos desenvolvidos por todos os educandários.

Os dados relacionados às atividades sócio educacionais deste estudo consistem em:

- 1) Quantificação, localização e georreferenciamento das escolas e a infraestrutura das comunidades locais.
- 2) Mapeamento dos traçados das rotas dos barcos de cada uma das escolas da área em questão, com auxílio de GPS em dois períodos: Primeiro quando o rio se encontrava com a cota baixa, posteriormente, no momento em que o rio se encontrava com a cota alta.
- 3) Quantificação dos alunos conduzidos por cada rota das escolas.
- 4) Identificação dos caminhos alternativos (atalhos) durante o período de águas altas, assim como, os principais obstáculos quando o rio encontrava-se com sua cota baixa.

Vale frisar, que todos os dados levantados nessa etapa foram tratados em plataforma SIG para que fossem geradas as tabelas, gráficos e mapas temáticos capazes de fornecer o máximo de informação para o bom

entendimento dos resultados esperados. Dessa forma, as informações coletadas serviram para o preenchimento do banco de dados em plataforma SIG e posteriormente gerar os pontos de localização das escolas e as trilhas de cada uma delas referente à área pesquisada.

Utilizou-se software TrackMaker versão 13.8 (software livre) para a transferências dos dados do GPS para o computador. Os levantamentos dos dados hidrológicos consistiram em caracterizar a bacia de acordo com seu padrão de drenagem, bem como, levantar dados de pluviosidade e nível de cota fluviométricas. Tais dados foram submetidos a tratamento estatísticos de análise de correlação e regressão linear. Vale lembrar, que tais informações foram extraídas tanto de dados primários quanto secundários, para gerar elementos para as referidas análises.

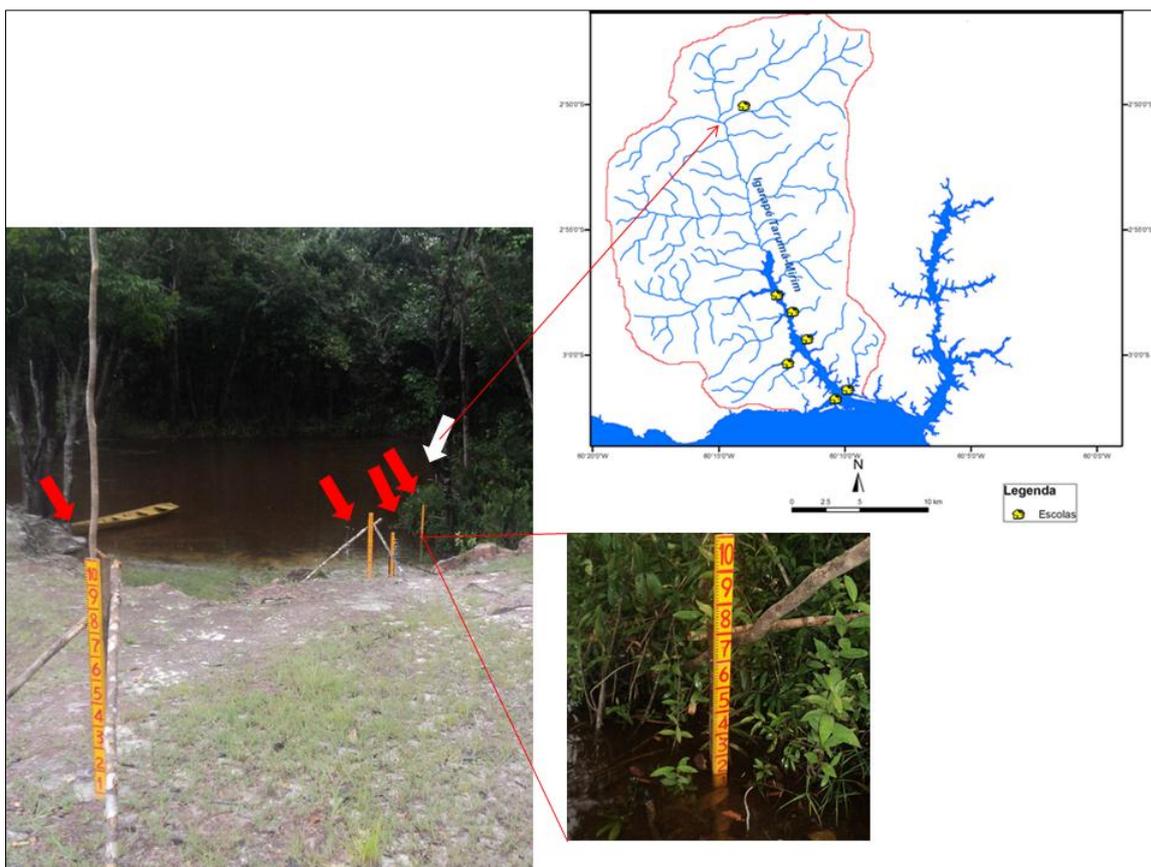
Os dados secundários serviram para descrição dos aspectos fisiográficos, tais como geologia, geomorfologia, clima, solo, vegetação e hidrografia e aquisição de imagens digitais LANDSAT e SRTM.

### **5.3 Levantamento de dados na Estação Tarumã-Mirim (ETM)**

Os registros de nível de água na ETM foram feitos diariamente com apoio de auxiliar de campo. As anotações dos dados de nível foram realizadas em dois horários preestabelecidos, as (07h00min e 17h00min h) conforme o que determina WMO (1994) e os dados de precipitação uma única uma vez durante o dia, geralmente nas primeiras horas do dia para evitar evaporação e perdas na qualidade dos dados.

As informações de cota fluviométrica foram inseridas mensalmente no banco de dados do software hydraccess versão 4.5, disponível no LAPA/UFAM que por sua vez, fornecia o cálculo automático das médias diárias para que fossem comparados aos dados de chuva.

Os dados pluviométricos e fluviométricos da Bacia do Tarumã-Mirim tiveram início em dezembro de 2010 com a instalação das régua linimétricas nas proximidades da escola municipal Raul Pompeia (**Figura 09**), de onde foram coletados os dados de cota do rio e intensidade de chuva, no período anual de 2011.



**Figura 09:** Estação de monitoramento hidrológico na bacia do Tarumã-Mirim. Seta branca indica posição da régua 01 (submersa). As setas vermelhas indicam na sequência as régua 2,3,4 e 5 (16/02/2011)

Para a instalação das régua realizaram-se etapas de campo, com o propósito de identificar o melhor local, que tivesse condições adequadas de acesso. Utilizou-se teodolito com suporte técnico da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMAS), aplicou-se o método apontado por Santos *et al* (2001), no qual utilizou-se linígrafos ou régua linimétricas dispostas em sequência na margem do canal principal da bacia.

As régua foram confeccionadas em metal (alumínio) e pintadas com tinta esmalte-sintético para que as mesmas resistissem ao tempo em que ficaram submersas, sujeitas às intempéries e também pela acidez da água.

Tais equipamentos foram confeccionados com tamanho de 1,5 m, sendo que, apenas um metro foi utilizado para medição, 0,5 m serviu para fixá-las no solo, para garantir que as mesmas permanecessem na mesma posição e, assim, garantir melhor precisão dos dados.

Na fixação utilizaram-se escoras de madeira de forma para evitar que as mesmas saíssem do prumo. Primeiro às régulas foram apumadas em um suporte de madeira, alinhadas e depois fixadas na posição com as escoras.

Para ter noção da pluviosidade no local, foi utilizado coletor de água de chuva, improvisado do tipo pet, confeccionado utilizando garrafa de plástico de dois litros (**Figura 10**), com intuito de medir a intensidade de precipitação, o mesmo foi instalado em local de fácil acesso para facilitar o trabalho de coleta diária. As medições foram feitas as 07h00min h, horário local durante o período da pesquisa ou mais de uma vez por dia, quando havia ocorrência de chuva forte durante o período diurno, para evitar perda por evaporação.



**Figura 10:** Pluviômetro do tipo rudimentar (garrafa pet) ETM

Na medição utilizou-se proveta milimétrica, onde foram registradas as quantidades de chuva em mililitros, para posteriormente serem transformados em milímetro.

Dessa forma, recorreu-se a cálculos simplificados da pluviosidade no local, converteram-se os valores medidos em mililitros para milímetros. Para tanto, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$V = \text{PI} \times r^2 \times h \quad (01)$$

Onde  $V$  representa o volume fornecido pela área da base do recipiente,  $3,14$  o valor do  $\pi$  e  $r^2$  o raio da base de entrada e  $h$  a altura da base do pluviômetro, com os volumes transformados em mm, criou-se o gráfico de precipitação para o período de 21/01/2011 a 21/01/2012 para o local pesquisado. Estes dados foram plotados em planilhas eletrônicas de cálculos.

A série histórica da estação hidrológica localizada no porto de Manaus, para o período de 30 anos, conforme padrão mínimo requerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para análise de dados de longo prazo. A série histórica do referido período foi baixada do site da ANA, e, posteriormente plotada em um banco de dados para ser comparada com os números primários da ETM.

#### **5.4 Mapeamentos das rotas escolares**

Para identificar às diferenças nos percursos das rotas no período de águas alta e baixas, foi necessário fazer o mapeamento das rotas. Assim, dividiram-se os trabalhos de coletas de dados em dois períodos distintos: o primeiro durante a vazante do rio, quando as lanchas não conseguem adentrar em alguns canais e a segunda no período da enchente, quando as lanchas adentram todos os canais e podem, inclusive, utilizarem atalhos. De tal modo, as informações coletadas em campo, com o auxílio de GPS serviram para o preenchimento do banco de dados em plataforma SIG para posteriormente gerar os pontos e as trilhas apresentados mais adiante.

Para tanto, foram analisadas imagens LANDSAT das bandas 3, 4, 5, dos anos de 2010, período de águas baixas e 2009 para o período de águas altas e assim, serem comparados com os traçados das rotas mapeadas para que fossem observadas quais as principais diferenças ocorrem entre os dois momentos.

#### **5.5 Análise de dados fluviométricos do porto de Manaus e Tarumã-Mirim.**

Para efeito de comparação dos dados fluviométricos recorreram-se às informações digitais disponíveis nos sites da ANA CPRM, organizadas pelo

ORE-HYBAM, comparados com os dados da ETM para assim, fazer as devidas relações.

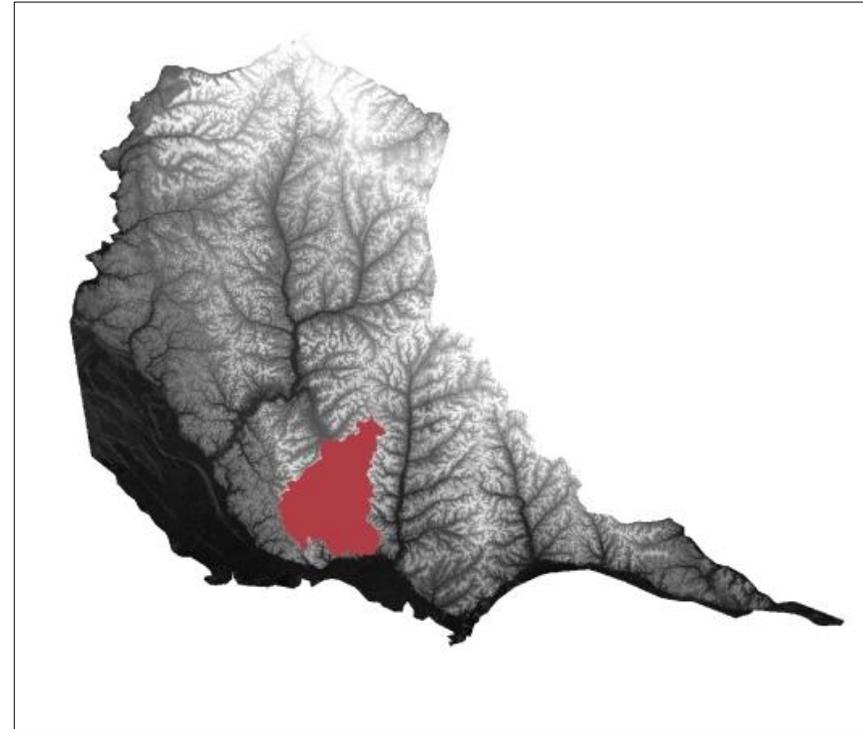
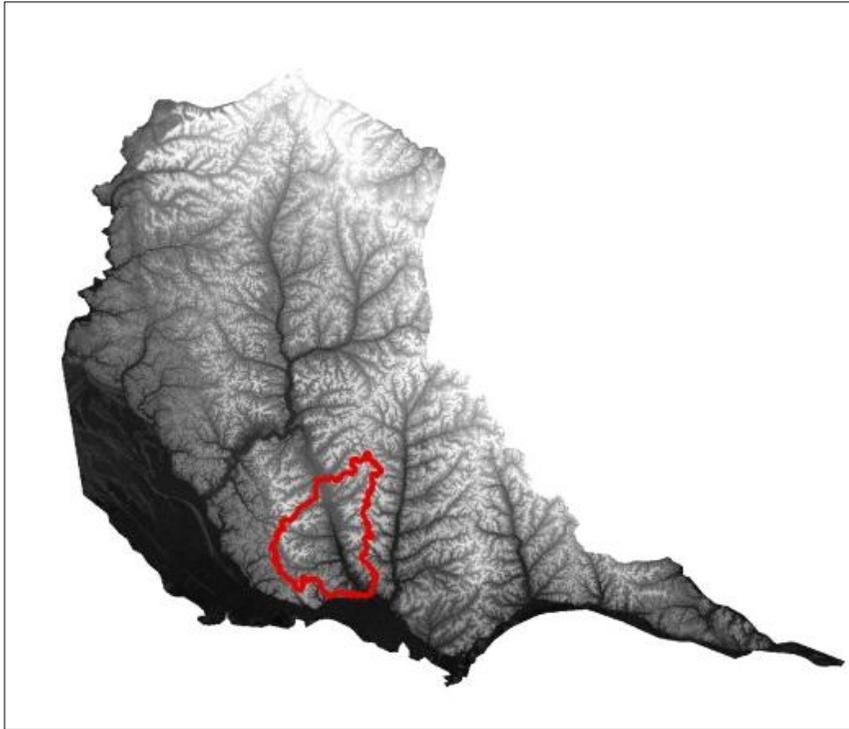
Foram analisados os dados de um ano da bacia do Tarumã-Mirim com as informações de trinta anos do porto de Manaus. Assim, foi necessário realizar análise de regressão linear, onde foram transformados os valores médios diários da série histórica de Manaus e comparando aos dados da estação ETM. Para tanto, utilizou-se recursos estatísticos, onde se criou uma série ampliada para a ETM, a qual apresentava somente um ano de dados. A partir desse resultado correlacionaram-se com os trinta anos de informações da estação de Manaus.

Para os tratamentos de tais dados utilizou-se o software Hydraccess versão 4.3 (disponível em: [www.ore-hyban.org](http://www.ore-hyban.org)) para plotagem dos dados e assim, retirar as médias diárias em planilhas eletrônicas de cálculos, para confecções das tabelas e gráficos, assim como estabelecer os melhores períodos para a navegação na Bacia do Tarumã-Mirim.

## **5.6 Delimitação automática da Bacia hidrográfica do Tarumã-Mirim**

Na etapa de delimitação automática da bacia hidrográfica utilizou-se imagens do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) em escala de 1:250.000 com sistema de coordenadas Datum WGS84, extraídas do catálogo da EMBRAPA para delimitar a área do Município de Manaus e, posteriormente, delimitar a bacia do Tarumã-Mirim. Tais imagens já constavam informações corrigidas de Modelo Numérico do Terreno (MNT).

Foi empregado nesse processo a metodologia segundo Sobrinho, *et al.*,(2010), que para delimitar uma bacia hidrográfica no Município de Campo Grande no Estado de Mato Grosso do Sul, utilizou-se quatro etapas das quais foram utilizadas neste trabalho somente três, sendo que não foi necessário fazer correção com modelo numérico do terreno (MNT). As etapas foram as seguintes: i) aquisição das imagens SRTM da área de estudo, adquirida do site da EMBRAPA ii); em seguida foram feitos então, direção do fluxo iii) e fluxo acumulado que teve como produto a delimitação da bacia (**Figura 11**)



**Figura 11:** Delimitação automática da área da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Mirim utilizando Imagem de radar SRTM. Modificado de EMBRAPA 2012

O processo de delimitação automática da Bacia Hidrográfica foi desenvolvido no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Arc Gis 9.3 aonde foi inserida a imagem SRTM e, em seguida, transformada em formato GRID; depois foi recortada à área do Município de Manaus para facilitar o processamento e delimitação da bacia conforme fluxograma (**Figura 12**).



**Figura 12:** Esquema metodológico para a delimitação da Bacia do Tarumã. Modificado de Sobrinho, *et al* (2010).

Com a utilização de ferramentas do Arc Gis, foi gerado um novo arquivo que permitiu determinar a direção do fluxo da bacia, em seguida foi gerado o fluxo acumulado. No *Arc Toolbox, Spatial Analyst Tools, Hydrology e Flow Accumulation*.

Próximo passo foi gerar um *raster* com as drenagens extraídas. No *Arc Toolbox, Spatial Analyst, Conditional Com*. Na janela *Con* em *Input conditional raster* foi inserido o arquivo de fluxo acumulado, gerado na etapa anterior em *Input true raster or constant value* foi digitado em *Output raster* e dado um novo nome ao arquivo.

Próximo passo foi gerar um shape de drenagem e, em seguida, o arquivo de direcionamento de fluxo e gerar um novo shape com a rede de drenagem inserida na bacia.

Para a delimitação da bacia foi criado um shape de ponto, o qual foi adicionado no local onde se escolheu para a delimitação em cima do shape de drenagem gerado anteriormente adicionado e foi feito a edição do mesmo, assim, retornou-se ao *ArcToolbox e Spatial Analyst Tools, Hydrology Watershed*.

Em seguida na janela *Watershed*. Em *“Input flow direction raster”* inseriu-se o arquivo de *flow direction*. Em *Input raster or feature pour point data* inseriu-se o arquivo *shape* de ponto. Em *Output raster*, foi nomeado dado o destino ao novo arquivo. Assim, com a bacia delimitada foi criada em formato *raster*. Para transformar em polígono utilizou-se novamente ferramentas do ArcGis.

## 5.7 Classificações de imagens dos períodos de águas altas e baixas.

Com a finalidade de diferenciar a área de inundação nos dois períodos (águas altas e baixas) e ainda quanto ao uso do solo, foi realizada a classificação de imagens da área de estudo.

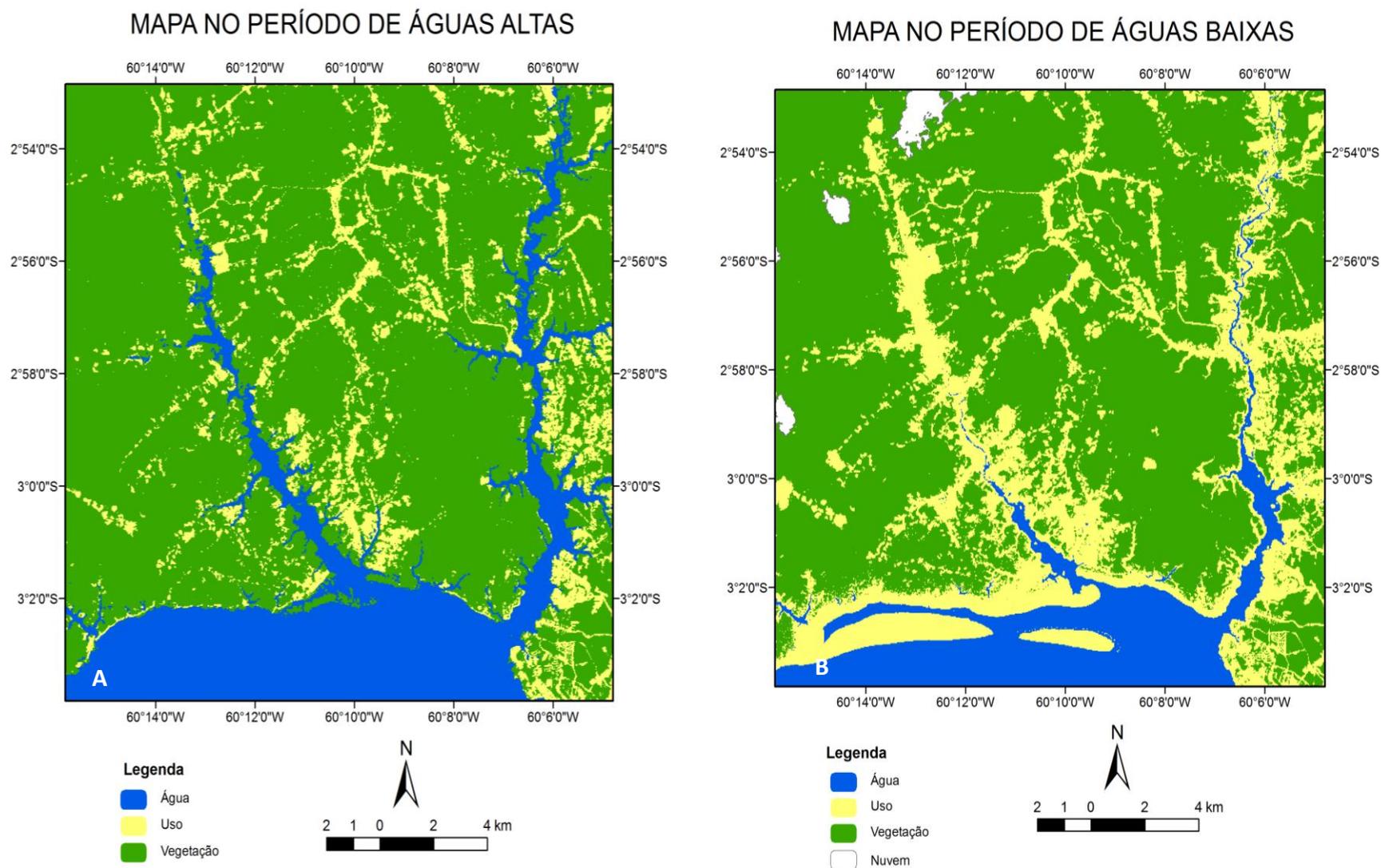
Classificação é um processo de extração de informação em imagem para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os classificadores procuram simular a função da fotointerpretação ao reconhecer áreas homogêneas das imagens baseadas nas propriedades espectrais e espaciais de imagens

Assim, para tal classificação utilizou-se imagens LANDSAT do site do INPE nas bandas 3, 4 e 5 referentes ao mês de setembro de 2009 quando o rio se encontrava na ocasião da vazante e LANDSAT das bandas 3,4 e 5 do mês de julho de 2010 para definir o momento em que o rio se encontrava no período de enchente vale destacar que estes dois anos (2009 e 2010) foram marcados excepcionalmente por uma enchente e uma estiagem Record e histórica respectivamente .

Assim, para ambos os períodos, foram realizadas as classificações das duas imagens: a primeira do mês de julho de 2010 para representar o período de águas altas e novembro 2009 para representar o período de águas baixas.

No software ENVI versão 4.7, (licença temporária de 30 dias) foram feitas as classificações das imagens, o software com utilização de três classes distintas (**Figura 13 A e B**) com as cores, verde para definir a vegetação, amarela para identificar o uso, ou seja, solo exposto, e azul para corpos d'água.

Assim, com ferramentas do Arc Gis criaram-se os *shapes* das classes que proporcionaram a construção dos mapas que distinguem os períodos de AA e AB e assim, verificar o uso do solo e a cobertura vegetal no entorno da área de estudo.



**Figura 13:** Resultado da classificação das imagens da bacia do Taramã-Mirim, A) indica o período de Aguas altas e B) o período de águas baixas. Modificado INPE, 2012

Para identificar e diferenciar os percursos das rotas nos períodos distintos, utilizou-se as mesmas imagens de satélite LANDSAT 5 TM mencionadas anteriormente, dos meses de julho para o período de águas altas e de outubro para o período de águas baixas.

O tratamento das imagens foi realizado com auxílio do software ENVI 4.7 (licença de 30 dias) com o método supervisionado e classificador Max Ver. Para tanto, foram usadas três classes de cores diferentes: vegetação (verde) curso d'água (azul) e uso do solo (amarelo).

Com as imagens classificadas se podem observar nitidamente a área inundada no período de águas altas, e a mudança nas feições paisagísticas em relação às águas baixas e assim, observar os locais vulneráveis à inundação e estiagem.

Quanto ao uso do solo, observa-se que ao redor da bacia pesquisada ocorrem pontos de desmatamento de origem antrópica. Porém, a margem do canal principal, onde na imagem foi classificada como uso, trata-se de praias formadas por deposições de sedimentos oriundos do curso superior da bacia e depositados à jusante da bacia.

No trecho à jusante da referida bacia, o canal principal se alarga e ocupa grandes extensões horizontais. No entanto, torna-se muito raso na época de águas baixas, o que dificulta a navegação desde seu curso mais baixo até os pontos mais distantes à montante, assim, veremos mais adiante neste trabalho.

### **5.8 Análises estatísticas de correlação e regressão.**

Realizou-se uma análise de correlação linear entre variáveis onde os valores do coeficiente  $r$  variam de -1 a +1 quanto mais próximo de +1, maior a qualidade do ajuste ou associação linear, no sentido de uma correlação positiva. Segundo Martins (2005) a correlação entre duas variáveis podem ter ou não causas e efeitos de uma sobre a outra por se tratarem de cálculos matemáticos, ambas podem ser ou não influenciadas por outra variável a que pode apresentar forte ou fraca relação.

Criou-se uma tabela em planilha eletrônica de cálculo onde foram comparados os dados do ano de 2011 de ambas as estações tanto do porto de Manaus quanto da estação ETM para fazer o ajuste e achar o coeficiente de

regressão dos dados e criar uma série ampliada de 30 anos para a bacia do Tarumã-Mirim.

A regressão linear foi realizada conforme Martins (2005), utilizando um par de valores das variáveis X e Y, no caso do presente estudo foram apresentados valores de cota pluviométrica, do mesmo ano, para se criar uma série ampliada para a bacia do Tarumã-Mirim, com base na comparação dos valores para o período de trinta anos na estação que se tinha dados.

## **6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.**

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante um ano ininterruptos de monitoramento realizado no igarapé do Tarumã-Mirim. São apresentadas as rotas do sistema de transporte escolar; as escolas ali localizadas com suas respectivas infraestruturas; na sequência, as rotas são analisadas à luz da variabilidade hidrológica geral, ou seja, as diferenças de percurso realizadas pelas lanchas de transporte escolar em dois períodos específicos do ano hidrológico (águas baixas e águas altas), uma vez que as rotas monitoradas, não são as mesmas nos diferentes cenários hidrológicos levantados na região.

Em seguida analisaram-se os dados fornecidos pela ETM para o ano de 2011 e suas relações com o regime hidrológico do Rio Negro, assim como, a influência do regime fluviométrico e sua variabilidade na região da alta bacia do Tarumã-Mirim, para isso analisaram-se os dados de cota durante um ano hidrológico (2011) e sua relação com os dados da estação hidrométrica do Porto de Manaus.

Obtiveram-se ao final deste estudo, subsídios para a elaboração de um calendário escolar voltado para as especificidades locais e que principalmente levassem em consideração diferenciação do regime hidrológico e suas principais dificuldades de acessibilidade ao local onde estão situadas as escolas rurais ribeirinhas.

### **6.1 Localização das escolas na Bacia.**

A comunidade Nossa Senhora de Fatima, onde está situada a Escola Municipal José Sobreira do Nascimento localiza-se bem próximo a Manaus em relação às demais escolas. Apresenta movimentado fluxo de pessoas durante os fins de semana devido às proximidades com a “Praia da Lua”, local de lazer de visitantes do Município de Manaus. O referido educandário possui boa infraestrutura, nela funciona a modalidade de ensino regular juntamente com a Escola São José I, localizada na comunidade de Nossa Senhora do Livramento.

O acesso diário fácil a essas duas unidades educacionais faz com que as tornem preferidas por parte dos professores para exercerem suas atividades, pois, buscam sempre localidades onde possibilite o seu retorno diário ao seu lar (Manaus). Por conta disso, não há problema de falta de docentes. São as únicas comunidades dentro da área de estudo que contam com apoio de Posto de Saúde, na especialidade de Clínico Geral atendendo diariamente. As unidades de saúde servem de apoio às equipes de Agentes de Controles de Endemias, que atuam na região no combate, principalmente à malária e a dengue.

A comunidade Ebenezer onde localiza-se a escola de mesmo nome e comunidade de Julião onde encontra-se a escola Canaã II, ambas localizadas às margens de igarapés, são afetadas, de forma mais intensa pelos efeitos das variações hidrológicas, quando os níveis dos igarapés começam a receber pressão das águas do rio Negro, o que facilita o acesso às mesmas. No entanto, quando a dinâmica hidrológica fica sendo regulada por conta do regime local, ocorre o oposto, ou seja, o acesso a alguns locais fica limitado. Este fato será detalhado mais adiante.

Foram realizados registros fotográficos de cada uma das escolas de acordo com sua localização no interior da bacia hidrográfica (**Figura 14**), para diferenciar as estruturas físicas que apresentam cada um destes educandários.



**Figura 14:** Imagem da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Mirim, com fotografia das escolas localizadas no seu interior.

**Fonte:** LANDSAT, organização Sidiney Glória 2012

Ainda assim, as quatro primeiras escolas, situadas mais a jusante na bacia são as que possuem facilidade de acesso, pois, as mesmas contam com serviço de transporte fluvial por lanchas coletivas. Estas conduções realizam viagens regulares para as comunidades de Nossa Senhora de Fátima, Livramento, Ebenezer Julião, São Sebastião até Agrovila Amazonino Mendes.

Os “canoeiros”, como são conhecidos pelos comunitários os trabalhadores que fazem o transporte para estas comunidades, estão organizados em duas agremiações, Associação dos Canoeiros da Marina do Davi e Fátima (ACAMDAF) e a Cooperativa dos Marítimos da Marina do Davi (COPMARD), que prestam serviços com viagens regulares para essas comunidades.

No caso das comunidades de São Sebastião e Agrovila Amazonino Mendes, por se localizarem no trecho mais a montante da bacia, as dificuldades de acesso do serviço de transporte coletivo aumentam, gradativamente,

conforme diminui o volume de água na bacia. As lanchas que prestam serviços de transportes para as associações, no período de águas baixas, não fazem mais viagens com a mesma frequência para estas duas comunidades, devido à distância e também os riscos eminentes nessa época do ano.

Assim, confirmando o que já foi mencionado anteriormente, quando os níveis dos igarapés vão diminuindo, as dificuldades de transporte e acesso vão aumentando nessas duas comunidades. Em tempos de águas altas as lanchas fazem, em média, quatro viagens diárias”; quando a água começa a baixar, estas viagens são reduzidas, gradativamente, conforme o rio vai baixando até que o serviço seja suspenso por completo no período de águas baixas.

Na Escola Raul Pompeia, situada na parte superior da bacia é onde se detectaram os maiores problemas de acesso. As lanchas que fazem o transporte coletivo para as comunidades supracitadas, nunca chegam até o local onde está situada esta escola.

Por conta da localização, os efeitos das oscilações hidrológicas anuais são percebidos, primeiramente, neste local e quando há uma antecipação no evento do ciclo hidrológico na bacia, as aulas são paralisadas antes do tempo previsto, comprometendo, assim, o calendário escolar.

Em face ao exposto, todas as demais escolas possuem lanchas padronizadas com exceção da Raul Pompeia, que no período de cotas baixas utiliza motor “rabeta” no transporte dos seus alunos.

Contudo, os condutores das lanchas das escolas que receberam embarcações padronizadas, têm dificuldades em manobrá-las, pois as mesmas possuem calado incompatível, o que dificulta as manobras.

Além das questões supracitadas encontram-se as obstruções causadas pela vegetação de igapó, que em muitos trechos a montante se torna mais densa, isso impede que tipo de embarcações com cobertura adentrem nesses trechos.

Portanto, estas escolas são de difícil acesso. Necessitam de alternativas que viabilizem o acesso de seus alunos e professores em detrimento às especificidades locais. No entanto, ainda não foram apresentadas alternativas consistentes, que contemplem todas as problemáticas apresentadas na locomoção dos discentes da zona rural do Município de Manaus.

Todas as escolas envolvidas nesse estudo, até o ano de 2011 iniciavam suas rotas no porto da Marina do David, próximo à praia da Ponta Negra; as lanchas do transporte escolar conduzem também os professores e diretores das escolas.

A partir da aquisição das lanchas mais potentes aumentaram as despesas com combustível. Desta maneira, foram firmados acordos entre as escolas, com o propósito de reduzir gastos, já que o combustível fornecido pela secretaria é exclusivo para o transporte dos alunos.

Assim, se estabeleceu que dadas as características de proximidade entre duas escolas, ambas compartilhassem uma única lancha para condução dos docentes e que em dias alternados fossem revezadas as mesmas para evitar sobrecarga e desgaste nas máquinas.

É importante destacar que a estrutura das novas lanchas (**Figura 15**) que servem ao transporte escolar é boa, porém, as maiores dificuldades ficam por conta das variações hidrológicas e das especificidades do local em questão, as quais as novas lanchas não se adéquam.



**Figura 15:** lanchas fornecidas pelo FNDE em convênio com a prefeitura de Manaus. Cerimonial de entrega em 2010. Local: sítio Recanto dos Curiós, Tarumã-Açu.

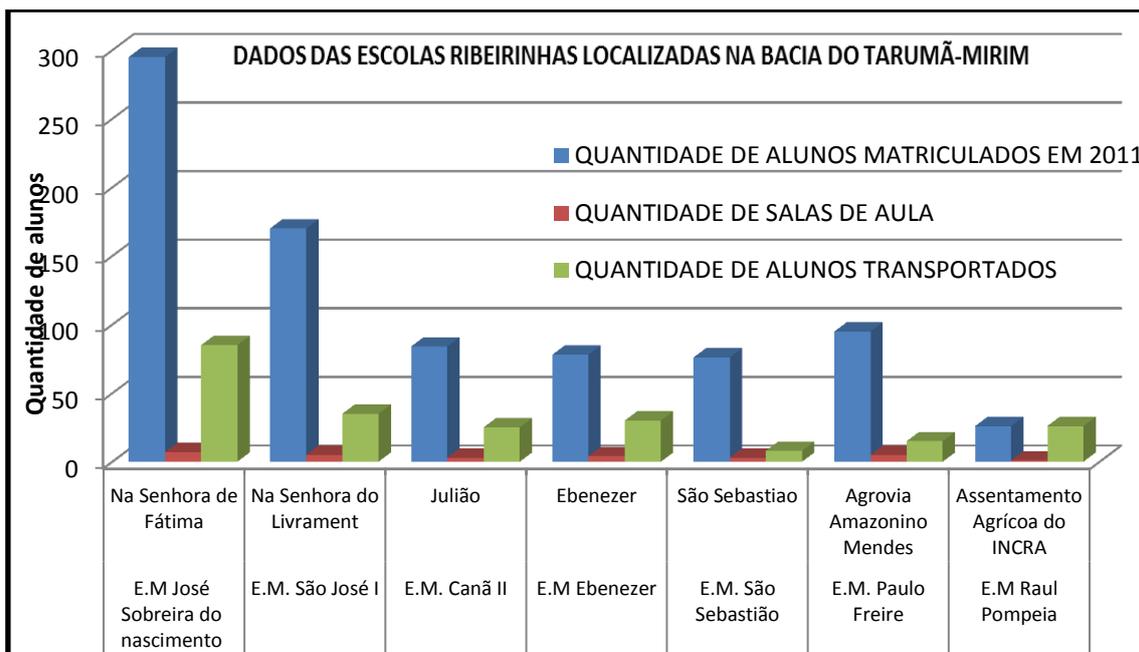
No ano de 2011, as escolas da bacia do Tarumã-Mirim atenderam o total de 824 alunos distribuídos nas sete escolas da rede municipal de ensino, dos quais 224 utilizaram o transporte para acessar as salas de aula (**Tabela 02**)

ESCOLAS	COMUNIDADE	QUANT. DE ALUNOS MATRICULADOS EM 2011.	QUANT. DE SALAS DE AULA.	QUANT. DE ALUNOS TRANSPORTADOS.
E.M José Sobreira do nascimento	Nª Senhora de Fátima	295	7	85
E.M. São José I	Nª Senhora do Livramento	170	5	35
E.M. Canaã II	Julião	84	3	25
E.M Ebenezer	Ebenezer	78	4	30
E.M. São Sebastião	São Sebastiao	76	3	8
E.M. Paulo Freire	Agrovila Amazonino Mendes	95	5	15
E.M Raul Pompeia	Assentamento Agrícola do INCRA	26	1	26
<b>Total de alunos</b>		<b>824</b>	<b>28</b>	<b>224</b>

**Tabela 02:** Total de alunos matriculados por escola em 2011 nas Escolas Municipais comunidades localizadas na bacia do Tarumã-Mirim.

Para efeito de comparação, a escola que apresenta melhor infraestrutura é também, a que recebeu maior quantidade de alunos em 2011 (**Gráfico 02**), trata-se da Escola José Sobreira do Nascimento, já mencionada. Essa escola possui 07 salas de aula e atendeu 295 alunos em, dos quais 85 utilizaram o transporte escolar.

Os 210 estudantes que não utilizam o transporte escolar, moram no entorno da comunidade Nossa Senhora de Fátima e deslocam-se, diariamente, em longas caminhadas, pois a área ribeirinha não possui transporte terrestre para os educandários.



**Gráfico 01:** Dados referentes às escolas localizadas na bacia do Tarumã-Mirim

A escola que possui menor infraestrutura, a Raul Pompeia atendeu 26 alunos neste ano, onde todos utilizaram o transporte escolar. Esta condição deve-se a localização da referida escola, pois, a mesma, ao contrário das demais, situa-se em uma área onde não há comunidade no entorno. Tal escola foi implantada no ano de 2008, para atender aos filhos de agricultores do assentamento do INCRA. Primeiramente, como anexo da escola Paulo Freire, destinada a atender os alunos das séries iniciais de 1º ao 6º ano do ensino fundamental.

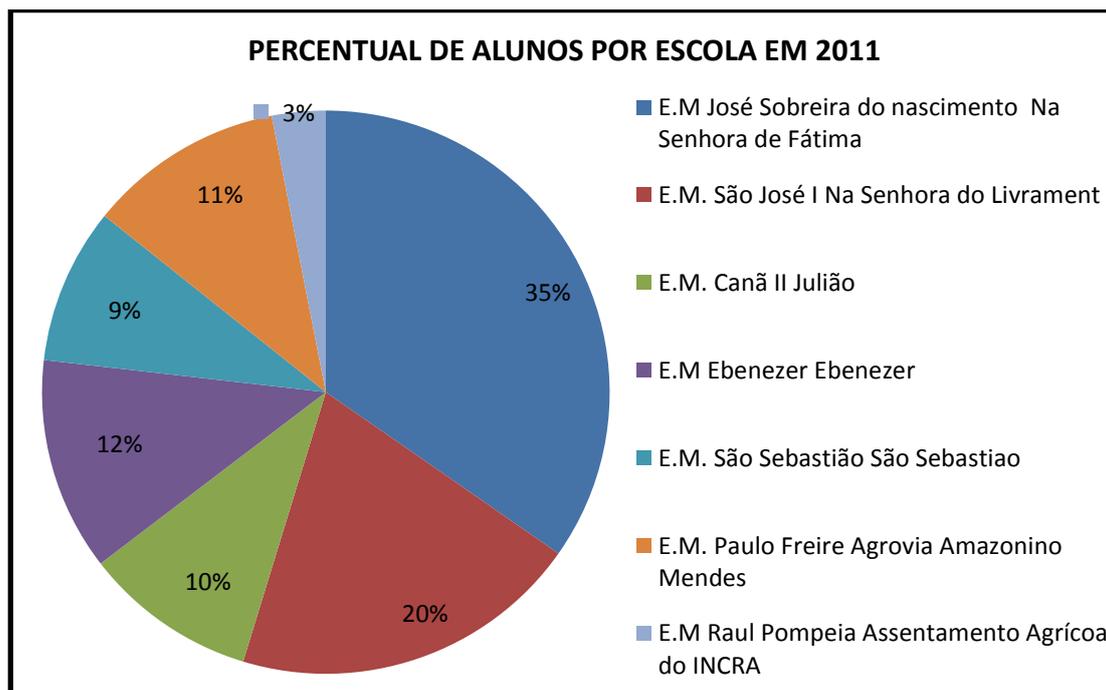
As escolas José Sobreira do Nascimento e São José I, situadas nas dependências das comunidades de Nossa Senhora de Fátima e Livramento, respectivamente, dispõem de melhor infraestrutura, devido às proximidades com Manaus; este local dispõe de posto de saúde com atendimento diário e comércio mais estruturado.

As escolas da margem esquerda também podem ser acessadas via estrada, BR 174, Km 21, ramal do Pau Rosa, que por sua vez, dá acesso ao ramal da Cooperativa dos agricultores do Tarumã-mirim até o Igarapé do Paulista onde está localizada a Escola Raul Pompeia, local utilizado para a instalação da ETM.

O referido ramal ainda oferece acesso às comunidades de São Sebastião, Ebenezer e Nossa Senhora de Fátima. Tais comunidades, apesar de

contarem com acesso secundário, os trechos tornam-se distantes e dispendiosos devido à distância e as más condições dos ramais.

Observa-se a seguir (**Gráfico 03**) a distribuição, em percentual, de alunos por escolas. É nítida a tendência de diminuição da quantidade de alunos, conforme as escolas distanciam-se da cidade de Manaus, esse fato está relacionado às dificuldades de acesso.



**Gráfico 02:** Percentual de alunos matriculados em 2011 nas escolas do Tarumã-Mirim

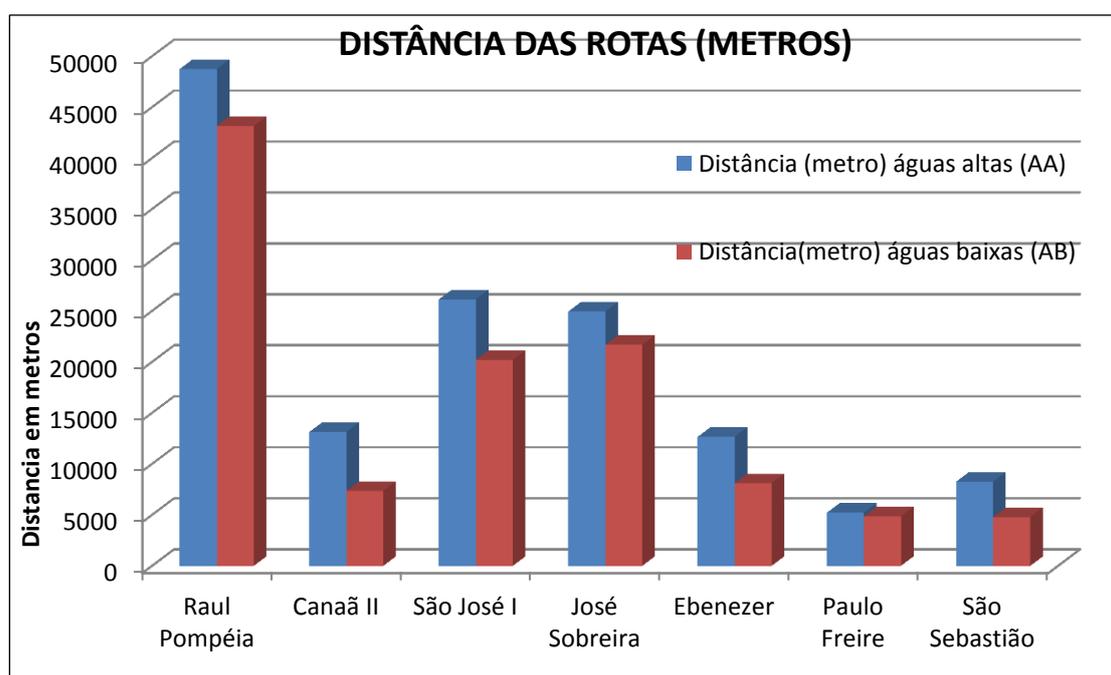
As escolas que apresentam menores distâncias para o acesso por via fluvial são as mesmas que apresentam maiores distâncias no acesso por via terrestre, pois o acesso por estrada se dá de forma inversa ao fluvial. Ademais, aquelas localizadas à margem do Tarumã-Mirim, são específicas para atender às comunidades ribeirinhas, ou seja, as famílias que residem nas margens dos rios. Para o atendimento das pessoas que residem nas comunidades não ribeirinhas, existem as escolas rurais que contam com outro tipo de transporte.

### 6.1.1 Análises das rotas de transporte escolar no Igarapé Tarumã-Mirim.

Os resultados de análises das rotas percorridas pelas embarcações das escolas apontam que houve crescimento significativo dos percursos no período

em que as cotas dos igarapés encontravam-se com seus níveis altos, ou seja, o transporte torna-se mais acessível aos alunos neste tempo.

Em algumas escolas os percursos das rotas aumentam, pois as lanchas realizam trajetos maiores. No entanto, no período de águas baixas, as lanchas ficam impedidas de adentrar em determinados pontos, onde somente pequenas embarcações conseguem chegar, ainda assim com dificuldades. Desse modo, os percursos das escolas apontam as rotas, em metros, nos dois períodos do ano, em cada uma das sete escolas em estudo (**Gráfico 01**).



**Gráfico 03:** Distâncias médias percorridas pelas rotas nos períodos de águas baixas e altas

Para os resultados referentes ao período utilizam-se as iniciais “AB” para águas baixas e “AA” para o período de águas altas.

O resultado do gráfico mostra que os maiores percursos são realizados pelas escolas Raul Pompeia 48.749 m, “AA” e 43.153 “AB” respectivamente, há, portanto, um decréscimo em sua rota em tempos de “AB” motivado pelo impedimento de acesso do transporte devido os igarapés tornarem-se estreitos e rasos, da mesma forma as rotas das escolas São José I que percorre 26.126 m “AA” e 20.206 m em “AB”, também apresenta decréscimo no período de “AB”. Em seguida aparece à escola José Sobreira do Nascimento, que percorre 24.943 m e 2.1674 nos respectivos períodos. Na sequência aparece a escola Canaã II com 13.126 e 7.359 m, respectivamente; em seguida a escola

Ebenezer com 12.660 m e 8.106 m, São Sebastião 8.271 m e 4.800 m e por ultimo a escola Paulo Freire com 5.224 m e 4.863 m.

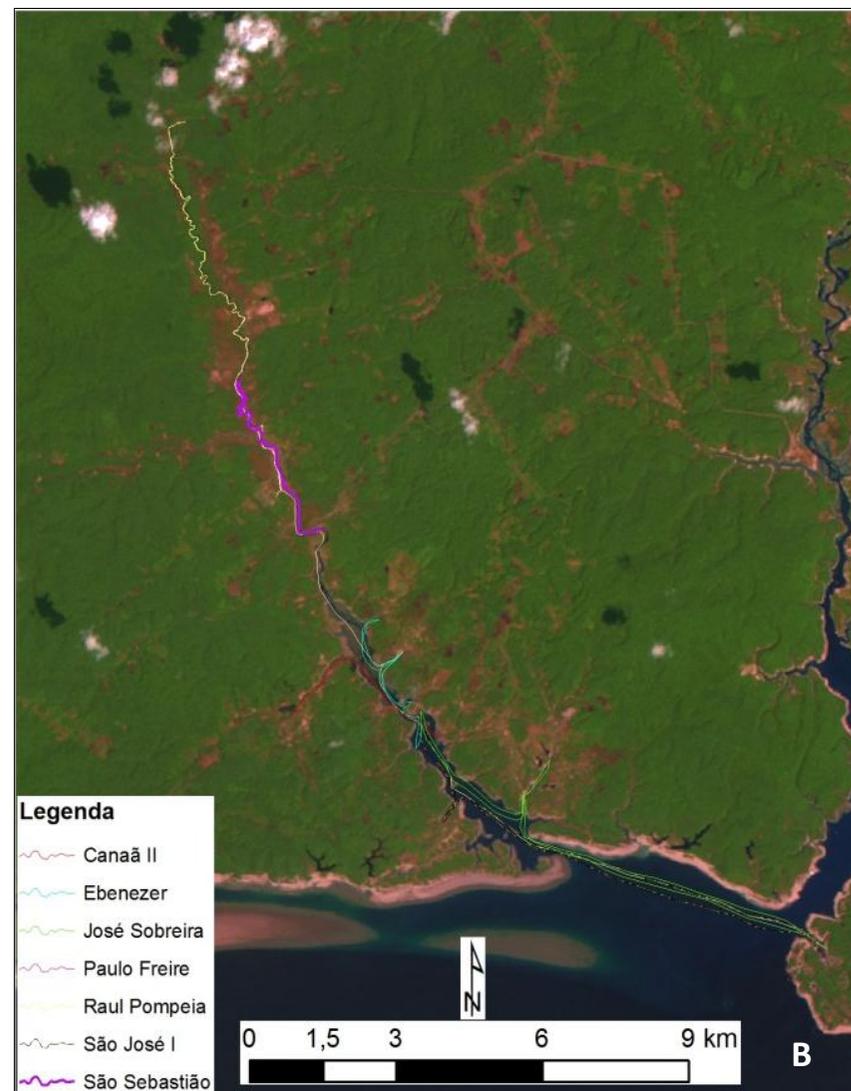
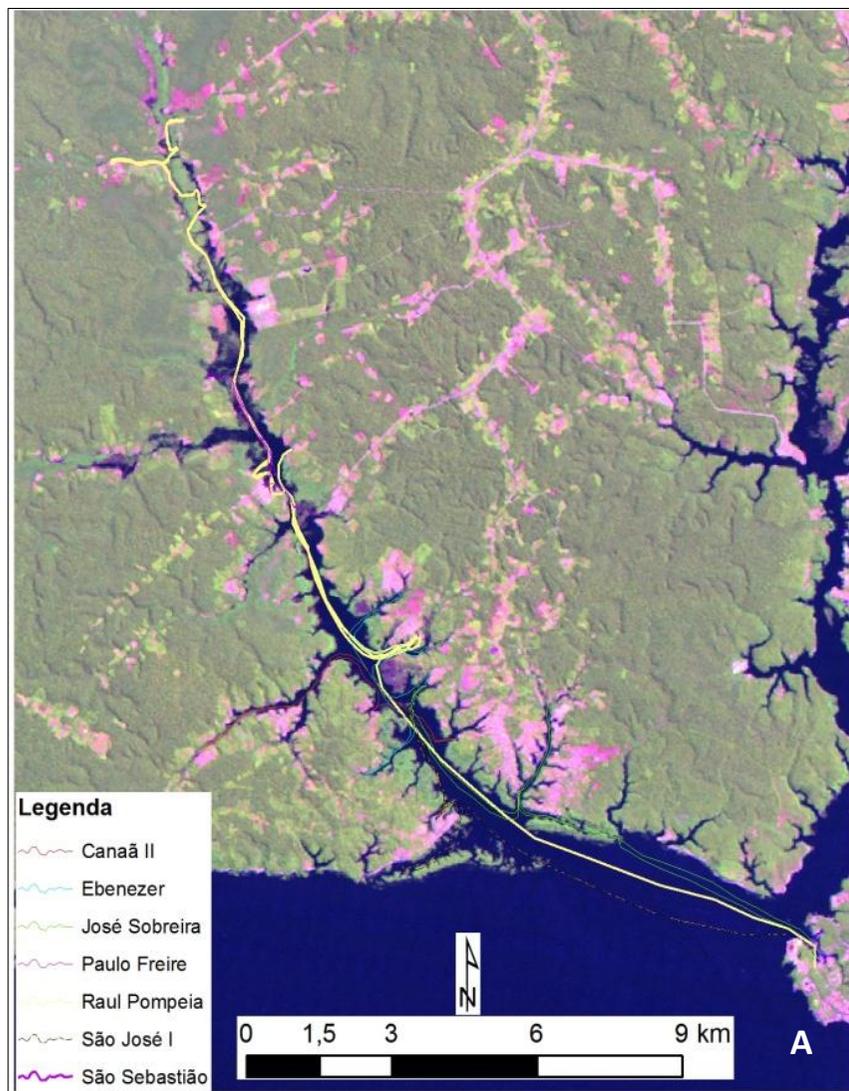
As rotas do transporte escolar apresentam variações de trajeto de acordo com o seu posicionamento na da bacia hidrográfica

### **6.1.2 As rotas do transporte escolar e sua variabilidade no ciclo hidrológico.**

As escolas rurais ribeirinhas da Bacia do Tarumã-Mirim, objeto de investigação por parte deste estudo, atendem um público, onde todos os anos no período de águas baixas têm o acesso restrito.

Assim, todas as rotas diminuem no período AB, no entanto, isso gera outra dificuldade para os alunos chegarem à escola, pois eles têm que percorrer, muitas vezes, por longa distância em trilhas sem sinalização ou a bordo de pequenas canoas que com dificuldades conseguem romper os obstáculos encontrados nos igarapés, tais barreiras são vencidas diariamente, muitas das vezes com ajuda dos alunos que arriscam a próprios vida, descendo das embarcações, como foi mostrado anteriormente.

As imagens LANDSAT dos períodos “AB” e “AA” apontam as diferenças no traçado de todas as rotas escolares dispostas nas mesmas figuras em ambos os períodos de modo que as visualizações dos polígonos estão diferenciadas por cores distintas representando cada uma das escolas demonstrando os percursos realizados pelas lanchas do transporte dos alunos (**Figura 16 A e B**).



**Figura 16:** Traçado das rotas do transporte escolar nos dois períodos, A) no período de enchente, mês de julho 2006 e B) no mês de setembro 2010. Fonte INPE LANDSAT, bandas 3,4 e5

As imagens 15 A, (AA) e 15 B (AB), mostram as rotas das escolas em cores e períodos distintos, para ter uma visão geral e melhor entendimento do que já foi relatado. Para cada escola, criaram-se polígonos das rotas sobre as imagens georreferenciadas, nas figuras acima, juntaram-se todas as rotas sobrepostas, porém, não se consegue distinguir claramente os traçados relacionados a cada escola.

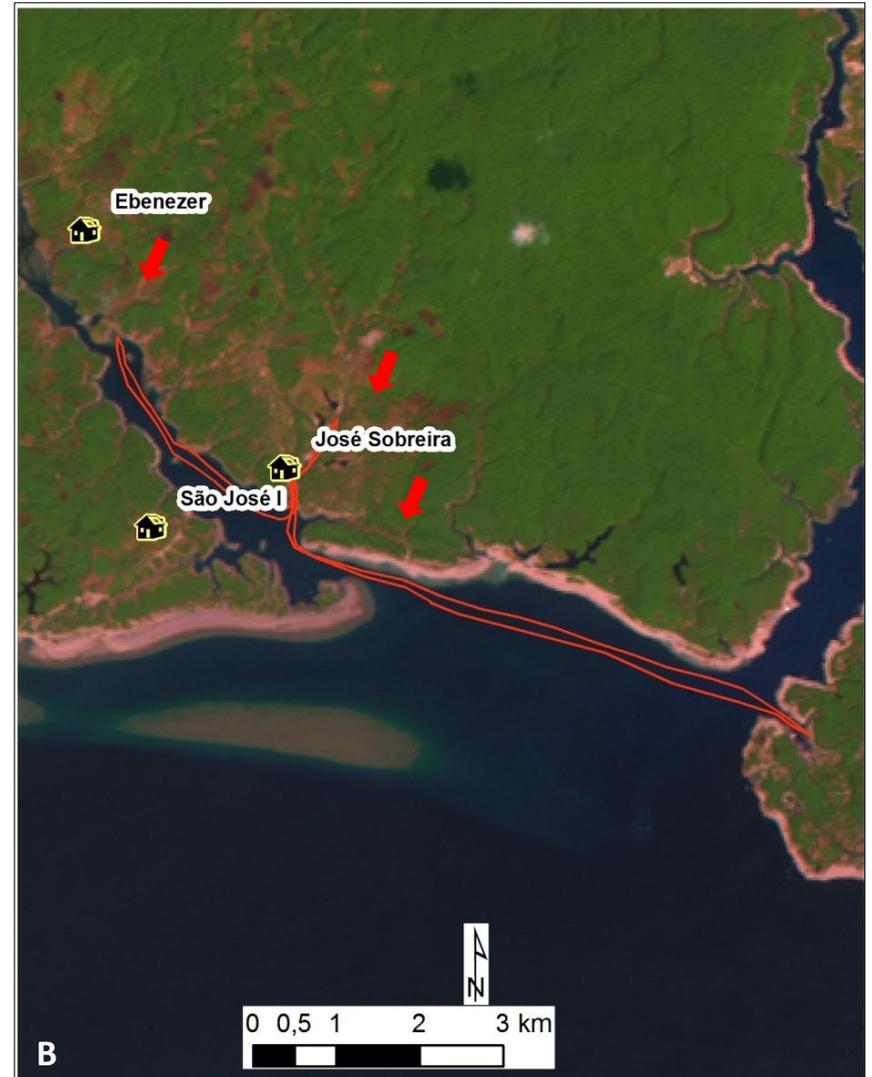
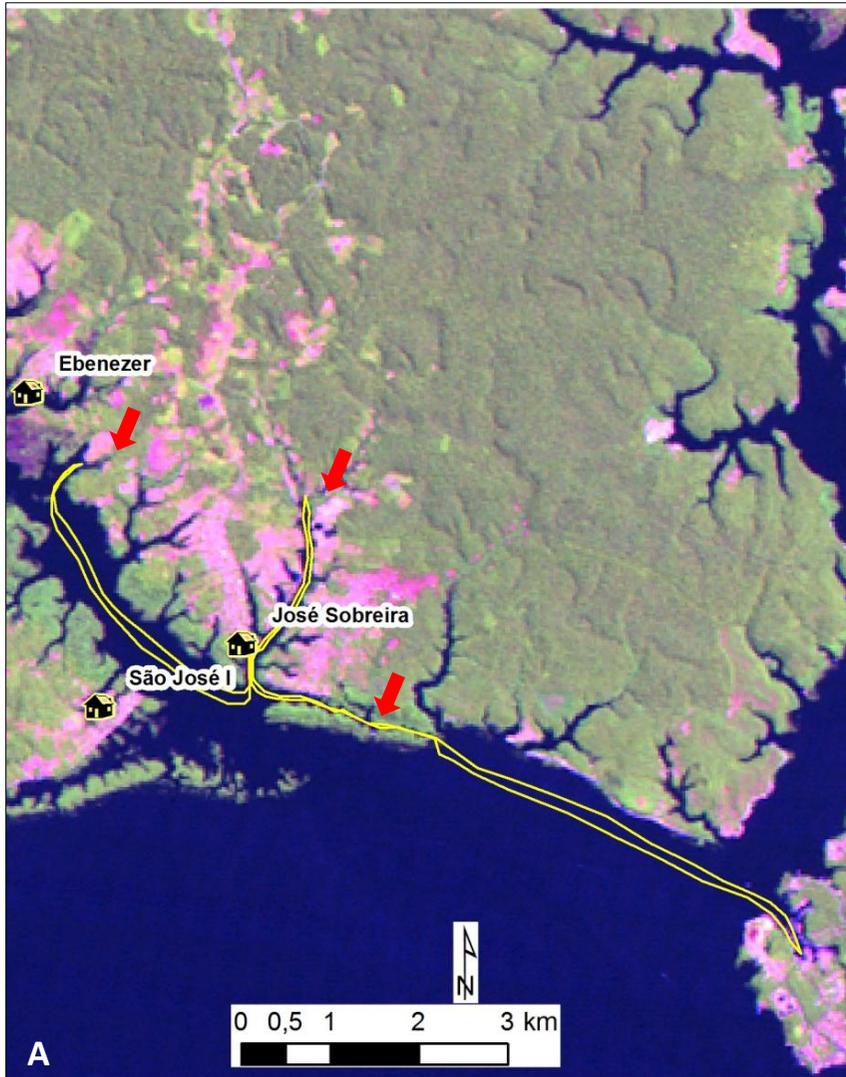
Nas imagens (**Figuras 17 a 22**), apresentam-se as rotas individualizadas por escola para melhor visualização e comparação aos períodos distintos do ciclo hidrológico.

Para diferenciar as trilhas das rotas, separadas por cada escola, se adotou somente duas cores nos polígonos, amarelo para representar o período AA (**Figuras A**) e vermelho representando o período oposto AB (**Figuras B**), assim, possibilitando visualizar os contrastes nos contornos dos traçados das trilhas, bem como, quantificar em percentuais as diferenças das distâncias percorridas de cada uma delas.

A primeira rota avaliada, pertence à Escola Municipal José Sobreira do Nascimento, esta escola, como já foi mencionado, é uma das maiores dentre as sete presente na localidade da bacia do Tarumã-Mirim e apresenta as melhores condições de acesso.

Dessa forma, tal diferença esta relacionada com alguns canais que durante AB, não tem acesso possível, geralmente, se tratam dos leitos tributários da bacia que são bloqueados pela descida das águas, enquanto que no período AA, permitem o livre acesso e as lanchas podem ainda usar alguns atalhos.

As imagens (**Figura 17 A e B**) apresentam tais variações na rota da referida escola, as setas vermelhas apontam as principais alterações nos percursos mencionados, mostram ainda, alguns atalhos usados no período de águas altas.



**Figura: 17:** Rota da Escola Municipal José sobreira do Nascimento, A, período AA e B período AB Setas vermelhas mostram a utilização de atalhos no período “AA” e durante o período “AB” a impossibilidade de suas utilizações.

Durante o período de AA (**Figura 17 A**) o percurso aumenta, porém, o tempo para realização de tal percurso diminui devido às embarcações manobrem com maior rapidez nos igarapés, pois, os mesmos ficam mais largos e com maior volume de água.

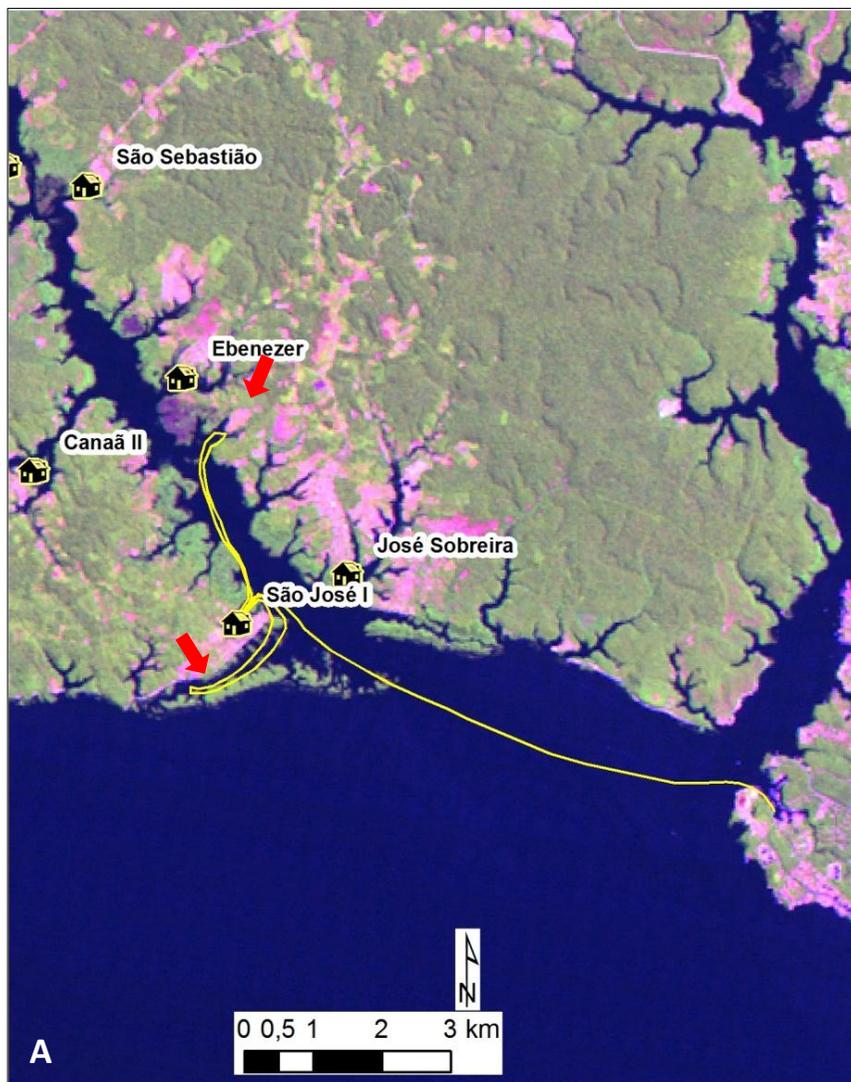
No caso específico da escola José Sobreira a lancha ainda tem que realizar duas viagens a mais no porto da Marina do David, pois a mesma atende alunos filhos de trabalhadores que residem em casas flutuantes no entorno daquela marina.

Na sequência, apresentam-se as rotas da escola São José I (**Figura 18**). Neste percurso observa-se que o aumento na trajetória do período em que a bacia apresenta cotas elevadas está, relacionado em dois pontos principais indicados pelas setas vermelhas.

Durante o período de recessão do rio os alunos percorrem esse trecho até a escola, caminhando por longas trilhas sem nenhuma segurança, expostas aos riscos de serem picados por animais peçonhentos, além do mais o cansaço faz com que os mesmos percam a concentração, comprometendo, assim, o rendimento durante as aulas.

Na bacia do Tarumã-Mirim as distâncias para serem percorridas caminhando durante o período (AB), tornam-se um problema, além disso, o solo fica encharcado causando atoleiros e dificultando à caminhada.

A escola municipal São José I, é a segunda escola em atendimento e quantidade de alunos. Em 2011 atendeu 170 alunos distribuídos nas séries do ensino fundamental. Este educandário, assim como o primeiro, atende alunos que residem em casas flutuantes na Marina do David, o que faz com que as lanchas naveguem mais de duas vezes por dia nesse percurso (**Figura 18 A e B**).



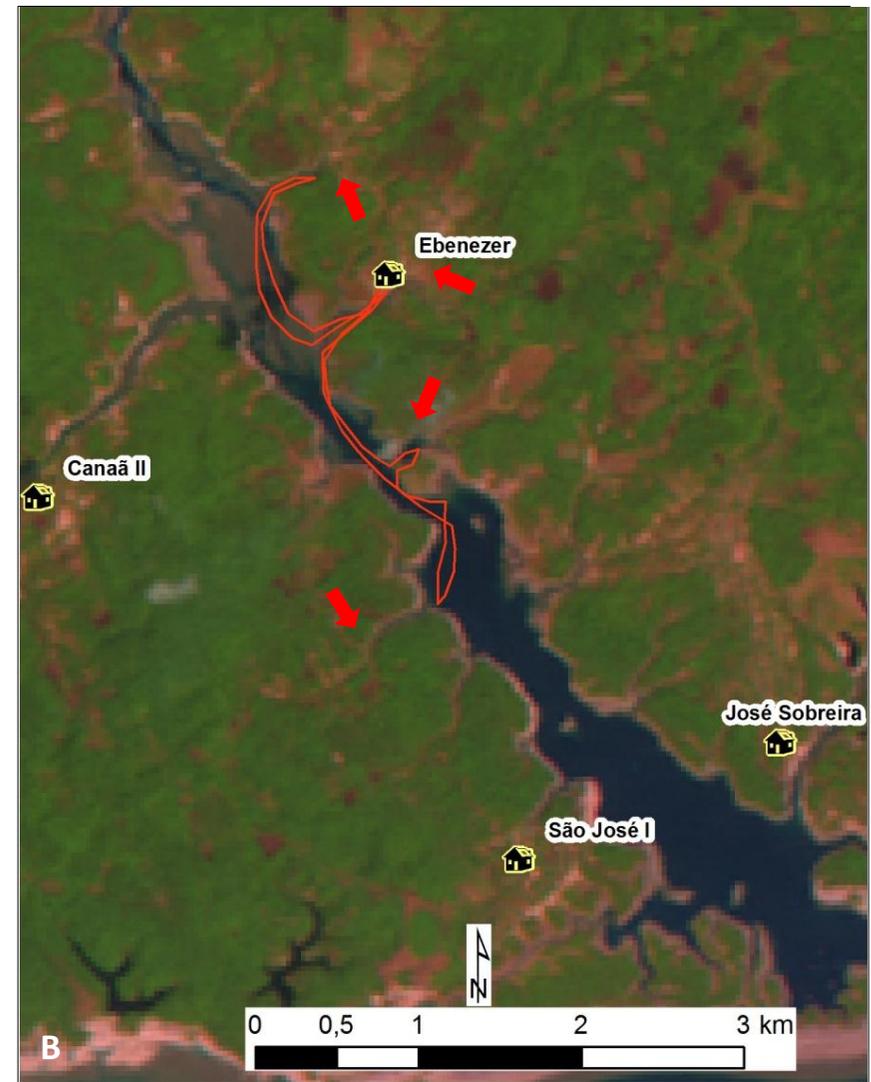
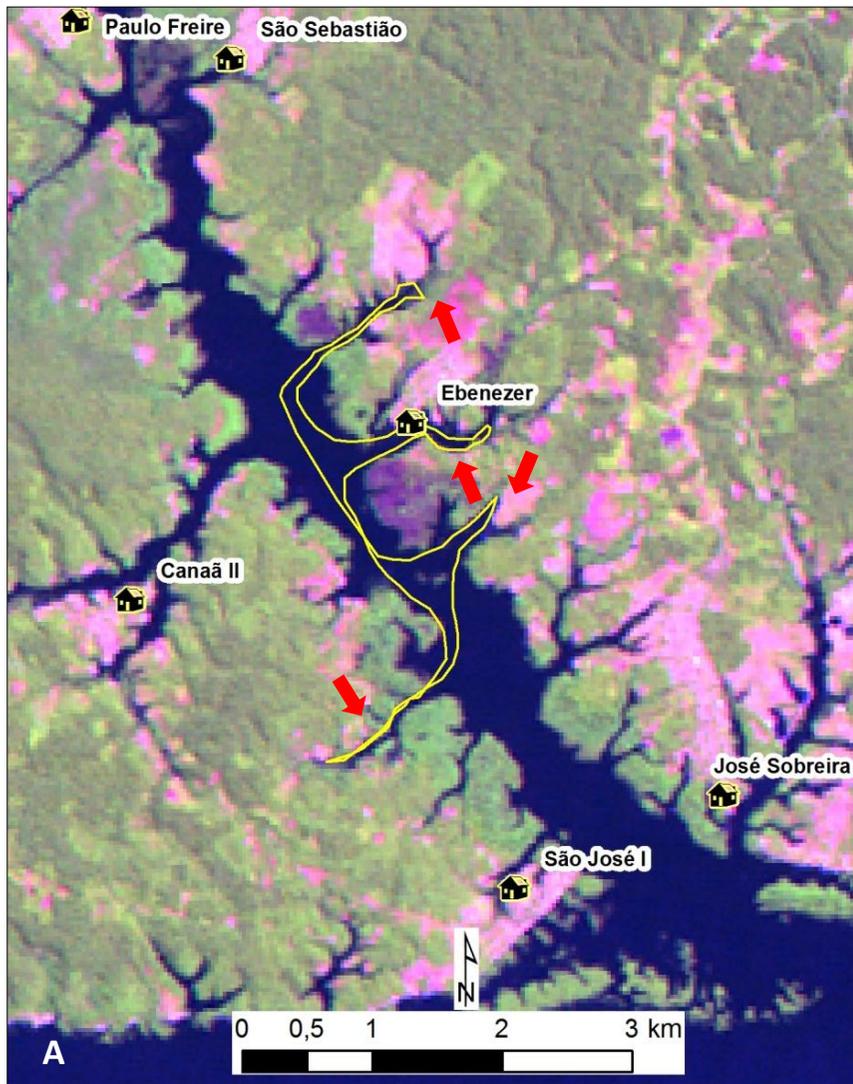
**Figura 18:** Rotas da Escola Municipal São José I. A) período AA e B) período de AB. As setas vermelhas mostram pontos que são deixados de adentrar durante o período AB.

A próxima rota escolar a ser apresentada é a de acesso à escola Ebenezer (**Figura 19**), situada na comunidade do mesmo nome, no médio curso da bacia. É uma escola de porte médio para os padrões locais. Suas diferenças nos percursos das rotas de transporte escolar, também apontam crescimento no período “AA” (**Figura 19 A**). Porém, na vazante ocorrem maiores dificuldades para os alunos chegarem até o porto de embarque da lancha; os problemas são os mesmos mencionados anteriormente para as outras rotas.

Com todas as dificuldades encontradas no transporte escolar da área ribeirinha de Manaus, esta escola atende a um aluno com necessidades especiais, que conta com a contribuição da equipe de professores, alunos na sua locomoção. No período de águas baixas, a locomoção deste aluno torna-se muito complicada, devido a falta de adequação das lanchas e das escolas para receber este tipo de clientela.

Nas imediações da escola Ebenezer não é possível chegar com as lanchas no período de AB, o transporte é realizado por embarcações menores do tipo “rabetá”, que não proporcionam segurança aos usuários, se caso houver persistência por parte das escolas, no uso das embarcações maiores, certamente ocasionarão prejuízos, com danos às máquinas e custos com reposição de peças e manutenção.

É possível identificar em alguns trechos demarcados pelas setas vermelhas (**Figura 19 A e B**) que apontam os locais onde são mais evidentes esses cortes nas rotas de um período em relação ao outros, todas essas extensões que as lanchas deixam de percorrer, tornam-se trechos de caminhada a serem percorridos pelos alunos, como se mencionou anteriormente.

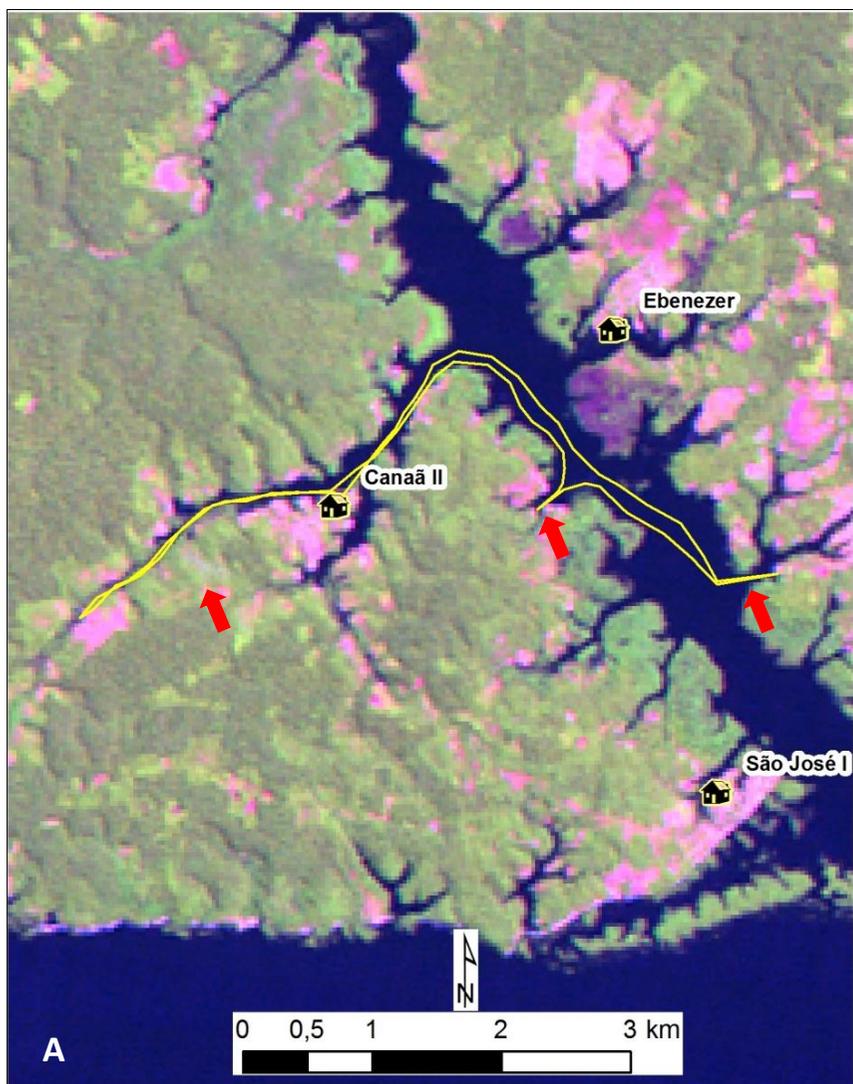


**Figura 19:** rotas da Escola Municipal Ebenezer. A) AA e B) período AB. Setas vermelhas indicam as diferenças dos percursos entre um período e outro.

A escola Canaã II (**Figura 20**), posicionada no médio curso da bacia, também sofre consideráveis alterações no traçado de suas trilhas de acesso fluvial. Vale destacar, que em todas as rotas evidenciam-se percursos que são suprimidos no período de águas baixas.

As rotas da escola Canaã II (**Figura 20 A e B**) são as que mais apresentam diferenças nos seus traçados entre os dois períodos.

Os trechos das trilhas suprimidos são aqueles percorridos por embarcações menores, quando há condições ou, muitas vezes, tornam-se caminhos em área de terreno molhado, a ser percorrido a pé, o que causa fadiga aos alunos. Ademais, o canal principal da referida bacia torna-se raso, aumentando o número de pequenos acidentes com as embarcações. Há, portanto, alguns trechos de afloramento de rochas, que se tornam uma ameaça para a segurança da navegação.



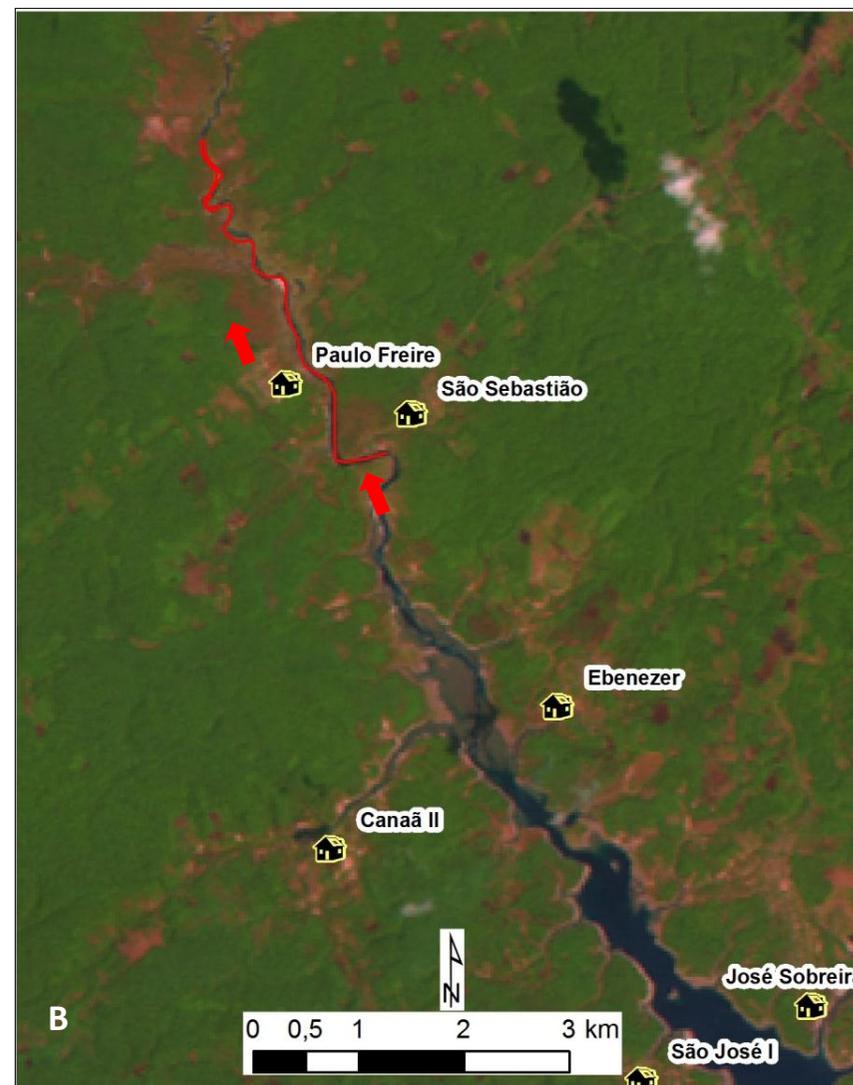
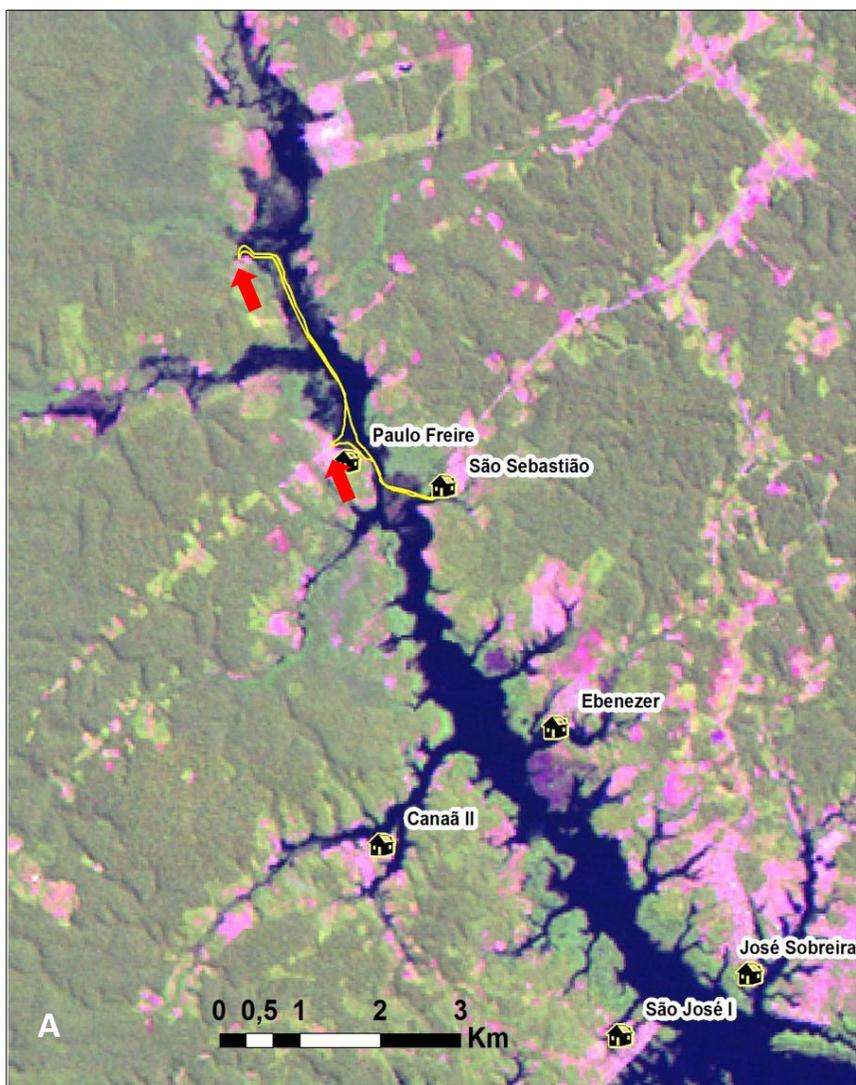
**Figura 20:** Rota da Escola Municipal Canaã II A) período AA, B) período AB. As setas vermelhas indicam os percursos suprimidos entre os períodos distintos.

As rotas para a escola São Sebastião (**Figura 21 A e B**) apresentam uma supressão no trecho inicial durante “AA” em relação às AB. Isso ocorre devido ao surgimento, neste período, de um caminho alternativo que faz com que as lanchas o utilizem como atalho, na tentativa de diminuir o tempo de percurso e economia de combustível.

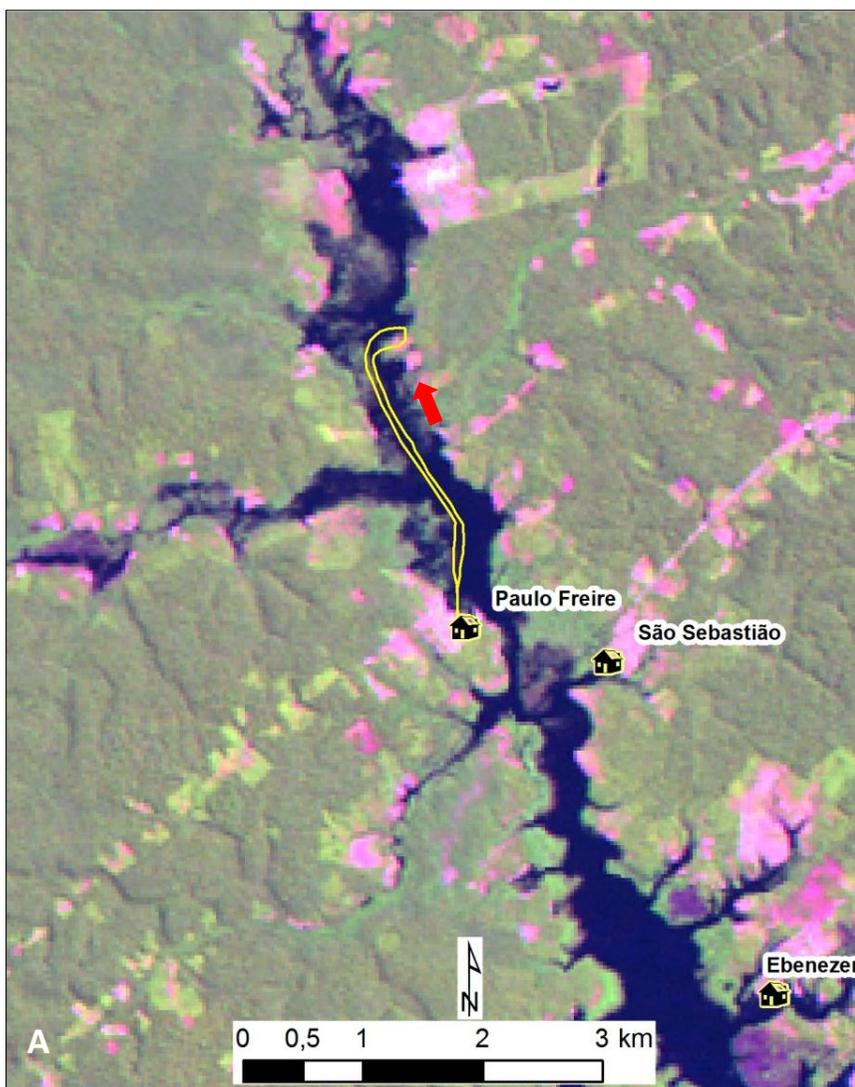
A escola Paulo Freire (**Figura 22 A e B**) também apresenta um pequeno aumento no percurso no período AA, comparadas às trilhas registradas na ocasião “AB”.

Já a escola Raul Pompeia (**Figura 23 A e B**), apesar de representar a maior rota em relação às demais já apresentadas, mostra um pequeno aumento em relação ao período “AB”.

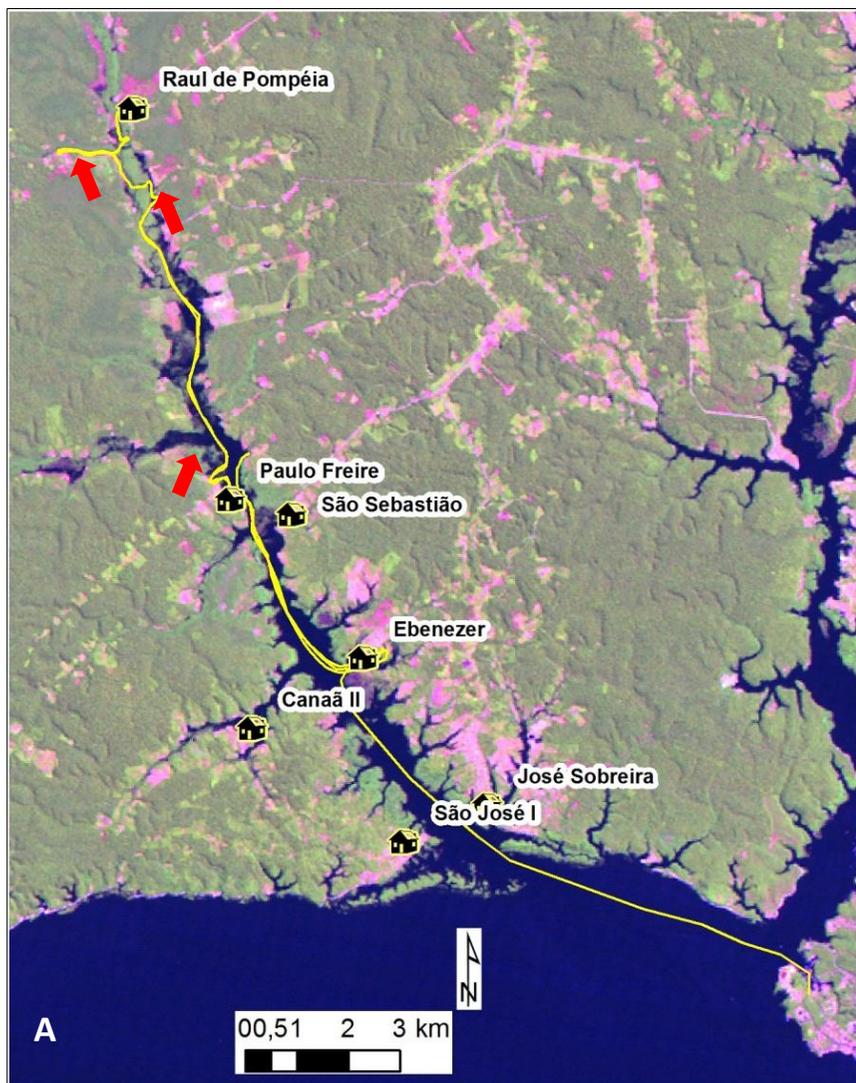
No entanto, as escolas posicionadas à montante da referida bacia, tais como São Sebastião, Paulo Freire e Raul Pompeia são as que mais cedo apresentam limitações quanto ao acesso. Em meados do mês de setembro e início de outubro, a situação começa a ficar crítica para a realização das rotas do transporte escolar, isso faz com que a Secretaria de Educação por meio da Gerência do Distrito Regional Educacional VII, fique em alerta quanto à antecipação do término das aulas. Muitas vezes é necessário encerrar as atividades escolares em meados de setembro, o que compromete a carga horária escolar de alguns educandários.



**Figura 21:** Rota da Escola Municipal São Sebastião A) indica o período AA e B indica no período de AB, setas vermelha indicam os pontos de maiores diferenças entre as duas.



**Figura 22:** Rota da Escola Municipal Paulo Freire, A) indica período AA e B) período de AB seta vermelha indica a principal mudança entre um período e outro.



**Figura 23:** Rotas da Escola Municipal Raul Pompeia as setas vermelhas indicam alguns percursos modificados nos períodos distintos AA e AB

As escolas São Sebastião e Paulo Freire – comunidades São Sebastião e Agrovila Amazonino Mendes revelam os menores percursos nas suas rotas. Esta informação é comprovada na comparação de todas as rotas e suas diferenças em relação aos períodos opostos (**Tabela 03**)

ESCOLAS	ÁGUAS ALTAS *AA (METRO)	ÁGUAS BAIXAS **AB (METRO)	DIFERENÇAS ENTRE “AA” E “AB” EM %
Raul Pompeia	48.749	43.153	11%
Canaã II	13.126	7.359	44%
São José I	26.126	20.206	23%
José Sobreira	24.943	21.675	13%
Ebenezer	12.660	8.106	33%
Paulo Freire	5.224	4.863	7%
São Sebastião	8.271	4.800	42%
<b>Total em metros</b>	<b>139.099</b>	<b>110.162</b>	

**Tabela 03:** Distâncias das rotas em metro em períodos distintos e suas diferenças em percentual. \* AA (Águas altas) e \*\*AB (Águas baixas).

Nos traçados das trilhas percebe-se uma redução nos percursos durante o período de “AB” em média de 25% em relação ao período de AA. Na primeira coluna da tabela apresentam os nomes das escolas; na segunda coluna mostra as distâncias percorridas em metros, no período de AA; a terceira coluna mostra as mesmas informações da segunda em período de AB; a quarta e a última coluna da tabela mostram as diferenças em percentual das diferenças das rotas em relação aos dois períodos.

Como visto, ocorrem variações nas rotas de transporte escolar na bacia do Tarumã-Mirim em períodos distintos e que essas variações fazem com que todos os percursos aumentem no período de AA e diminua no período de AB para tais percursos chegam a aumentar em 44%.

A análise deste estudo consiste em avaliar essas variações em função do ciclo hidrológico com os dados de pluviosidade e cotas. Com as informações das réguas e pluviômetro fornecidos pela ETM, foi possível chegar aos resultados apresentados em seguida.

O presente estudo mostra, na sequência, a análise da variabilidade hidrológica na bacia do Tarumã-Mirim, para justificar as diferenças nas rotas de

acesso às escolas desta localidade e, ao mesmo tempo, identificar os períodos mais críticos que impossibilitam o transporte escolar, para que sejam evitados, e, assim, planejar o recesso escolar estabelecendo o período de férias dos alunos, sem que os mesmos sejam prejudicados nos períodos legalmente estabelecidos por lei, ou seja, 800 h/ano por pelo menos 200 dias letivos.

Os resultados aqui apresentados são oriundos de observações realizadas em uma estação hidrométrica instalada e operada para esta pesquisa. Nesta localidade, foram coletados dados pluviométricos e fluviométricos e analisados na sequência.

## **6.2 Análises de dados da Estação Hidrométrica do Traumã-Mirim (ETM) para o ano de 2011 e suas relações com o regime hidrológico do Rio Negro.**

Da análise realizada nos dados de cota da estação instalada na bacia para as finalidades deste estudo percebeu-se a existência de quatro períodos distintos (**Tabela 4 e gráfico 4**) durante todo o período de observações. Estes momentos foram identificados como domínios em função do que se observou como característica mais importante na definição de cada um dos 4 comportamentos observados mostrados nas análises realizadas com os dados obtidos pelas réguas da estação fluviométrica da ETM (**Tabela 04**)

Períodos	Mínimas	Médias	Máxima	Datas	Quantidade de dias em cada período
1º Período	83	163	244	21/01 a 22/03/11	76
2º Período	230	434	638	23/03 a 23/06/11	94
3º Período	638	353	68	24/06 a 10/09/11	79
4º Período	143	98	53	11/09/11 a /21/01/12	117

**Tabela 04:** Cotas da ETM 2011 (cm), dividido em 04, período para diferenciar comportamento do ano hidrológico.

Conforme se pode observar no gráfico 04, no primeiro domínio o igarapé, recebe influência mista, tanto do regime do Rio Negro, quanto do regime pluviométrico que ocorre no interior da bacia do Tarumã-Mirim; o segundo quando o regime local é inteiramente dominado pelo volume d'água do Rio Negro, corresponde ao período de enchente; o terceiro momento quando as águas do Rio Negro começam recuar e aliviar a pressão sobre as águas da bacia do Tarumã-Mirim e o quarto e último domínio ocorre quando o nível das réguas da ETM está sendo totalmente controlado pelo regime local. Para o ano em questão, o comportamento da cota a partir do início da coleta no dia 21/01/2011 até o dia 22/03/2011, apresentou oscilações crescentes de pequenos picos de cheia intercalados com vários repiquetes em nível local. Estes repiquetes chegaram a apresentar uma variação de até dois metros de amplitude, no entanto, o nível do igarapé, não retornava ao mesmo nível. Esse movimento ocorre com constância e com níveis em ascensão, gerando a permanências de água dentro da bacia.

As informações mencionadas na tabela 04 podem ser conferidas no gráfico 4 onde são nítidas as variações e o momento em que se dividem os períodos das cotas mencionados na referida tabela.

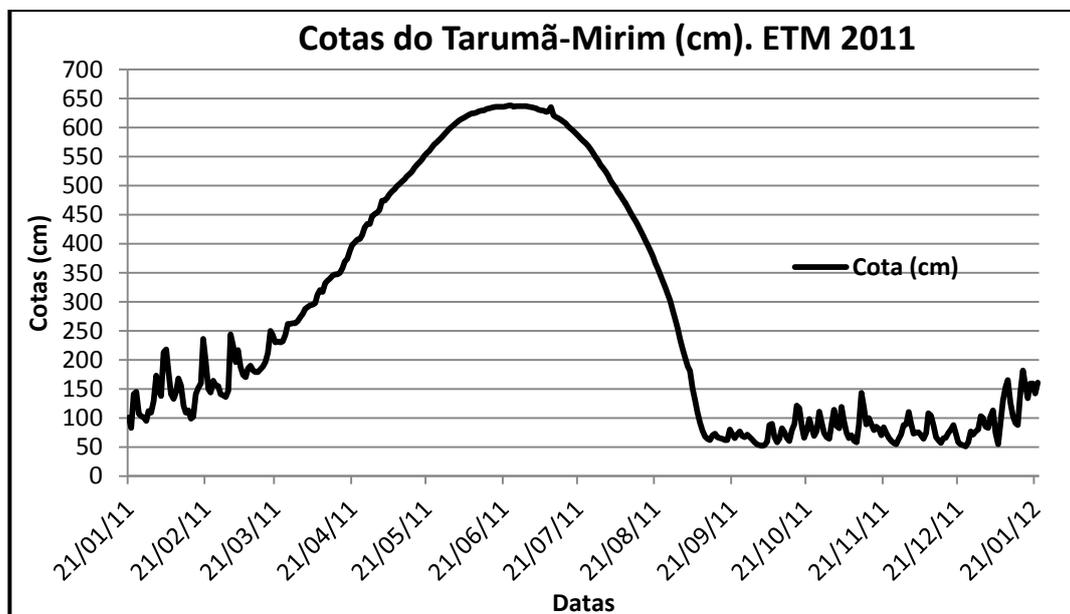


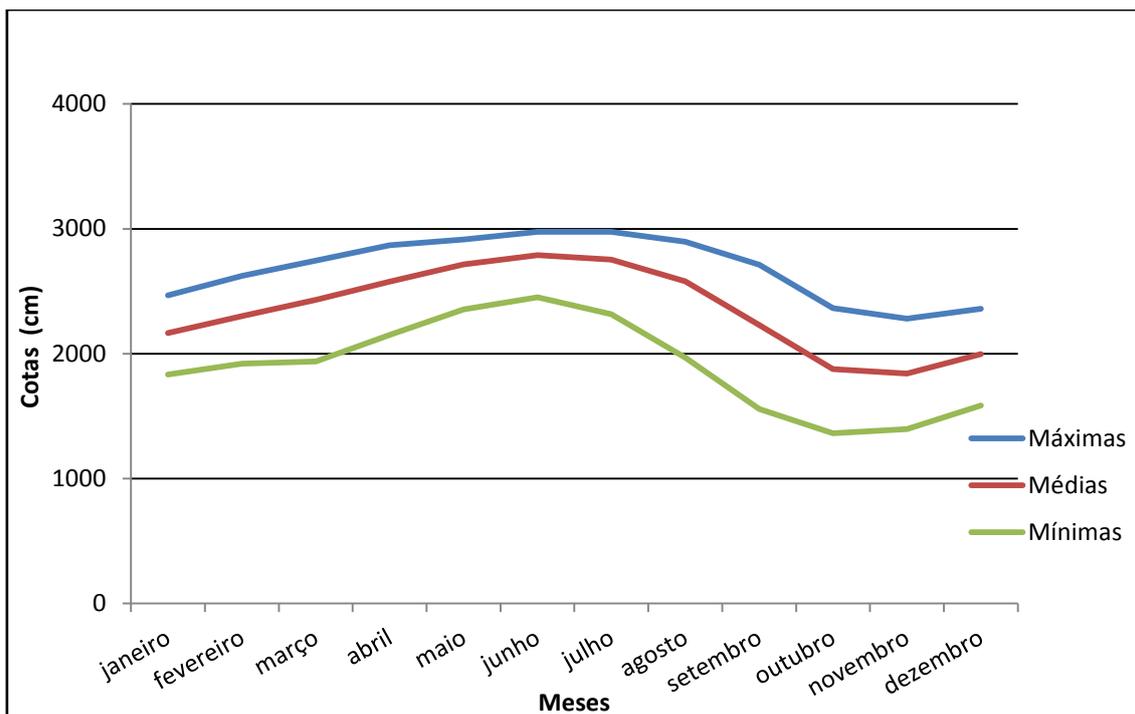
Gráfico 04: Dados fluviométricos da estação ETM referente ao ano de 2011

No segundo momento, do dia 22 de março até o dia 23 de junho percebeu-se a diminuição das oscilações; começa então, uma subida abrupta,

seguida por um breve período de estabilidade que durou aproximadamente quinze dias, mantendo-se com a cota máxima do dia 15 a 30 de junho; daí em diante começa, então, a descida das águas de forma acentuada, caracterizando o terceiro momento, formando assim, uma linha quase que paralela com o eixo Y do gráfico. Este período teve início no final do mês de junho e durou até o dia 10 de setembro, quando a cota retorna ao nível da primeira régua, começando então o quarto momento, onde se percebe que parece ser o nível de base local.

Neste período o nível de base do Tarumã-Mirim se percebe em meio a pequenos repiques que podem chegar a mais de um metro de oscilação. Este momento se estendeu até, aproximadamente, o dia 06/01/2012 quando esses picos de cheia começam a se comportar de forma crescente, assim como, no início do monitoramento das cotas, reportado anteriormente. Este comportamento crescente na cota fluviométrica, registrado na estação ETM, está relacionado aos primeiros sinais de influências do volume do Rio Negro ocasionando o efeito de barramento hidráulico, mencionado anteriormente.

Assim, as observações dos dados da ETM, comparados com as cotas do porto de Manaus que mostram as mínimas, médias e máximas mensais durante os últimos trinta anos (1981 a 2011) do Rio Negro, registrado na estação do Porto de Manaus (**Gráfico 05**), demonstram que os três primeiros meses de todos os anos apresentam crescimento no nível d'água, este movimento ocorre até o fim do mês de maio durante o mês de junho podendo se estender até julho quando o nível do Rio Negro atinge o seu ponto máximo.



**Gráfico 05:** Cotagrama com as médias das máximas, médias das médias e médias das mínimas interanuais do Rio Negro na estação de Manaus para os últimos 30 anos (1981 a 2011).

De julho em diante, nos meses de agosto e setembro ocorre o movimento de descida das águas (vazante). Durante este período observou-se que este movimento ocorre de forma mais acelerada em comparação ao movimento de subida das águas (enchente), este comportamento pode estar relacionado ao alívio da pressão do peso da água do Rio Solimões em relação ao Rio Negro e conseqüentemente acontece o mesmo em relação à bacia do Tarumã-Mirim.

### 6.2.1 O regime pluviométrico e sua variabilidade na região da alta bacia do Tarumã-Mirim (ETM).

Os resultados dos dados pluviométricos comparados aos fluviométricos coletados na ETM serviram para mostrar a dinâmica interna, que ocorre na bacia do Tarumã-Mirim, bem como, a influência que o volume de água do Rio Negro juntamente com a pluviosidade exercem sobre o lugar onde foi instalada a sessão de réguas linimétricas.

A análise dos dados de pluviosidade resultantes de um ano ininterrupto de monitoramento na Bacia do Tarumã-Mirim forneceram elementos (**Tabela 05**) para a construção do gráfico 06 que mostra um resumo dos resultados do

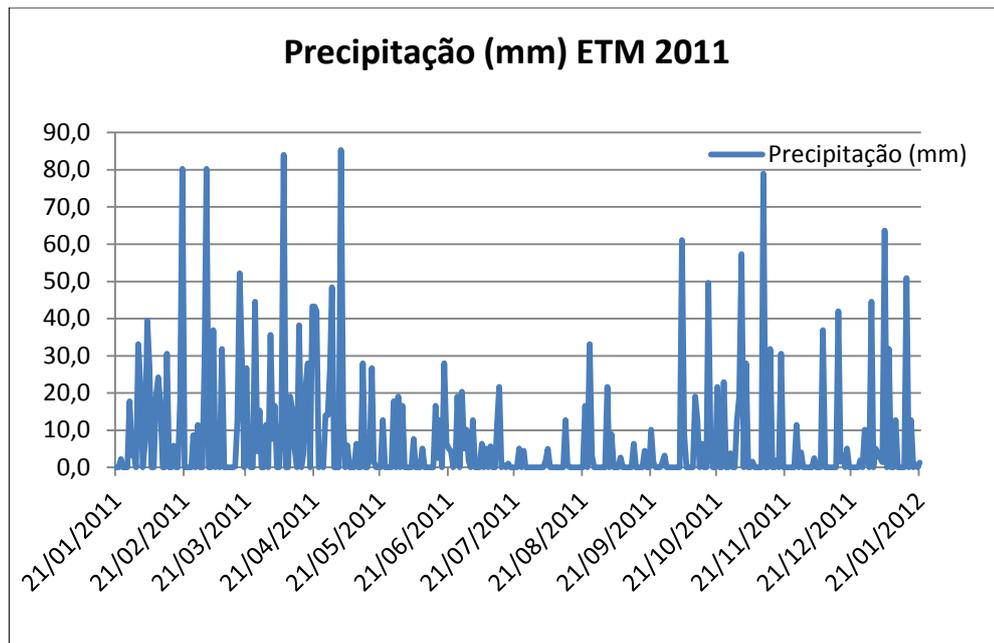
período de 21/01/2011 a 21/01/2012. Tais dados foram coletados com uso de pluviômetro simples na estação ETM, os equipamentos foram instalados nas proximidades da Escola Raul Pompéia. As informações são apresentadas em milímetros (mm).

PLUVIOMETRIA DURANTE O ANO 2011 ETM				
Períodos	Chuva total (mm) períodos do ano	Datas	Quant. de dias por período	% de chuva por período
1º período	696,2	21/01 a 21/3/2011	60	25%
2º período	1187,9	22/03 a 27/09/2011	190	44%
3º período	826,1	28/09 a 21/01 2012	116	31%
Total	2.710,2		366	100%

**Tabela 05:** Dados pluviométricos da ETM no ano de 2011, separados em três períodos.

Assim, na primeira coluna da tabela estão os três períodos distintos, percebidos no tratamento dos dados realizados em planilha eletrônica de cálculo; na segunda coluna estão as quantidades de precipitação em mm de cada período do ano e o total para 2011; a terceira coluna apresenta os intervalos das datas para cada um dos diferentes períodos, a quarta coluna apresenta a quantidade de dias que marcaram cada um dos períodos e na quinta coluna a distribuição de chuva por período, em percentual em relação ao total.

As informações apresentadas a seguir (**gráfico 06**) estão relacionadas à pluviosidade no período de 21/01/2011 a 21/01/2012 e servem para melhor elucidar as informações contidas na tabela 05 onde foram identificados de forma bem distintas os três períodos mencionados.



**Gráfico 06:** Dados de pluviosidade (mm) da ETM em 2011

Como acima destacado e considerando o ano civil, observam-se três domínios: O primeiro que vai do mês de janeiro até abril, com duração, de 60 dias. Conforme já mencionado a tabela 05 representa o tempo que choveu 25% do total no período estudado. O segundo momento, apesar de mais extenso com cerca de 160 dias, vai do mês de abril até o mês outubro, representa 44%, do total de chuva do período. Já o terceiro momento, com aproximadamente 116 dias, foi de meados de outubro até quase o final de janeiro de 2012. Esta temporada representa um percentual em torno de 31% do total levantado no período. Nesta divisão percebe-se que o período que mais choveu, corresponde ao segundo, ou seja, de março a junho.

Os dados de pluviosidade são comparados a seguir com as cotas obtidas das réguas da estação ETM, apresentadas a seguir para que sejam analisados e identificados os momentos em que as influências das chuvas ocorrem de forma mais acentuada sobre o nível do igarapé, ou seja, o quanto as chuvas locais interferem na dinâmica hidrológica da bacia.

### **6.2.2 Análise das cotas na ETM e sua variabilidade no período de estudo.**

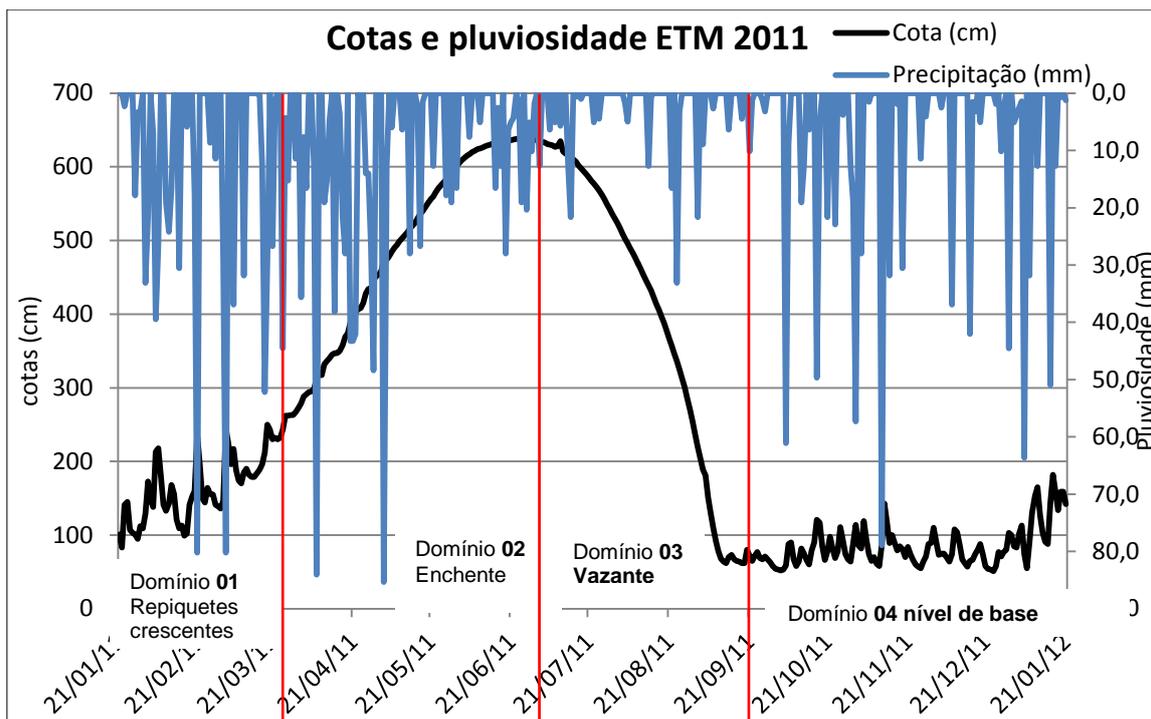
Ocorrem diferenças no comportamento hidrológico na ETM e que tais diferenças são influenciadas, principalmente, por duas forças distintas conforme descrito a seguir.

Primeiramente no período em que as cotas do Rio Negro estão baixas, o trecho à montante da bacia que corresponde a um domínio específico, ou seja, ocorrem oscilações no nível de base do Tarumã e um controle interno do regime pluviométrico sobre o fluviométrico.

No segundo momento, quando as águas do rio Negro começam a exercer pressão na bacia do Tarumã, ocorre maior retenção e acumulação do volume de água precipitada, têm-se então, um domínio misto; nesse momento a ETM recebe influência tanto do Rio Negro quanto da pluviosidade local.

Assim, nos primeiros meses do ano quando os índices pluviométricos aumentam consideravelmente na região, percebe-se que esses pequenos picos de cheia se comportam de maneira crescente em uma linha de tendência onde pode ser observada a influência da cota do Rio Negro não deixando de receber ainda influência interna da Bacia do Tarumã, provavelmente dada a precipitação local, percebido na comparação dos gráficos abaixo.

No terceiro momento, quando as águas do Rio Negro adentram boa parte do baixo curso do igarapé do Tarumã-Mirim, perdem-se completamente os sinais de contribuição pluviométrica, ou seja, os repiquetes tornam-se muito fracos, praticamente, desaparecem nesse momento. A partir de então, as cotas da ETM são totalmente controladas pelo regime do rio Negro (**Gráfico 07**).



**Gráfico 07:** Dados fluviométricos e pluviométricos os três traços vermelhos servem para separar os domínios diferenciados registrados na ETM 2011.

Comparando-se o gráfico da figura 7 com dados do nível do Rio na estação de Manaus, para o mesmo período, se percebe a influência do Rio Negro sobre seu afluente o Igarapé Tarumã-Mirim. Esta influência se faz presente e, sobretudo, nos meses de março a abril e posteriormente de setembro a outubro. Vale lembrar que as informações descritas nesse gráfico são válidas somente para o ano de 2011.

O quarto período ocorre na recessão das águas, quando o volume de chuva diminui consideravelmente e o Rio Negro começa a baixar refletindo diretamente no nível da ETM. Como a bacia do Tarumã-Mirim tem menor proporção que a do Rio Negro é natural que as suas águas recuem mais rápido.

Assim em decorrência da influência do nível de água do Rio Negro em relação ao Tarumã-Mirim, neste momento os reflexos pluviométricos são percebidos mais rapidamente, isso se reflete nas medidas registradas nas réguas da ETM, principalmente no trecho à montante da bacia, onde os leitos tornam-se mais estreitos durante o período de águas baixas, tais oscilações são mais frequentes, pois o Rio Negro pouco, ou quase nada influencia na cota das águas do Tarumã-Mirim durante este tempo.

O comportamento acima descrito reflete o efeito de barramento hidráulico descrito por Meade *et al.* (1991), Laraque *et al.* (2009) e Filizola *et al.*,(2009) para as cotas dos grandes rios amazônicos e para as vazões. No entanto, é a primeira vez que se registra o efeito de barramento na bacia do Tarumã-Mirim e em especial sua variação durante um ano completo.

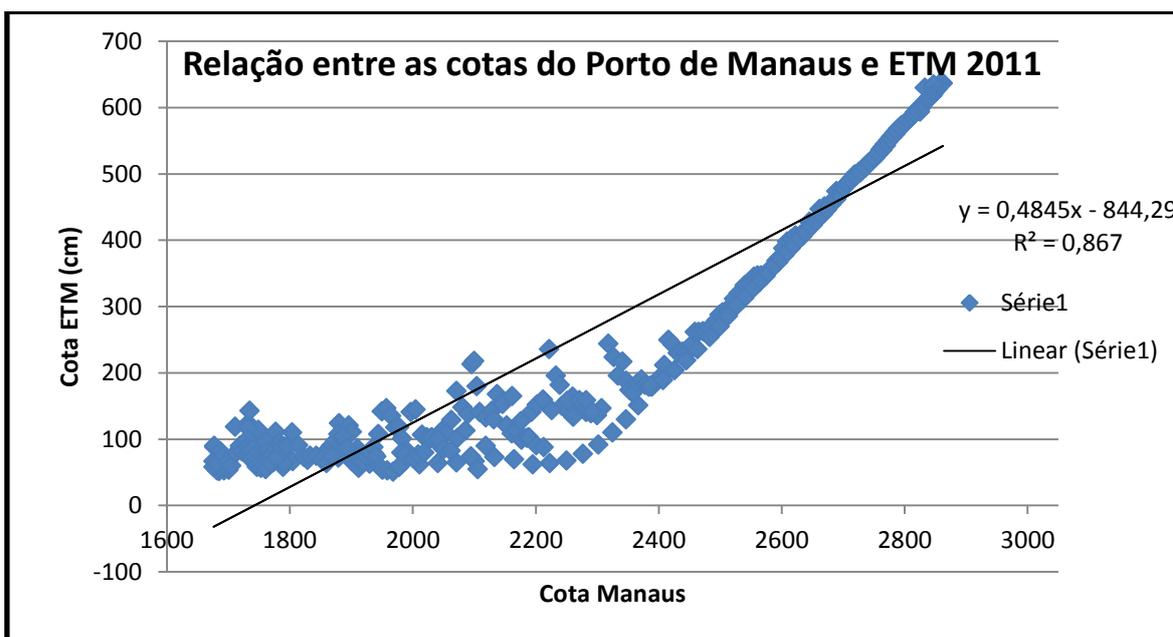
### **6.2.3 Análise das relações entre as cotas na ETM e a série de dados de Estação hidrométrica de Manaus.**

As informações apresentadas até o momento não seriam suficientes para se identificar um padrão hidrológico para a bacia do Tarumã-Mirim, sendo que o Rio Negro controla as cotas da bacia do Tarumã durante um período considerável, em torno de 6 meses dependendo do volume de águas interior do mesmo, esse tempo de permanência de domínio, pode variar para mais ou para menos.

Vale lembrar que as cotas do Rio Negro, no porto de Manaus, também recebem influencia do rio Solimões por meio do mesmo efeito de barramento hidráulico, mencionado por Meade (1991).

Na busca de obter volume de informação adicional que permitisse a elaboração de um calendário escolar hidrológicamente justificado para as unidades educacionais localizadas na bacia do Tarumã-mirim e sabendo da influência que a mesma recebe do Rio Negro sobre suas cotas, buscou-se através da regressão linear, uma lei que ao identificar uma relação entre os dois cursos d'água, possibilitasse por meio de uma equação simples a geração de uma série de dados de cota para a ETM a partir dos dados de 30 anos da série histórica registrada na estação do porto de Manaus.

Primeiramente tentou-se aplicar a regressão linear simples onde se obteve coeficiente de determinação igual a 0,86, o que significa uma boa relação entre as duas estações, no entanto, a série de dados da estação ETM do período de um ano comparado com os trinta anos da estação do porto de Manaus escondia detalhes importantes, como as oscilações que diferenciam o comportamento hidrológico em períodos distintos já mencionados anteriormente percebidos visualmente no comportamento hidrológico da Bacia do Tarumã-Mirim (Gráfico 08).

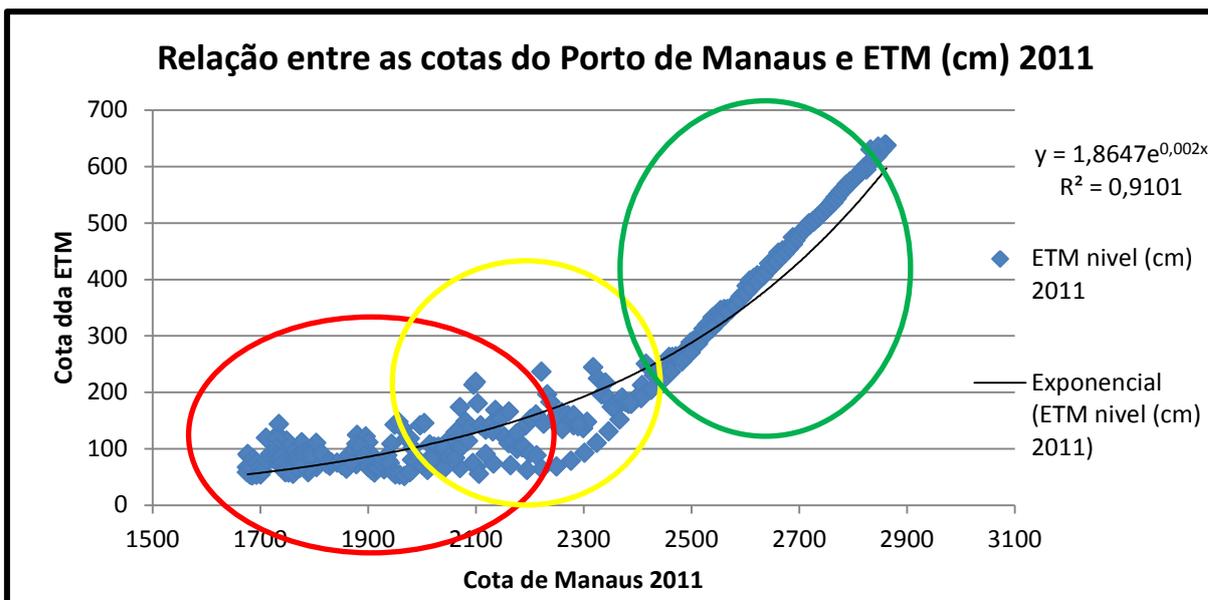


**Gráfico 08:** Regressão linear simples das cotas do porto de Manaus e ETM 2011.

A aplicação de uma regressão exponencial gerou um coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,91$ . Deste modo e em face da existência do efeito de barramento hidráulico com os diferentes domínios, uma relação do tipo  $Y = a \cdot c^{bx}$ , representa melhor a relação entre as duas estações, apesar de ambas serem cotas.

$$Y = a \cdot c^{bx} \quad (02)$$

A equação que apresentou melhor ajuste, portanto, foi o do tipo exponencial (**Gráfico 09**), pois, pode-se perceber a ocorrência de alterações em períodos distintos do ano hidrológico, comprovando o que já havia sido constatado na análise anterior quando se compara os dados de chuva em relação às cotas.



**Gráfico 09:** Análise de regressão exponencial de dados fluviométricos da ETM e do porto de Manaus referente ao ano de 2011.

Existe uma relação onde às cotas da estação ETM são explicadas em cerca 91% pelas variações observadas na estação do porto de Manaus. O restante, ou seja, 9% correspondem à dinâmica das oscilações internas com influência da pluviosidade, no momento em que a bacia do Tarumã não apresenta relação direta com as cotas de Manaus.

Utilizou-se a equação 03 resultante da regressão, já destacada, para criar uma série de dados ampliada para a ETM, apoiando-se nos dados de cota da estação de Manaus para os últimos 30 anos, período mínimo recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1994), para estudos hidrológicos. Com uma série de 30 anos para a estação ETM foram obtidos os cotogramas de mínimas, médias e máximas diárias históricas.

$$Y = 1,8647e^{0,002x} \quad (03)$$

Para comprovar as informações obtidas anteriormente, foram comparados os dados de cota do período de 21/01/2011 a 21/01/2012, de ambas as estações mencionadas. Foi observado um coeficiente de correlação com valor igual a 0,93 (**Tabela 06**) Esse coeficiente demonstra alta correlação entre as duas estações principalmente em dois períodos.

Trechos	Datas dos trechos	Coefficiente de correlação(r)
1 período	21/01/2011 a 22/03/2011	0.69
2º período	23/03/2011 a 23/06/2011	0.99
3º período	26/06/2011 a 10/09 2011	0.99
4º período	11/09/2011 a 21/01/2012	-0.19
Anual	21/01/2011 a 21/01/2012	0,93

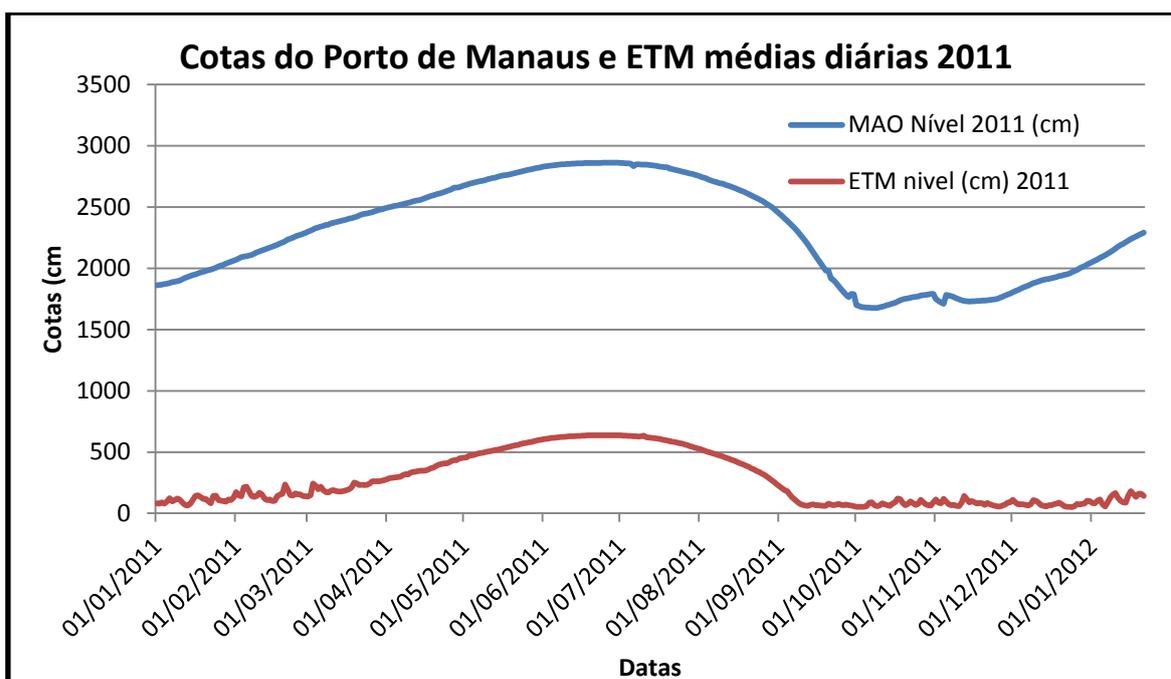
**Tabela 06:** coeficiente de correlação de dados do porto de Manaus e ETM, por períodos do ano hidrológico.

Observado as cotas da ETM, divididas por períodos, pode-se constatar que o primeiro momento aponta o coeficiente de correlação moderada, 0,69 nesse momento a cota do Tarumã recebe influência mista, tanto do regime interno quanto externo, do Rio Negro.

No segundo e terceiro período foram observados altos coeficientes de uma estação e outra. Isso ocorre devido o domínio hídrico do Rio Negro exercer domínio sobre a do Tarumã-Mirim, este período entende-se como, o momento em que a bacia em questão, passa por processo de enchente e vazante, quando sua cota hidrológica é determinada pelo nível do Rio Negro.

No quarto período, observa-se que o coeficiente de correlação é praticamente nulo, neste momento a bacia do Tarumã não sofre nenhuma influência das cotas registradas no porto de Manaus, são os meses mais críticos para o transporte escolar, pois a cota da bacia do tarumã encontra-se em seu nível de base, sem nenhuma influência do Rio Negro sendo influenciada somente pela pluviosidade local, que pode ou não, apresentar condições de navegabilidade.

Ao comparar às cotas de 2011 de ambas as estações (porto de Manaus e ETM) (**Gráfico 10**), nota-se semelhança no contorno das curvas com uma desarmonia no ultimo trecho que corresponde ao domínio interno do Tarumã-Mirim, determinado pelo regime pluviométrico acima citado.



**Gráfico 10:** Dados do ano de 2011 da estação do porto de Manaus e ETM.

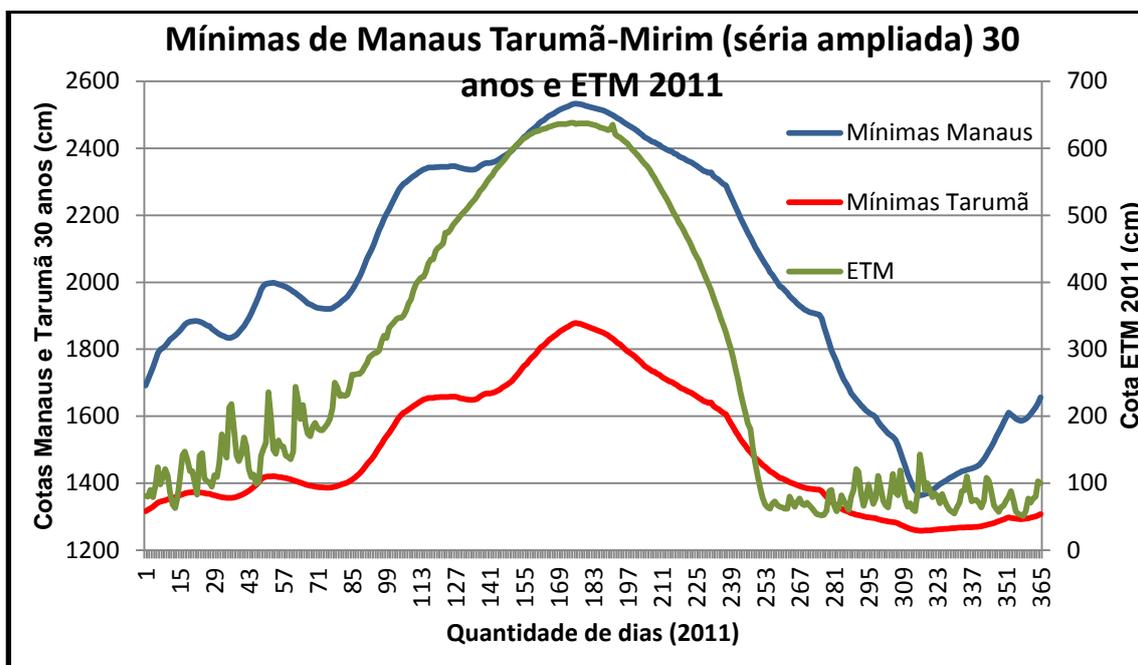
O período que correspondeu ao início do mês de setembro de 2011 até o início de janeiro de 2012 encontrava-se impróprio para a navegação no interior da bacia do Tarumã-Mirim. Pode-se observar, neste momento a ocorrência de uma descontinuidade no traçado dos dois gráficos, enquanto o Rio Negro começa o seu processo de subida a bacia do Tarumã-Mirim continua recebendo somente influência de sua dinâmica interna.

#### **6.2.4 Comparações dos níveis de cotas mínima, média e máximas das estações do porto de Manaus, Tarumã-Mirim 30 anos e ETM 2011.**

Visando validar o estudo hidrométrico realizado na estação ETM para o ano de 2011 procedeu-se a aplicação de regressão linear utilizando a equação  $Y = 1,8647e^{0,002x}$ , obtendo-se uma série ampliada para a ETM (Tarumã-Mirim 30 anos). O texto seguinte analisa as relações existentes entre os dados da série histórica de Manaus, Tarumã-mirim ampliada e ETM 2011.

As comparações das séries históricas do porto de Manaus no período de 30 anos e Tarumã Mirim, obtida por meio de cálculo estatístico, possibilitaram a comparação dos níveis de cotas mínimas, médias e máximas diárias históricas com os resultados obtidos da estação ETM do ano de 2011.

Os produtos obtidos da comparação da série histórica anual do Tarumã-Mirim 2011, em relação à série diária histórica da estação de referência, no caso, a do Porto de Manaus em relação a um ano de dados da ETM, apesar de este período representa pouco tempo de dados para comparação com 30 anos do porto de Manaus, mostram semelhanças em suas formas (**Gráfico 11**).



**Gráfico 11:** Mínimas diárias históricas de Manaus e Tarumã-Mirim de 30 anos e ETM 2011.

Ao observar as cotas mínimas diárias históricas de Manaus comparadas com as diárias da ETM de 2011, percebe-se que no primeiro domínio há uma semelhança nas formas e nas curvas dos traçados de ambas. Ocorre assim, a mesma orientação das linhas que indicam as mínimas de Manaus em relação aos dados do Tarumã-Mirim (série ampliada).

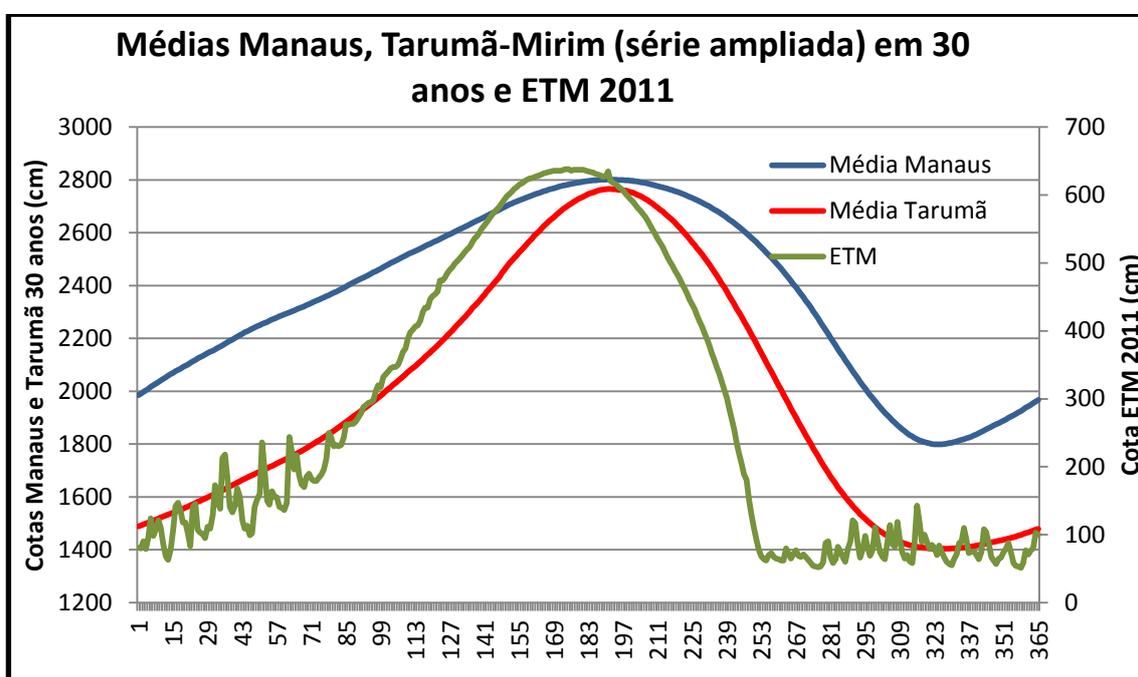
Percebe-se que, na ETM, assim como, no Porto de Manaus ocorrem pequenos repiquetes, porém, tais oscilações na Bacia do Tarumã-Mirim estão relacionadas com a pluviosidade local, observada anteriormente para este período.

Na comparação entre as médias diárias históricas do Porto de Manaus e da ETM (**Gráfico 12**) percebe-se uma defasagem em relação aos valores coletados na ETM em 2011, com os resultados das séries históricas tanto do Porto de Manaus, quanto das curvas das medias históricas do Tarumã-Mirim.

Esta defasagem representa uma antecipação de aproximadamente 25 dias do ano de 2011, em relação às médias usadas como referências.

Na comparação com as mínimas, o que realmente chama a atenção são os sinais de repiquetes percebidos em ambas as séries históricas, tanto do porto de Manaus quanto no Tarumã-Mirim (série ampliada).

Na comparação com as médias históricas anuais de trinta anos da estação do Porto de Manaus, juntamente com a série ampliada do Tarumã-Mirim de trinta anos com os dados da ETM de 2011, podem ser observadas (**Gráfico 12**).



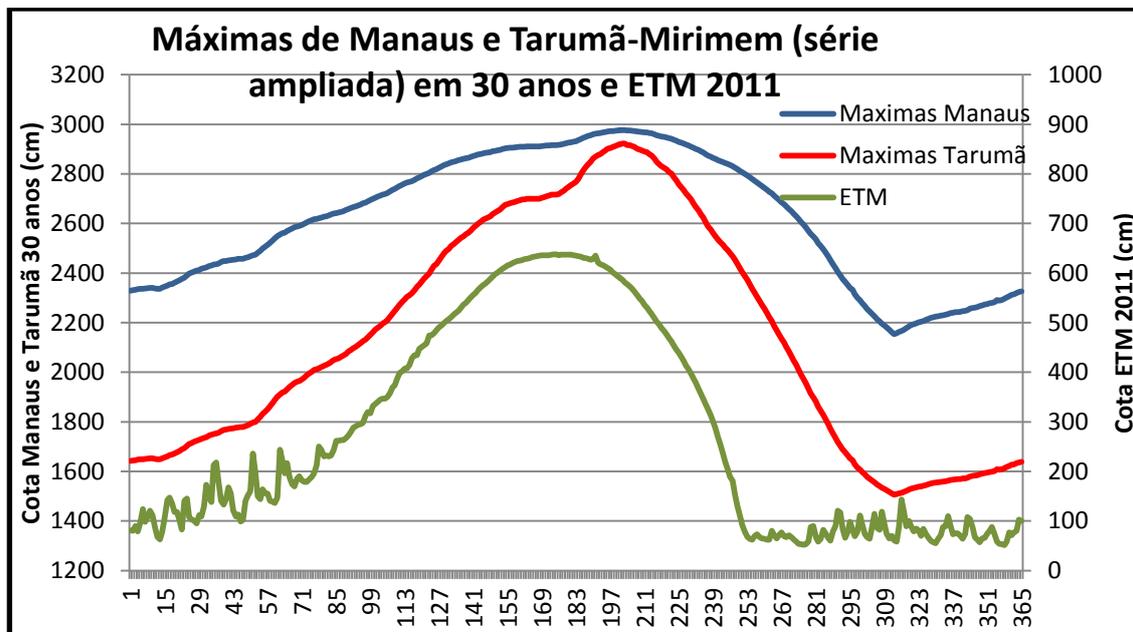
**Gráfico 12:** Médias diárias históricas de Manaus e Tarumã-Mirim de 30 anos e ETM 2011

Mais adiante, no gráfico, durante a subida do Rio, a curva média da ETM apresenta certa semelhança com a média de Manaus.

No terceiro período que corresponde a vazante, observa-se que a ETM, no ano de 2011 apresenta semelhanças com as médias e as máximas de ambas as séries. No entanto, nota-se que a ETM registrou descida mais rápida em apenas 60 dias de recesso, onde a cota atingiu o seu nível de base.

No período para a ETM 2011 percebe-se maior semelhança com as mínimas, já que durante as médias os sinais de repiquetes do Porto de Manaus desaparecem.

Na comparação feita em relação às máximas (**Gráfico 13**) observa-se que os sinais de repiquetes em Manaus, praticamente desaparecem, o mesmo acontecendo com a máxima histórica calculada para ETM associada a todo o igarapé do Tarumã-Mirim.



**Gráfico 13:** Máximas de Manaus e Tarumã-mirim de 30 anos e ETM 2011.

Em relação às formas do gráfico 13, ocorre maior semelhança entre as curvas dos dados da ETM. Numa visão geral as máximas tanto do Tarumã quanto de Manaus apresentam curvas com formatos análogos, enquanto que a ETM apresenta uma curva mais fechada, o que caracteriza subida e descida mais rápida, e uma antecipação no evento de 2011 em relação às médias e máximas de ambas as séries históricas.

Comparados os resultados hidrológicos com as rotas escolares, os meses que mais comprometem o transporte escolar são outubro, novembro e dezembro. Nesses meses todas as rotas apresentam redução em seus percursos, gerando problemas para o acesso dos alunos aos educandários. Tal problemática é causada pelo regime hidrológico com fruto do barramento hidráulico (MEADE *et al.*, 1991).

Ao analisar os dados da ETM em relação aos números do porto de Manaus, se pode verificar que em relação às mínimas, médias e máximas ocorrem variabilidades no tempo dos picos dos eventos, tais variações são

melhores percebidas na comparação entre as médias diárias históricas. Tal defasagem que ocorreu em 2011, por exemplo, devido à antecipação do evento de chuva em relação a media do período de 30 anos.

Assim, os resultados dos estudos hidrológicos mostrados até o presente momento, mais os estudos das rotas revelam uma situação de méritos na busca de alternativas para a adequação dos dias letivos com o período em que o Rio oferece condições de navegabilidade para o acesso às escolas.

Os domínios observados na análise dos níveis de cota com os dados de chuva na ETM revelam que a bacia do Tarumã-Mirim nos meses de janeiro, março e abril, recebe influência mista, ou seja, tanto do nível do Rio Negro quanto da pluviosidade local. No período de abril até setembro, o nível da referida bacia é comandada pelas cotas do Rio Negro, pois, neste período do ano as águas deste Rio represam as águas do Tarumã-Mirim; em ambos os períodos é possível à navegabilidade e conseqüentemente os acessos aos educandários mencionados neste estudo.

### **6.3 Proposta de um calendário escolar alternativo para as escolas ribeirinhas da Bacia do Igarapé do Tarumã-Mirim.**

Diante dos resultados mostrados, algumas alternativas são apresentadas (**Tabela 07**) para a adequação de um calendário, colocando, inclusive, alguns dias extras de aula para atender o que determina a legislação do Ministério da Educação.

Essa alternativa se faz necessária uma vez que todas as rotas apresentam diminuição em seus percursos no período de águas baixas; isso se deve ao processo hidrológico, variações na dinâmica nos níveis dos rios amazônicos que provocam alterações nos percursos das rotas escolares e tornam as caminhadas dos alunos mais extensas e provocam transtornos aos educandos que utilizam os rios como vias de acesso as escolas.

MESES	DIAS	EXTRAS	ANO SECO	ANO MÉDIO	ANO CHEIA
janeiro	20	4	24	24	24
fevereiro	20	4	24	24	24
março	20	4	23	24	24
abril	20	4	24	24	24
maio	20	4	24	24	24
junho	20	4	24	24	24
julho	20	4	24	24	24
agosto	20	4	24	24	24
setembro	20	4	*12+12	24	24
outubro	20	4		*12+12	24
novembro	20	4			24
dezembro		4			
<b>Total de dias</b>	<b>220</b>	<b>44</b>	<b>215</b>	<b>240</b>	<b>264</b>

**Tabela 07:** Alternativas para a adequação do calendário escolar. \* mais doze dias podem ser inseridos no caso de uma desaceleração no gradiente linimétrico.

Levando em consideração as variações dos eventos nos rios da Amazônia e que tais variações interferem diretamente no acesso às escolas, se procurou classificar na tabela 06 os anos em: seco, para aqueles que apresentam descida rápida das águas, médio, para os que apresentarem descida d'água suave e cheio, para aqueles anos que as águas descem mais lentamente.

Considerando, que a legislação exige que o ano escolar tenha no mínimo 800 horas de aula por ano, distribuídos em pelo menos 200 dias letivos. Criou-se, então, o esquema para os anos secos, médios e cheios, considerando uma margem de segurança para garantir tal acesso.

Com base nos resultados aqui apresentados se pode propor:

Manutenção de uma régua linimétrica dentro da bacia do Tarumã-Mirim. Ou seja, a continuidade do trabalho de monitoramento da ETM e divulgação dos dados para as escolas da área.

Estabelecer, com base no monitoramento, um boletim indicativo tendência para uso de uma das alternativas de calendário indicado na tabela 7, segundo o cenário identificado pelo monitoramento: Ano seco, ano médio e ano cheio.

Outra alternativa, seria aumentar a quantidade de horas de permanência dos alunos em sala de aula de 4 horas para 5 horas diária, antecipando assim, o

término do ano letivo para o mês de setembro. Esta medida diminuiria ou anularia a possibilidade de prejuízos ao ano letivo.

Com as sugestões de calendários escolares apresentados acima, tornariam flexíveis entre os meses de setembro a novembro as datas de encerramento do ano letivo nas escolas ribeirinhas da bacia do Tarumã-Mirim.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos hidrológicos realizados na bacia do Tarumã-Mirim serviram para melhor entender a dinâmica hídrica daquele lugar e sua relação com as cotas do Porto de Manaus, e assim, apresentar alternativas mitigadoras o bom funcionamento do ano escolar inclusive apresentando alternativas para o planejamento de um calendário escolar adequado a área. Vale destacar que é a primeira vez que se faz um estudo hidrológico com estação de monitoramento de cotas e se compara com a pluviosidade e também com series históricas de outra estação para bacia do Tarumã-Mirim.

Sabe-se que ano após ano, às variações nas cotas dos rios oscilam entre um a três meses, causando impactos aparentemente imprevisíveis. Em alguns anos a cota do Rio Negro influencia com maior rapidez, a bacia do Tarumã-Mirim, o mesmo ocorre no sentido inverso durante a vazante.

Uma alternativa que poderia amenizar os transtornos causados principalmente, pela antecipação dos eventos, seria a criação de uma estação permanente de monitoramento de chuva e cota na bacia do Tarumã-Mirim, servindo de instrumento para a boa gestão dos dias letivos.

Não existe um ritmo fixo e nenhum período, no qual se possa prever com precisão o momento para a subida e descida das águas dos rios da Amazônia. Existe um conjunto de fatores que interferem nesse processo. Porém, trabalhos anteriores conseguiram prever a situação de cheia para Manaus, mais estudos aprofundados podem estender esse modelo de previsão para a bacia do Tarumã-Mirim.

Ademais, é correto afirmar que o regime pluviométrico interfere nesse processo, de certa forma. Entretanto, nem todos os anos a velocidade de subida e descida das águas está relacionada com a quantidade de precipitação que ocorre a montante da bacia, especialmente nos períodos e trechos em que o Rio Negro pouco influencia.

Há, portanto, como se estabelecer uma média de dias do ano em que possa deixar uma margem de segurança para essas oscilações das cotas

interanuais, para que sejam aplicadas no planejamento do ano letivo para as escolas localizadas nas áreas com forte variância hidrológica.

De forma resumida, se pode afirmar que: No mês de fevereiro e início de março, os sinais de tendência de subidas das águas se intensificam na bacia do Tarumã-Mirim, apresentando um domínio onde tanto o Rio Negro, quanto as chuvas locais influenciam nas cotas do Tarumã-Mirim.

Quando o Rio Negro intensifica seu sinal de subida das águas até março, a quantidade de precipitação no interior da bacia se torna irrelevante. Observa-se que os pequenos picos de cheia no interior da bacia deixam de ocorrer; isso advém do domínio total do rio Negro sobre o regime da bacia do Tarumã-Mirim, é quando os pequenos igarapés se “transformam” em rios. Neste período ocorre maior mobilidade das lanchas que realizam o transporte escolar, o acesso a algumas escolas são facilitados, assim como, o tempo gasto na realização das rotas.

Portanto, os dados aqui analisados mostram que é possível realizar um planejamento que acompanhe as tendências dos níveis dos rios e melhorar as condições de acesso de alunos e professores às escolas ribeirinhas do Igarapé do Tarumã-Mirim.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, F. E. O. **As alterações Climáticas em Manaus no Século XX**, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/PPGG, 1995. 183 p.

AMARAL, F.R.; SILVA, C.L.; MAIA, T.F.A.; Val, P.F.A.; RIBEIRO, O.L.; MORALES, N. " **Controle neotectônico no paleocanal do Tarumã-Mirim, noroeste de Manaus (AM)**. In: Anais do XII Simpósio Nacional de Estudo Tectônico, Ouro Preto (G), SBG, p.56. 2009.

BOTELHO, R.G.M. **Planejamento Ambiental em Micro bacias Hidrográfica**. In: **Erosão e Conservação dos Solos. – conceitos temas e aplicações**. A.J. T GUERRA & R. G. M. BÓTELHO (Org.). Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1999, p. 269- 300;

BRASIL, **Caderno da Região Hidrográfica Amazônica/Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos**. – Brasília: MMA, 2006

BRASIL, Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM, Manaus, 2010. **Geo Brasil 2007. Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. / Ministério do Meio ambiente; agência nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 264p. il. (Geo Brasil série temática: Geo Brasil Recursos Hídricos).

BRASIL. **Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA 20 Levantamento dos Recursos Naturais v 18. Manaus; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial de terra**. Rio de Janeiro. 1978. 628 p.

BRASIL, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasil em Relevo (BGE)** disponível no site <http://www.relevobr.cnpem.br/download/am/am.htm>, acesso em 15.01.2012.

BRASIL, - **Manual técnico de geomorfologia / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

BRASIL, CPRM - **Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil.. Relatório da Administração. Ministério de Minas e Energia**. Brasília D.F. 2010.

BRASIL, **Instituto Brasileira de Geografia e Estatística – IBGE, Censo Demográfico - divulgado no Diário Oficial da União 04.11.2010**, disponível in <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados>. Acesso em 12.02.2011.

BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996.** Presidência da República. Disponível in [mec.gov.br](http://mec.gov.br) acessado em 09/03/2012.

BRASIL, **Programa Nacional de Apoio ao Transporte Escolar – PNATE - Lei Nº 10.880 de 09 de junho de 1994.** Presidência da República. Disponível in <http://www.planalto.gov.br/ccivil> 03/ato2004-2006/2004.

CAVALCANTE, A. P. B., AGOSTINHO, P. B.; CAVALCANTE, A. R. C.; SILVA, E. V. da. RODRIGUES. M. R **Desenvolvimento Sustentável e Planejamento: bases teóricas e conceituai.** Fortaleza: UFC, Imprensa Universitária, 1997.

CHOW, V.T., **Open-channel hydraulics: New York, McGraw- Hill Book Co.,** p. 680, disponível in <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/wsp> 2339.pdf. acesso em 06.12 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia/Antônio Christofolletti** – São Paulo: Edigar Blucher, 1980.

FILIZOLA, N. P. **O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos Rios da Amazônia Brasileira.** Brasília DF. ANNEL 1999

FILIZOLA, N.P.; GUYOT, J.L.; MOLINIER, M.; GUIMARAES, V; OLIVEIRA, E de; FREITAS, M. A de. **Caracterização Hidrológica da Bacia Amazônica** in RIVAS, A & FREITAS, C. E de; **Amazônia uma perspectiva multidisciplinar.** ADUA: Manaus-2002 p 33-53.

FILIZOLA, N. CÂNDIDO, L. MANZI, L.A., ESPINOZA, J.C., RONCHAIL, J. & GUYOT, J.L. (2009) **Variabilidade Hidrológica na Amazônia. Uma perspectiva para a elaboração do balanço hídrico regional.** In: Amazonía y Agua. Desarrollo sostenible en El siglo XXI Ed. UNESCO – Hermandó Bernal *et al.* ISBN: 978-84-934779-8-1.

FILIZOLA, N.P. **The Rio Negro Rio Solimões confluence point – Hydrometric observations during the 2006-2007.** Cycle River Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2009.

FRANZINELLI, E IGREJA, H. L. S. da; **Utilização de sensoriamento remoto na investigação na área do baixo rio Negro e grande Manaus.** 6º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Manaus: anais vol.3,1990. 8 p.

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

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

JUNK, W. J.; SOARES, BAYLER, J. P.; SPARKS, R. E. **The flood pulse in river-floodplain systems** in D.P Dodge ed. **Proceedings of the Internatinal Large River Symposium**. Can. Publ. Fish. Aquat. Sci 1989.

LARAQUE, A.; GUYOT, J.L.; FILIZOLA, N.P **Mixing processes in the Amazon River at the confluences of the Negro and Solimões Rivers, Encontro das Águas, Manaus, Brazil** Institutd de Recherche pour D'evveloppement - IRD, LMTG (Universit e de Toulouse, (CNRS, IRD) **HYDROLOGICAL PROCESSES** Hydrol. Process. 23, 3131–3140 (2009) Published on line 15 September 2009 in Wiley Inter Science. ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)) DOI: 10.1002/hyp.7388

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

LIMA, D; POZZOBON, J. **Amazônia socioambiental. Sustentabilidade ecológica e diversidade social**. Estudos Avançados. Diversidade biológica e cultural da Amazônia hoje, Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi/ MCT, 2001.

MANAUS, (município) SEMED- **Secretaria Municipal de Educação/Divisão de Informação e Estatísticas**. Manaus 2011.

MARENGO, J. A. **Água e Mudanças Climáticas Brasília Estudos Avançados** 2008.

MARTINS, G. de A. **Estatística Geral Aplicada** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MEADE, H.R; RAYOL, M.J.; CONCEIÇÃO, S.C da; NATIVIDADE, J.R.G. **Bacwater Effects in the Amazon River Basin of Brazil**. Eviron Geol water Sci vol. 18 No 2 105- 114. 1991 Springer-Veriag New York inc.

MOLINER, M.; GUYOT, J.L.; OLIVEIRA, E de.; GUIMARÃES, V. & CHAVES, A. **Hydrologie du bassin de l 'Amazone**. In: **Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques**. Paris, 1995. p 335–344.

NAVA, D. B. **Projeto Grande Manaus Relatório da 1ª Fase**, Ministério das Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Manaus: CPRM, 1996. 31 p.

PINTO, W.H.A. **Geoprocessamento Aplicado a Análise Físico-territorial da área do Tarumã Manaus-AM**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Amazonas/ Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Ciências Exatas. Manaus, 2005.

RICCOMINI, C.; ALMEIDA, R. P de; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F in TEXEIRA, W; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M.C.M de; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2ª ed. São Paulo. Nacional 2009.

ROMERO E SIVA, P. A, (Org.). **Agua: Quem vive sem?**. 2ª ed., FCTH/CT-Hidro (ANA, CNPq/SRANH), São Paulo, 2003.

SANTOS, dos I. **Hidrometria Aplicada**. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba. 2001.

SILVA, C. L. da.; ROSSETTI D. F. **História Geológicas dos Rios na Amazônia**. Manaus Amazônica/Artigos, 2010.

SILVA C.L.; MORALES, N.; CRÓSTA, A.P.; COSTA, S.S.; JIMENEZ-RUEDA, J. R. **Analysis of tectonic-controlled fluvial morphology and sedimentary processes of the western Amazon basin: an approach using satellite images and digital elevation model**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Vol.79, n.4, p.693-711. 2007.

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

SIOLI, H. **Amazônia Fundamentos da Ecologia da Maior Região de Floresta Tropical**. 3ª Edição. Veloz: Rio de Janeiro, 1991.

SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T.S; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. **Delimitação automática de Bacias Hidrográficas utilizando dados SRTM** Eng. Agríc., Jaboticabal, Mato Grosso do Sul 2010 v 30, n.1, p. 46 57.

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

TOCANTINS, L. **O Rio Comanda a Vida. Uma interpretação da Amazônia**. Biblioteca do Exército editora: Rio de Janeiro, 1973.

TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**, 3ª ed. Porto Alegre: editora da UFRGS / ABRH, 2002.

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

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e Distribuição de Voçorocas em Manaus (AM): principais Fatores Controladores e Impactos Urbano-Ambientais**; tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas / Programa de Pós-graduação em Geografia, Florianópolis, 2008.

WMO. **World Meteorological Organisation: Guide to Hydrological Practices**. WMO- No 168 editions of 1981 and 1994. Geneva