



Margareth Neves

Normando

## **Qualidade de Água do Igarapé do Mestre Chico – PROSAMIM em Manaus/AM**

### **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Instituto de Tecnologia  
Mestrado Profissional e Processos Construtivos e  
Saneamento Urbano

Dissertação orientada pelo Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Souza do Nascimento



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**QUALIDADE DE ÁGUA DO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO -  
PROSAMIM EM MANAUS/AM**

**MARGARETH NEVES NORMANDO**

**Belém - PA  
2014**



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**QUALIDADE DE ÁGUA DO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO -  
PROSAMIM EM MANAUS/AM**

**MARGARETH NEVES NORMANDO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Souza do Nascimento**

**Belém - PA**

**2014**

# **QUALIDADE DE ÁGUA DO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO - PROSAMIM EM MANAUS/AM**

**MARGARETH NEVES NORMANDO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração em Gestão Ambiental, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Aprovada em 09 de Outubro de 2014.

---

Prof. Dr. Dênis Ramam  
(Coordenador do PPCS)

---

Prof. Dr. Fernanda Souza do Nascimento  
(Orientador – UFPA)

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. João Augusto Pereira Neto  
(Examinador Externo – UFRA)

---

Prof. Dr. Norbert Fenzl  
(Examinador Interno – UFPA)

*“ Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha. É porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra. Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha e não nos deixa só. Porque deixa um pouquinho de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso.”*

*Charlie Chaplin*

*Dedico este trabalho a minha mãe Gesscy e a meu pai Sebastião in memoriam, minha irmã Regina, meu Amor e todos Amigos que sempre me incentivaram.*

## *Agradecimentos*

A professora Dra. Fernanda Souza do Nascimento por sua orientação.

A professora Dra. Sonia Maria de Melo Lima pelo incentivo e as dicas sempre construtivas no trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) por assegurar a minha participação no Programa de Mestrado, e aos queridos colegas.

Aos colegas da turma de Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano turma 2012, em especial a Mauro Barreto, Kelen Gomes e Luciano Moreira pelo companheirismo no desempenho de nossas atividades acadêmicas.

A Deus que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos de minha vida e sem ele eu não teria força para superar os obstáculos na realização deste trabalho.

Quero manifestar aqui os meus mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho.

## RESUMO

NORMANDO, Margareth Neves. Qualidade de Água do Igarapé do Mestre Chico - Prosamim em Manaus-AM, Dissertação (Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano). Programa de Pós-Graduação em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, UFPA, Belém - PA.

A cidade de Manaus cresce de modo acelerado e caótico desde o evento da Zona Franca de Manaus (ZFM) e do Polo Industrial de Manaus (PIM) nas décadas de 70 e 80, provocando devastação ambiental da floresta circundante e a poluição sem precedentes de seus igarapés urbanos, condenando a qualidade de suas águas e aniquilando e ou expulsando uma parcela significativa da fauna e da flora local. O Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (PROSAMIM) tornou-se a mais importante reação para a recuperação ambiental dos igarapés da capital amazonense. As águas de seus igarapés encontravam-se não somente pútridas bem como formavam um imenso tapete de vasilhames lixo “pet”, continuamente recolhidos pela limpeza pública do poder municipal. Esta dissertação tem como objetivo geral conhecer a qualidade das águas do Igarapé Mestre Chico, do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus – PROSAMIM, Manaus/AM, e como objetivos específicos levantar os resultados das análises de água do Igarapé do Mestre Chico no período de Janeiro de 2011 a Janeiro de 2012 e mostrar a qualidade das águas do Igarapé do Mestre Chico, contextualizando seus indicadores e a evolução de seu quadro sanitário e urbanístico. A metodologia adotada baseou-se na revisão da literatura, tanto para o estudo do tema ora proposto como para a compilação de dados existentes sobre a qualidade das águas do Igarapé do Mestre Chico. Verificou-se que nas amostras coletadas do ponto nº 01 (Igarapé Mestre Chico: Viaduto Josué Cláudio de Souza); ponto nº 02 (Igarapé Mestre Chico: Av. Tarumã – Bairro Praça 14); ponto nº 03 (Igarapé Mestre Chico: Mirante), baixo teor de oxigênio dissolvido variando entre 1 a 4,82 mg O<sub>2</sub>/L e elevadas concentrações coliformes termotolerantes (460 - 93x10<sup>4</sup> NMP/100mL), demanda bioquímica de oxigênio (8,6 - 56,5 mg O<sub>2</sub>/L), fósforo total (0,201 - 3,7 mg P/ L) e nitrogênio amoniacal (<0,01 - 22,03 mg N/L). Os valores de nitrato (0,1 - 6,81 mg N/L), turbidez (3,48 - 86,0 mg/L), sólidos dissolvidos totais (6,03 - 240,0 mg/L) situam-se na faixa aceitável da Resolução 357/05 CONAMA. Esses resultados mostram que as águas do Igarapé do Mestre Chico continuam poluídas, apesar das melhorias realizadas pelo PROSAMIM.

**Palavras-chave:** Qualidade da água; Prosamim; Igarapé do Mestre Chico.



## ABSTRACT

NORMANDO, Margareth Neves. Qualidade de Água do Igarapé do Mestre Chico - PROSAMIM em Manaus – AM, Dissertação (Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano). Programa de Pós-Graduação em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, UFPA, Belém - PA.

The city of Manaus is growing fast and chaotic way since the event of the Zona Franca de Manaus (ZFM) and Polo Industrial de Manaus (PIM) in the 70 and 80, causing environmental devastation of the surrounding forest and pollution of its unprecedented urban streams, condemning the quality of its waters and annihilating or expelling and a significant portion of the local fauna and flora. The Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (PROSAMIM) became the most important reaction for the environmental restoration of streams of the Amazon capital. The waters of its streams found themselves not only putrid and formed an immense carpet of garbage containers "pet", continuously collected for public cleaning of municipal power. This work has as main objective to know the water quality of Igarapé Mestre Chico, Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus - PROSAMIM, Manaus / AM, and specific objectives to raise the results of analyzes of water from the Igarapé do Mestre Chico in the period January 2011 to January 2012 and show the quality of the waters of the Igarapé do Mestre Chico, contextualizing their indicators and the evolution of their health and urban context. The methodology adopted was based on the literature, both for the study of the subject as now proposed for the compilation of existing data on the water quality of the Igarapé do Mestre Chico. It was found that the samples collected from the point No. 01 (Igarapé Mestre Chico: Viaduct José Claudio de Souza); point No. 02 (Igarapé Mestre Chico: Av. Tarumã - Quarter Square 14); point No. 03 (Igarapé Mestre Chico: Lookout), low dissolved oxygen ranging from 1 to 4.82 mg O<sub>2</sub> / L and higher concentrations thermotolerant coliforms (460 - 93x10<sup>4</sup> NMP / 100mL), biochemical oxygen demand (8,6 - 56.5 mg O<sub>2</sub> / L), total phosphorous (0.201 to 3.7 mg P / L) and ammonia (<0.01 to 22.03 mg N / L). The values nitrate (0.1 to 6.81 mg N / L), turbidity (3.48 to 86.0 mg / L) total dissolved solids (6.03 to 240.0 mg / L) lie in the acceptable range of CONAMA Resolution 357/05. These results show that the waters of the Igarapé do Mestre Chico still polluted despite improvements made by PROSAMIM.

Keywords: water quality; PROSAMIM; Igarapé do Mestre Chico.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Região Hidrográfica do Rio Amazonas.....	07
Figura 2.2 - Terraço/Várzea do Igarapé dos Educandos no Período de Vazante (Novembro/ 1998).....	15
Figura 2.3 - Localização das Bacias Hidrográficas que Drenam a Cidade de Manaus.....	16
Figura 2.4 - Bacia do Educandos - Igarapé do Mestre Chico.....	17
Figura 3.5 - Delimitação da Área de Estudo do Igarapé do Mestre Chico.....	30
Figura 3.6 - Ponto 1, Nascente do Igarapé do Mestre Chico debaixo do Viaduto Josué Cláudio de Souza.....	31
Figura 3.7 - Ponto 2, localizado na Av. Tarumã, no Bairro da Praça 14 de Janeiro.....	31
Figura 3.8 - Ponto 3, localizado Largo do Mestre Chico próximo a Av. Lourenço da Silva Braga “Manaus Moderna.....	32
Figura 4.9 (A, B, C, D) - Ponte Benjamin Constant sobre o Igarapé do Mestre Chico (A) 1970, (B) 2006, (C;D).....	45
Figura 4.10 - Vista das Casas que permaneceram na área do Igarapé do Mestre Chico, próxima a ponte de acesso às duas margens do Igarapé e visão lateral do Igarapé.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.2 – Parâmetros Bacteriológicos.....	37
Tabela 4.3 - Oxigênio Dissolvido (OD).....	38
Tabela 4.4 - Parâmetros de Qualidade de Água do Igarapé Mestre Chico em fevereiro de 1993.....	38
Tabela 4.5 - Potencial Hidrogeniônico (Ph).....	40
Tabela 4.6 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	40
Tabela 4.7 - Nitrogênio Amoniacal.....	42
Tabela 4.8 - Nitrato.....	42
Tabela 4.9 – Fósforo Total.....	43
Tabela 4.10 - Turbidez.....	43
Tabela 4.11 - Sólidos Dissolvidos Totais.....	44
Tabela 4.12 – Temperatura.....	44

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.2 - População Amazonas.....	7
--------------------------------------	---

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA.....	Agência Nacional de Águas
AID.....	Área de Influência Direta
BID.....	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNH.....	Banco Nacional de Habitação
CBO.....	Carência Bioquímica de Oxigênio
CODEAMA.....	Centro de Desenvolvimento, Pesquisa e Informação do Estado do Amazonas
CETESB.....	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CO <sub>2</sub> .....	Dióxido de Carbono
Cu.....	Cobre
CONAMA.....	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COHAB.....	Conjunto Habitacional
CNRH.....	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
Cr.....	Cromo
DBO.....	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO.....	Demanda Química de Oxigênio
EPCs.....	Estações de Pré-condicionamento
Fe.....	Ferro
FAPEAM.....	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas
GEA.....	Governo do Estado do Amazonas
IBGE.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA.....	Índice de Qualidade das Águas
INPA.....	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
IPAAM.....	Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
Mn.....	Manganês
NBR.....	Normas Brasileiras
Ni.....	Níquel
OMS.....	Organização Mundial de Saúde
OD.....	Oxigênio Dissolvido
PIM.....	Polo Industrial de Manaus
pH.....	Potencial Hidrogeniônico

PROSAMIM.....	Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus
RMM.....	Região Metropolitana de Manaus
SEINF.....	Secretaria Estadual de Infraestrutura
SEMMAS.....	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SEMULSP.....	Secretaria Municipal de Limpeza Pública.
SINGREH.....	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SUHAB.....	Superintendência Estadual de Habitação.
SUFRAMA.....	Superintendência da Zona Franca de Manaus
UGPI.....	Unidade de Gerenciamento do Programa Social e Ambiental dos Igarapés
UNT.....	Unidade Nefelométrica de Turbidez
UEA.....	Universidade do Estado do Amazonas
Zn.....	Zinco
ZEIS.....	Zonas Especiais de Interesse Social

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	01
<b>1.1 INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>1.1.1 Justificativa</b> .....	03
<b>1.1.2 Objetivos</b> .....	04
1.1.2.1 Geral.....	04
1.1.2.2 Específicos.....	04
<b>CAPÍTULO II</b> .....	06
<b>2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	06
<b>2.1.1 Áreas de Estudo</b> .....	06
<b>2.1.2 Projeto PROSAMIM</b> .....	10
<b>2.1.3 Principais Problemas Ambientais</b> .....	13
<b>2.1.4 Bacia Hidrográfica do Educandos</b> .....	13
<b>2.1.5 Micro Bacia do Igarapé do Mestre Chico</b> .....	16
<b>2.1.6 Benefícios para os Habitantes do Igarapé do Mestre Chico, após a Implantação do PROSAMIM</b> .....	18
<b>2.1.7 Qualidade das Águas nos Igarapés de Intervenção do PROSAMIM</b> .....	21
<b>2.1.8 Parâmetros de Qualidade</b> .....	22
<b>2.1.9 Principais Parâmetros Físicos, Químicos e Microbiológicos da Qualidade da Água</b> .....	23
2.1.9.1 Coliformes termotolerantes.....	23
2.1.9.2 Turbidez.....	23
2.1.9.3 Potencial hidrogeniônico.....	24
2.1.9.4 Demanda bioquímica de oxigênio.....	24
2.1.9.5 Fósforo total.....	25
2.1.9.6 Nitrogênio total.....	25
2.1.9.7 Oxigênio dissolvido.....	26
2.1.9.8 Sólidos totais.....	26
2.1.9.9 Temperatura.....	27
<b>2.1.11 Índice da Qualidade da Água</b> .....	27
<b>CAPÍTULO III</b> .....	29
<b>3.1 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29

<b>3.1.1 Área de Estudo</b> .....	29
<b>3.1.2 Coleta de Amostras</b> .....	30
<b>3.1.3 Análise das Amostras</b> .....	32
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	36
<b>4.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	36
<b>CAPÍTULO V</b> .....	48
<b>5.1 CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	50



### 1.1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das populações urbanas ao longo do século XX, variando de intensidade e de forma de um território para o outro, em decorrência das particularidades locais, muitas vezes sem regularização das áreas, trouxe como consequência a necessidade de incremento de emprego urbano, ampliação do saneamento básico e aumento da oferta de moradias.

Essa realidade em Manaus não é diferente, já que o déficit habitacional é um problema que ocorre há anos. De acordo com Dias (2007, p.18). “[...] Manaus sofreu seu primeiro grande surto de urbanização, graças aos investimentos propiciados pela acumulação de capital, via economia do látex”. Em décadas mais recentes com a criação da Zona Franca de Manaus e do Distrito Industrial a partir de 1961 a cidade foi tomada novamente por uma grande onda imigratória.

O desenvolvimento industrial então verificado atraiu considerável número de pessoas que se deslocaram de seu lugar de origem com o objetivo de obter empregos e melhoria de vida. Nos dias atuais ainda pode-se perceber a mesma problemática de pessoas chegando na cidade e se instalando em locais sem condições de habitabilidade, originando imóveis irregulares.

O inchaço da cidade continua acontecendo de forma caótica, e vem acontecendo, de modo geral, da forma mais desordenada possível, causando impactos ambientais que trazem prejuízos irreversíveis ao ambiente urbano e à saúde dos próprios habitantes da cidade.

Guerra e Cunha (2001) afirmam que impacto ambiental é o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações no ambiente. Diz respeito ainda à evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações entre forças externas e internas da unidade espacial e ecologia, historicamente ou socialmente determinada. É a relação entre sociedade e natureza que se transforma diferenciada e dinamicamente.

Até a década de 1980 o número de bairros em Manaus era de aproximadamente 37, mais o Distrito Industrial. Atualmente, esse quadro é outro, com 56 bairros e inúmeras

comunidades que ainda não são oficialmente bairros, mas foram criadas em sua grande maioria, a partir de ocupações irregulares (IBGE, 2007).

O Amazonas, hoje, tem o maior déficit habitacional do País, com 155.475 casas improvisadas na periferia e 95.929 domicílios onde famílias convivem umas com as outras no mesmo endereço, no total de 251.404 residências impróprias no Amazonas (SEPLAN, 2013).

As ocupações são estratégias que os segmentos populares encontram para ter acesso à moradia a partir da organização de “invasões” em lotes urbanos vazios. Caracterizam-se por serem ações rápidas, o que implica o acesso imediato ao lote, possibilitando a construção contínua da moradia.

Os igarapés<sup>1</sup> são ocupados pela população excluída que procura fonte de água para as mais diversas finalidades e também local para habitar, ocasionando poluição das águas, problemas de saúde e de segurança, tendo em vista que a grande maioria das famílias mora em habitações de baixa qualidade e em locais passíveis de desabamento.

O PROSAMIM programa de governo do Estado do Amazonas, lançado em 2005, é denominado Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus. No setor social do PROSAMIM, a principal tarefa é o remanejamento das famílias para conjuntos habitacionais localizados em áreas seguras, com infraestrutura e o desenvolvimento de projetos de geração de trabalho e renda para a sustentação dessas famílias após o reassentamento (SUHAB, 2013).

Esse programa beneficia, de acordo com a SUHAB, cerca de 40 mil famílias que moram nas margens e leitos dos igarapés centrais de Manaus. Os benefícios a essas famílias têm a finalidade de resgatar socialmente as que habitam palafitas nas margens e leitos dos igarapés e que vivem em condições subumanas. De acordo com o Governo do Estado (2013) a transferência dessas famílias para locais que tenham maiores condições de habitabilidade, possibilita um recomeço para as mesmas e também a construção de uma nova Manaus cujas mudanças já são vistas na área central da cidade.

De acordo com a assessoria da Secretaria Estadual de Infraestrutura (SEINF), além da coleta de lixo, os assistentes sociais do PROSAMIM também promovem reunião nas escolas, igrejas, centros sociais e nas ruas para orientar as pessoas a não jogarem resíduos nos igarapés, e apresentam conceitos básicos sobre como armazenar o lixo. O Governo do Amazonas, por meio do PROSAMIM, também contribui com a limpeza e conservação dos igarapés de Manaus e retirando milhares de metros cúbicos de resíduos e sedimentos

---

<sup>1</sup>Na Amazônia, canal estreito que só dá passagem a igaras ou pequenos barcos (MICHAELIS, 1988).

poluidores do leito dos igarapés. Atualmente, segundo a Prefeitura Municipal de Manaus (2014) são retiradas cerca de 800 toneladas em média por mês de resíduos dos igarapés de Manaus.

Definido como um macro programa do Governo do Amazonas, o PROSAMIM tem um foco mestre que é articular todos os esforços possíveis em busca da melhor qualidade de vida para a população de Manaus, beneficiando diretamente a população que atualmente mora às margens dos igarapés, e indiretamente a cidade de Manaus em sua totalidade. No começo, do projeto as áreas do PROSAMIM se limitavam aos seguintes igarapés: Manaus, Bittencourt e Mestre Chico e área de nascente, que integram amostra demonstrativa do Programa; No igarapé da Cachoeirinha, no trecho compreendido entre a Avenida Codajás e sua foz, na confluência com o igarapé do Quarenta; No igarapé do Quarenta, no trecho compreendido entre a Rua Duque de Caxias e ponte da Rua Maués e no trecho compreendido entre a ponte da Rua Maués até sua cabeceira, incluindo os afluentes, que foram priorizados em função das respectivas condições ambientais (PROSAMIM, 2008).

A forma como foi ocupada a sub-bacia do São Raimundo, irregularmente ocupada por palafitas e ou construção em concreto, periodicamente afetadas pelas cheias e vazantes do rio Negro, tanto pelos alagamentos resultantes da barragem dos volumes escoados pelos sete tributários do canal principal (igarapé São Raimundo), quanto pelo acúmulo de dejetos lançados nos igarapés por moradores e transeuntes locais (PROSAMIM, 2014), e com o diagnóstico que a sub-bacia hidrográfica do São Raimundo é a segunda mais importante em ordem de grandeza dos problemas identificados nas bacias urbanas de Manaus, resultou na implantação do PROSAMIM III.

### **1.1.1 Justificativa**

O presente trabalho fornece dados importantes da qualidade da água de igarapé urbano, incluso no programa socioambiental PROSAMIM, do maior município da Região Amazônica Brasileira, contribuindo, assim, para os planos e políticas de recuperação e preservação dos igarapés de Manaus e manutenção da saúde dos recursos hídricos e, conseqüentemente, da sociedade. Há crescente tendência de demanda de quantidade e qualidade de água, principalmente nas regiões de maior concentração desses recursos e, o uso e ocupação inadequados nas suas margens e cabeceiras, comprometem os mananciais pela

poluição resultante dos esgotos e resíduos sólidos, aumentando, assim, os problemas de saúde pública. Nesse âmbito, o PROSAMIM, projeto em enfoque neste estudo, tem como um dos objetivos específicos “Melhorar as condições ambientais e de saúde na área de intervenção do Programa através da reabilitação e/ou implantação dos sistemas de drenagem, abastecimento de água potável, coleta e disposição final de lixo e águas servidas e recuperação ambiental em áreas de cabeceiras”, e para alcançar esse objetivo, uma das ações necessárias é verificar a qualidade de água do Igarapé do Mestre Chico.

O controle da qualidade da água, através de análises de laboratório, permite que seja quantificada a qualidade da água tanto para sua utilização, quanto para o consumo humano, definindo se a água do Igarapé se mantém ou não dentro dos limites aceitáveis e tornando possível a melhoria da qualidade da água desejável.

A presente pesquisa avalia os resultados das análises laboratoriais realizadas entre nos períodos de Janeiro de 2011, Julho de 2011 e Janeiro de 2012, que caracteriza a qualidade da água do Igarapé do Mestre Chico em um período antes e durante a construção do PROSAMIM na área. Apesar do curto período de tempo, é possível verificar se o PROSAMIM está cumprido com seus objetivos que é a melhoria ambiental do local, bem como da qualidade da água do Igarapé.

## **1.1.2 Objetivos**

### **1.1.2.1 Geral**

Conhecer a qualidade das águas do Igarapé Mestre Chico, do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus – PROSAMIM, Manaus/AM.

### **1.1.2.2 Específicos:**

- Levantar os resultados das análises de água do Igarapé Mestre Chico – PROSAMIM, no período de Janeiro de 2011 a julho de 2012, durante sua implantação.
- Demonstrar a qualidade das águas do Igarapé do Mestre Chico, contextualizando seus indicadores, e a evolução de seu quadro sanitário e urbanístico.

### **2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **2.1.1 Áreas de Estudo**

O Município de Manaus está localizado na Região Norte do Brasil, no centro geográfico da Amazônia. A superfície total do município é de 11.458,5 Km<sup>2</sup>, equivalendo 0,73 % do território do Estado do Amazonas, que abrange 1.577.820,2 Km<sup>2</sup>. Limita-se ao Norte com o município de Presidente Figueiredo; a Leste com os municípios de Rio Preto da Eva e Itacoatiara; ao Sul, com os Municípios de Careiro da Várzea e Iranduba; e a Oeste com o município de Novo Airão.

Manaus uma cidade da região da Bacia Amazônica (Figura 2.1) e cujas características de formação chamam atenção por ter uma configuração totalmente diferente de diversas cidades, já que é entrecortada por igarapés que ao se unirem a outros, formam grandes rios. Além disso, Manaus dá acesso a maior floresta tropical do mundo, a Floresta Amazônica que detém 20% da reserva de água doce do planeta. Além disso, está assentada sobre um baixo planalto a margem esquerda do rio Negro, na confluência deste com o rio Solimões, onde se forma o Rio Amazonas, com área urbana se estendendo por 401.9 Km<sup>2</sup>, correspondendo apenas a 28.5% do território municipal (PDUA/2002). Manaus, pelo CENSO/2010, apresentava uma população total de 1.403.796 habitantes, com uma concentração de 99,35 % na área urbana – 1.394.724 habitantes.

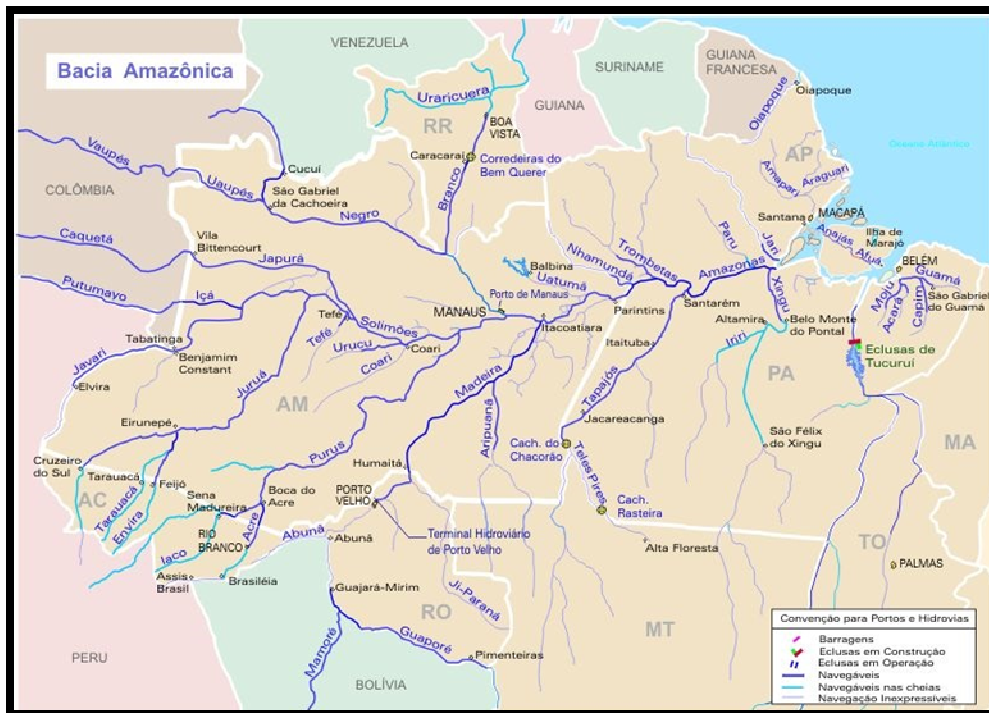


Figura 2.1- Região Hidrográfica do rio Amazonas.  
 Fonte: Secretaria Executiva do Ministério dos Transportes (2005).

Segundo Barbosa e Prado (2014) no estado do Amazonas predominam o transporte aquaviário, e esta modalidade de transporte utiliza os rios, igarapés, furos e lagoas como vias de ligações entre localidades, estados, oceanos e países. Afirmam ainda que em alguns lugares a navegação é o principal transporte responsável pela locomoção de pessoas, mercadorias e pelo turismo na região.

Manaus enfrenta um conjunto de problemas típicos de processos de crescimento urbano rápido e desordenado. Atualmente a capital concentra mais da metade da população do Estado e gera cerca de 90 % do seu PIB. Como ocorre nas demais capitais brasileiras, o rápido crescimento populacional de Manaus não foi acompanhado de investimentos em infraestrutura, tampouco por controle sobre o uso e ocupação dos solos urbanos (GALLI et al., 2011).

Como principal centro urbano do Estado do Amazonas, Manaus se notabilizou nas décadas de 70 e 80 por sediar um grande polo industrial do gênero eletroeletrônico, via - incentivos fiscais, através da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA). A partir da “adoção” dessa nova vocação econômica que teve a mão de obra suprida localmente, com o deslocamento do interiorano para Manaus em busca de trabalho, no setor comercial e industrial emergente.

A consequência desse processo migratório é que Manaus vivenciou um crescimento desordenado cuja face mais visível foi à proliferação de áreas invadidas, onde foram se estruturando bairros periféricos sem a menor infraestrutura básica, desprovidos dos serviços de água, esgoto, pavimentação, iluminação e outros.

Hoje a população já está em cerca de 2 milhões de habitantes conforme dados do IBGE (2014), demonstrados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – População do Amazonas

População estimada 2013	1.982.177
População 2010	1.802.014
Área da unidade territorial (km <sup>2</sup> )	11.401,092
Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	158,06

Fonte: IBGE (2014)

A movimentação espacial ocorrida com o deslocamento de um imenso contingente da população de outros Estados e de outros municípios do interior do Amazonas para Manaus no início da Zona Franca e o descompasso entre o desenvolvimento econômico e políticas sociais, ocasionaram o surgimento de inúmeros locais de pobreza e crescimento desordenado da cidade, contribuindo para a deterioração da qualidade de vida, aumentando a demanda das políticas habitacionais. Desde que começou a funcionar, a Zona Franca transformou de forma radical a cidade de Manaus que se encheu de gente recém-chegada à procura de emprego e alcance de um maior nível de vida digno (SANTOS, 2007).

Na cidade de Manaus, a organização do espaço urbano foi conduzida de forma que proporcionou o crescimento horizontal da cidade, onde mais de 90 % das unidades residenciais eram casas térreas, conforme pesquisa realizada em 1984 pelo Centro de Desenvolvimento, Pesquisa e Informação do Estado do Amazonas (CODEAMA).

A década de 1980 foi marcada pela emergência e expansão dos movimentos sociais por moradia na cidade de Manaus. Esses movimentos deram origem a mais de 35 bairros até o início de 1990 (SOUZA, 1994), sendo essas ocupações, na maioria, implantadas através de invasões e que buscavam o reconhecimento como bairros, coletividade e não como aglomerados humanos.

A cidade de Manaus foi delimitada pelas Zonas Norte, Sul, Leste e Oeste, Centro-Sul e Centro com o objetivo de controlar a urbanização considerando suas necessidades, classificadas e respeitadas conforme o tipo de ocupação, época do surgimento e identidade da população com a área. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), a maior área de ocupação de terras se deu na Zona Leste que compreende entre

outros bairros, os bairros do Mauzinho, Distrito Industrial e Coroado isto devido à proximidade das fábricas do Distrito Industrial, o que facilitava a locomoção dos trabalhadores entre residência e local de trabalho.

Conforme o Relatório Geo-Cidade (2002), na década de 1980 continuou a ocupação urbana irregular nas zonas leste e norte de Manaus, além da perda de características ou substituição de edificações de interesse histórico e cultural pela intensificação da atividade imobiliária em terrenos desocupados e a deficiência de infraestrutura urbana.

Entre 1995 e 1997 foram editadas legislações municipais que alteravam a divisão territorial do município, as quais destacam: redefinição dos limites das áreas urbanas, de expansão urbana e rural; fixava novos critérios para o processo de produção do espaço urbano; estabeleciam as Áreas Especiais de Interesse Urbanístico; estabeleciam normas para a regularização de parcelamento do solo para fins urbanos e a criação das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), para fins de aplicação dos procedimentos de regularização. As políticas públicas nessa época consistiam basicamente no processo de regularização de ocupações, distribuição de lotes e na desapropriação de áreas de terras particulares ou públicas para interesse social.

Segundo dados da Secretaria de Estado de Terras e Habitação, nos anos de 2000 e 2003 ocorreram mais de 100 novas ocupações que, além da insegurança e precariedade, é fator agravante de risco. O crescimento urbano irregular possibilita as desigualdades sociais e a segregação espacial.

Essas ocupações ou invasões são feitas em áreas impróprias para habitação, como em encostas, nascentes de igarapé, barrancos, antigos depósitos de lixo, como o caso do Bairro Novo Israel, na Zona Norte da cidade.

Segundo dados da Fundação João Pinheiro (2005) a partir de 2001, o Estado vem regularizando a moradia de famílias que ocupam há mais de 05 anos as terras do Estado, através da concessão de uso especial para fins de moradia, o que tem beneficiado mais de 5 mil famílias com previsão para atingir mais de 25 mil famílias no ano de 2006.

Dentre os programas criados pelo BNH destacam-se dois: o programa Conjunto Habitacional (COHAB), que tinha como meta a construção de casas em áreas livres para formação de conjuntos habitacionais para famílias com renda de até 5 salários mínimos e o PROMORAR, cujo objetivo era promover a urbanização de áreas carentes de infraestrutura.



Foi através destes programas que se deu a construção de conjuntos habitacionais e a implementação do Projeto de Urbanização de bairros executadas pelo COHAB-AM ou SUHAB, órgão responsável pela política habitacional no Estado. Conforme dados da SUHAB, no período de 1982 até 1990, foi construído o conjunto Cidade Nova que expandiu a Zona Norte e inaugurou uma nova fase na construção de unidades habitacionais populares em Manaus. A partir de 2001, deu-se início a construção do Conjunto Nova Cidade, onde até o final de 2006, foram entregues 9.220 habitações.

Nos últimos nove anos, mais de 35 mil moradias beneficiaram a população do Amazonas. Na capital foram entregues os conjuntos: Cidadão I, Amine Lindoso, Carlos Braga, Cidadão V, João Paulo II, Nova Cidade, Cidadão VI, Galiléia, Villa Nova, Cidadão VII, Cidadão Petrópolis, Cidadão IX, X e Cidadão XII. Com exceção dos conjuntos Nova Cidade, Villa Nova e Galiléia, que foram financiados a funcionários públicos do Estado, todas as demais moradias foram totalmente subsidiadas pelo Governo do Amazonas (SUHAB, 2013).

O interior também foi priorizado pelo governo, como a construção de novos conjuntos habitacionais, os denominados “Conjuntos Cidadãos” em Manacapuru, São Gabriel da Cachoeira, Tefé, Itacoatiara e Rio Preto da Eva são alguns dos municípios que ganharam conjuntos habitacionais construídos pelo governo em parceria com as prefeituras municipais. Ao todo foram entregues mais de 1.200 habitações.

Em Manaus, o Governo do Amazonas mantém atualmente em construção nove conjuntos populares. São eles: Conjunto Cidadão X (segunda etapa), 587 unidades habitacionais, das 1.287 previstas no projeto. No ano de 2012, houve o retorno dos financiamentos da casa própria para o servidor público, através dos conjuntos de apartamentos Ozias Monteiro I e II na zona norte da cidade. Além dos conjuntos Cidadãos XI, XII, XIII e Pró Moradia, e ainda a primeira fase do Programa Federal Minha Casa Minha Vida e o Residencial Viver Melhor com 3.511 unidades.

### **2.1.2 Projeto PROSAMIM**

A partir de 2005 o Governo do Estado lançou e vem implantando gradativamente o PROSAMIM, que é um Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus e que visa sanar os problemas de habitação e também de poluição com a recuperação ambiental dos

igarapés que somam 32 km de cursos na área urbana da capital, que é entrecortada por 19 igarapés com extensão total de 70 km que deságuam no Rio Negro.

Os recursos para implantação do Programa são do Ministério das Cidades e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). No setor social do PROSAMIM, a principal tarefa é o remanejamento das famílias para conjuntos habitacionais localizados em áreas seguras e com infraestrutura e o desenvolvimento de projetos de geração de trabalho e renda para a sustentação dessas famílias após o reassentamento (SUHAB, 2013).

Esse programa beneficia famílias que moram nas margens e leitos dos igarapés centrais de Manaus. Os benefícios a essas famílias têm a finalidade de resgatar socialmente as que habitam palafitas nas margens e leito dos igarapés e que vivem em condições subumanas. De acordo com o Governo do Estado, a transferência dessas famílias para locais que tenham maiores condições de habitabilidade, possibilita um recomeço para as mesmas e também a construção de uma nova Manaus.

A ocupação desordenada dos igarapés representa um dos principais problemas na área urbana de Manaus. A escassez de oferta de habitação ao alcance dos extratos mais carentes da população levou ao longo das últimas três décadas ao uso indiscriminado e inadequado do solo urbano. Este, por sua vez, aliado à falta de infraestrutura de saneamento básico devido à dificuldade de fornecer estes serviços na mesma velocidade em que a ocupação se processava, levou ao atual cenário de degradação dos corpos d'água e as áreas do entorno, e de risco social e ambiental a que estão sujeitas as populações que ali vivem.

O quadro social e ambiental apresentado antes do Projeto PROSAMIM é resultante de:

- Carência de habitações populares em Manaus, favorecendo a ocupação irregular dos igarapés, com a ocupação do leito dos igarapés pelas palafitas;
- Insuficiência e desordem do sistema de macrodrenagem, que agrava o problema das cheias: e da ocupação do leito dos igarapés pelas palafitas;
- Deficiência no sistema de coleta de lixo que favorece o despejo do mesmo nos igarapés e que contribui para a obstrução dos leitos, a poluição e a deterioração da qualidade de vida da população;
- Carência de um sistema de esgotamento sanitário, que cobre apenas uma parcela ínfima da cidade e que tem os mesmos efeitos deletérios já mencionados.

Essa situação cada vez mais frequente e em expansão na cidade culmina com a incidência de situações de calamidade pública em razão das fortes chuvas que provocam grandes inundações, expondo os ribeirinhos a situações de risco e o agravamento das condições econômicas e de saúde da população. Historicamente, os governos vêm oferecendo soluções paliativas para este problema, constando principalmente de ações emergenciais e mitigadoras, porém sem solução em longo prazo (PROSAMIM, 2007).

Em 2003, o Governo do Estado do Amazonas passa a estruturar uma política fundiária para a cidade de Manaus no sentido de conter as invasões e o crescimento do número de novas moradias às margens dos igarapés. As duas principais bacias hidrográficas da cidade passam a ser tratadas com prioridade, sendo que é escolhida a Bacia dos Educandos, por reunir um maior contingente populacional ribeirinho em área de risco e os maiores índices de doenças de veiculação hídrica, dentre outros indicadores socioambientais.

O Programa foi implantado na Bacia do Educandos localizada na porção sudeste de Manaus, que possui uma área de 44.87 km<sup>2</sup>, compreendendo 17 bairros, a saber: Centro, Praça 14 de Janeiro, Cachoeirinha, São Francisco, Petrópolis, Raiz, Japiim, Coroadó, Educandos, Colônia Oliveira Machado, Santa Luzia, Morro da Liberdade, São Lázaro, Bethânia, Crespo, Armando Mendes, Zumbi dos Palmares e 80% da área do Distrito Industrial de Manaus. Algumas áreas sofreram a intervenção direta do Programa - Área de Influência Direta (AID) – que são aquelas objeto da maioria das intervenções em macro e micro-drenagem, água e esgotamento sanitário, sistema viário, urbanismo e reassentamento (PROSAMIM, 2007).

O Governo do Estado do Amazonas abordou soluções dos problemas existentes de forma integrada, a partir da implementação do PROSAMIM. A primeira e segunda etapas do Programa, integra a bacia hidrográfica do Educandos e a terceira o denominado PROSAMIM III integra a Bacia do São Raimundo que está em plena fase de implementação de obras e ações de sustentabilidade socioambiental.

O Programa, em suas três fases (PROSAMIM I, II e III), vem sendo executado pela Unidade de Gerenciamento do Programa Social e Ambiental dos Igarapés (UGPI), subordinada ao Governo do Estado do Amazonas (GEA) e com autonomia administrativa. Esta Unidade está estruturada com um Coordenador Executivo e Subcoordenações técnicas nas áreas engenharia, social, ambiental, jurídico, financeiro e institucional, além de assessores de comunicação social, administrativo e informática. Para a gestão e supervisão de obras e

elaboração de projetos de engenharia do Programa, a UGPI conta com empresas de consultoria. (PROSAMIM, 2013).

### **2.1.3 Principais Problemas Ambientais**

Segundo o PROSAMIM (2007), os problemas sociais e ambientais nas áreas ao longo dos Igarapés de Manaus têm como principais causas:

- A falta de recursos financeiros de uma parte da população, aliada à deficiência na oferta de habitações populares planejadas, fez com que as pessoas ocupassem as áreas de risco, construindo palafitas ao longo dos Igarapés;
- O aumento da impermeabilização das bacias hidrográficas, ocasionadas pela ocupação desordenada do espaço físico, é responsável pelo aumento das vazões decorrentes de chuvas intensas, fazendo com que as calhas dos cursos de água, que no passado comportavam aquelas cheias, apresentem, atualmente, frequentes transbordamentos;
- Agrava-se a situação com o lançamento de resíduos sólidos nos Igarapés, causando assoreamento e o estrangulamento da seção de escoamento;
- A manutenção deficiente dos igarapés e outros coletores de macro-drenagem, representada pela ausência de planejamento de dragagens e a falta de um programa racional de limpeza, entre outros, agravam o quadro, fazendo com que obras pontuais (bueiros e pontes) passem a constituir obstáculos à passagem de entulhos e sedimentos carregados pelas chuvas e, conseqüentemente, provocando inundações a montante;
- Com a ocorrência simultânea das cheias do rio Negro e de chuvas nas bacias dos igarapés, a situação torna-se mais crítica; existindo um lamentável histórico de situações de emergência e calamidade nos períodos críticos dos anos.

### **2.1.6 Bacia Hidrográfica do Educandos**

Na Bacia Hidrográfica de Educandos, as áreas mais altas são da ordem de 80 metros em relação ao nível do mar. São observados ainda nas margens do rio Negro encostas com taludes íngremes com desníveis que podem chegar, localmente, a 50 metros (PROSAMIM, 2007).

A Bacia Hidrográfica do Educandos, composta pelos igarapés Bittencourt, Manaus, Mestre Chico, Cachoeirinha e Quarenta, possui área de 44.87 km<sup>2</sup> e localiza-se na porção sudeste de Manaus entre as latitudes 3° 4'00" S e 3° 9'00" S e as longitudes 60° 1'30" W e 59° 55'30" W. Suas nascentes estão localizadas no Refúgio de Vida Silvestre Sauim-Castanheiras, no Distrito Industrial e em terrenos dos bairros Zumbi dos Palmares e Armando Mendes. Os canais de seus principais igarapés drenam para o Rio Negro com direção predominante N-NE (PROSAMIM, 2004).

O grande desafio aos arquitetos e urbanistas do século XXI é encontrar as respostas para a aplicação da sustentabilidade urbana. É necessário pensar espaços diversificados, dinâmicos, centralizados, complexos e arborizados, que propiciem o encontro das pessoas em espaços públicos agradáveis, utilizando fontes renováveis e recicláveis de recursos, energia e produção, resgatando a relação equilibrada entre homem e natureza.

Conforme afirma Dias (1998), o desenvolvimento não só substituiu a madeira pelo ferro, à palha pela telha, o igarapé pela avenida, mas também transformou a paisagem natural, destruiu antigos costumes, dinamizou o comércio e incentivou a migração. Enfim, a modernidade trouxe grandes transformações não somente materiais como também humanas.

Os processos erosivos observados estão distribuídos ao longo das encostas dos igarapés. Muitos destes processos acabam ocupando toda a extensão da encosta. Os terraços/várzeas (Figura 2.2) são identificados como as áreas de inundação do rio. Compreendem solos normalmente argilosos, com nível d'água bem próximo à superfície, recobertos por material de granulometria mais grossa como produto da erosão das encostas. Quando estas encostas estão ocupadas, podem vir misturados a estes materiais mais grossos, restos de lixo, entulhos de construção etc., acumulando-se nos leitos dos igarapés (PROSAMIM, 2007).



Figura 2.2 - Terraço/Várzea do Igarapé dos Educandos no período de Vazante (Novembro/ 1998).  
Fonte: PROSAMIM (2007).

A Bacia dos Educandos com uma extensão de 3.833,80 hectares de área, e situada na porção sudeste da cidade, envolve 80 % da área do Distrito Industrial, e abrangem os bairros de Educandos, Colônia Oliveira Machado, Santa Luzia, Morro da Liberdade, São Lázaro, Betânia, Crespo, São Francisco, Petrópolis, Raiz, Japiim, Coroado, Armando Mendes, Zumbi dos Palmares, Praça 14, Cachoeirinha e parte do Centro.

A Figura 2.3 mostra a localização das bacias hidrográficas que drenam a cidade de Manaus. Nela é possível observar a Bacia do Educandos, constituída por 33 igarapés, com uma extensão total de 48,54 km. Seu leito principal tem 12,84 km de extensão e seus igarapés são Educandos, Quarenta e Armando Mendes. Seus afluentes têm 35,70 km de extensão e são compostos pelos igarapés de Manaus, Bittencourt, Mestre Chico, Cajual, Liberdade, Cachoeirinha, Betânia, Raiz, Vovó, Freira, Japiim, Buriti, Semp, 31 de Março, Javari, Campus II, Ibiurana, Campus I, Ipê, Copiúba, Nova República, Porco, Chaminé, Sharp, Acariquara, Zumbi 1, Zumbi 2.

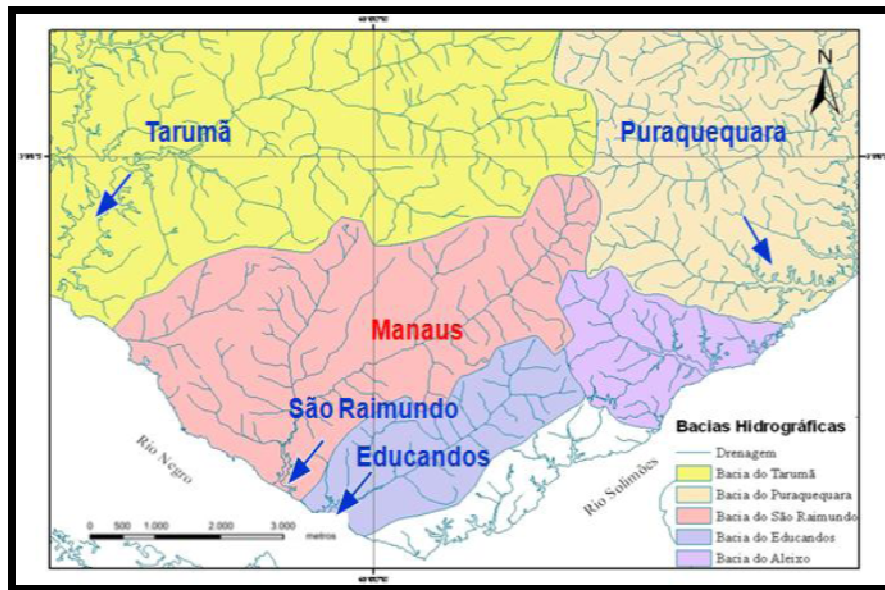


Figura 2.3 - Localização das bacias hidrográficas que drenam a cidade de Manaus. Fonte: Universidade Federal do Amazonas (2005).

De acordo com Cruz et. al. (2009), as bacias hidrográficas modificadas pela urbanidade são componentes de um geossistema diferenciado onde atuam tanto lógicas sociais, políticas, culturais e econômicas quanto o regime hídrico e processos hidrogeomorfológicos.

A previsão de impactos é um elemento analítico e metodológico, mas sua concretização precisa da participação democrática da sociedade no contexto de como atuar, de como será a gestão da bacia, visto que há territorialidades distintas na dinâmica do mundo urbano. A bacia é dinâmica na sua existência, mas sem o caráter tautológico ou meramente construtivista, é uma realidade que compõe o cenário das cidades, do ponto de vista cultural, social e econômico, pois nela está envolvido o uso social da água ou a morte social dos rios (LEONEL, 1998).

### 2.1.5 Micro Bacia do Igarapé do Mestre Chico

Igarapé é uma palavra indígena, de origem Tupi, que significa “caminho de canoa”. Trata-se de um riacho que liga duas ilhas entre si ou uma ilha à terra firme. Por ser um canal estreito e pouco profundo, somente canoas e barcos pequenos podem navegar por ele (ESCOLA BRITANICA, 2014).

O Igarapé do Mestre Chico (Figura 2.4) é um pequeno curso d’água situado no centro da cidade de Manaus. Sua bacia hidrográfica tem uma configuração alongada, tendo

seu único curso uma extensão de 2.500 m e área de contribuição de aproximadamente 125 hectares. Antes do PROSAMIM as margens do igarapé eram densamente ocupadas por uma grande população de baixa renda, distribuída de forma aleatória ao longo do igarapé, invadindo seu leito maior, sem o mínimo padrão de urbanização e com graves deficiências nos setores de saneamento, limpeza urbana e coleta de lixo.

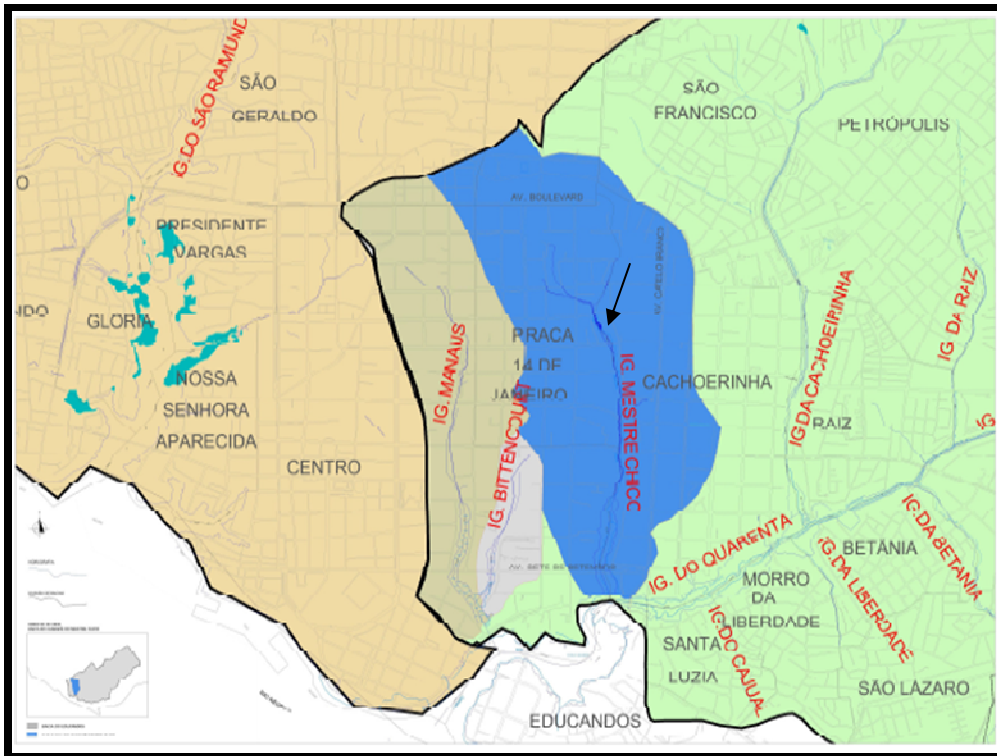


Figura 2.4 – Bacia do Educandos – Igarapé do Mestre Chico  
Fonte: PROSAMIM (2007)

A solução definitiva para esta bacia, além da implantação do projeto de macrodrenagem e da remoção e reassentamento da população diretamente afetada, depende fundamentalmente da organização urbana da área, com a integração com os demais projetos previstos, sejam: reurbanização, melhorias no sistema viário, micro-drenagem, esgotamento sanitário, limpeza pública e coleta de lixo e da implementação de programas de fomento à efetiva participação comunitária e educação ambiental (PROSAMIM, 2007).

O Igarapé do Mestre Chico ainda tem sua cabeceira em uma área hoje densamente povoada, no final da Rua Paraíba, no Bairro Adrianópolis. A mesma está localizada numa encosta, com risco de deslizamentos. Ao longo de seu curso em algumas áreas que ainda não tiveram suas canalizações concluídas, ainda encontramos algumas palafitas que lançam seus dejetos diretamente no mesmo.



### **2.1.6 Benefícios para os Habitantes do Igarapé do Mestre Chico, Após Implantação do PROSAMIM.**

A área de intervenção do projeto na bacia do Igarapé Mestre Chico, no que se refere à macro drenagem e reurbanização, foi de aproximadamente 9 hectares, mas no caso de esgotamento sanitário, o estudo envolveu uma área bem maior, correspondente à totalidade da bacia de esgotamento, estimada em 32 hectares.

O reassentamento das famílias retiradas das áreas de intervenção de obras no igarapé do Mestre Chico aconteceu a partir de fevereiro do ano de 2012, em quadras urbanizadas para este fim específico. O projeto de interligação da rede de água interna a estas quadras com a rede primária do setor de abastecimento foi desenvolvido de acordo com as diretrizes emanadas pela empresa Águas do Amazonas (PROSAMIM, 2012).

A população beneficiada dentro da área de intervenção direta (9 hectares) foi de aproximadamente 2.515 habitantes, dos quais cerca de 1.990 foram removidos e reassentados em quadras reurbanizadas para esse fim específico, situadas na própria bacia. (PROSAMIM, 2011).

O Programa teve impactos amplamente positivos, que dizem respeito aos seus próprios objetivos específicos: i) melhoria das condições ambientais e de saúde na área de intervenção do Programa, por meio da reabilitação e implantação de sistemas de drenagem, abastecimento de água e recuperação ambiental das áreas inundáveis e nascentes; ii) melhoria das condições habitacionais da população da área de intervenção do Programa, por meio do ordenamento urbano, regularização da propriedade, implantação de áreas dispersas de lazer e educação ambiental e sanitária; e iii) prosseguimento do fortalecimento das instituições envolvidas e capacitação junto às comunidades para assegurar a sustentabilidade dos financiamentos.

Os impactos positivos a seguir podem ser facilmente verificados e comprovados a partir dos resultados obtidos nos Programas anteriores (PROSAMIM I e II), além de opiniões colhidas nas comunidades locais.

Como impactos positivos relacionados ao meio antrópico, podem ser citados: i) elevação da autoestima da população, com a conseqüente redução de quadros de violência, depressão e instabilidades emocionais; ii) melhoria das condições de habitabilidade e socioeconômica da população reassentada; iii) oferta de infraestrutura adequada à permanência digna da população remanescente; iv) incremento na oferta de serviços sociais básicos (energia, água potável, coleta de lixo, segurança, etc.); v) melhoria do quadro geral de

saúde da população remanejada e remanescente; vi) melhoria das condições de trafegabilidade na área de intervenção e da área do entorno, reduzindo o tempo de deslocamento dos moradores e transeuntes e o *stress* correspondente; vii) oferta de opções de lazer, convivência social e prática esportiva à comunidade local e visitantes; viii) estabelecimento de interesse turístico no local; ix) incremento de atividades econômicas relacionadas à exploração da área para o lazer, prática desportiva e manifestações culturais; e x) incremento da capacidade de trabalho da população local, por meio da qualificação de mão-de-obra a ser promovida pelo Programa.

Como impactos positivos sobre o meio natural, podem ser citados: i) restabelecimento das condições de equilíbrio geomecânico dos solos e taludes marginais; ii) estabilização do regime hídrico superficial, minimizando o efeito das inundações e cheias sazonais; iii) recuperação parcial da capacidade de recarga de mananciais subterrâneos; iv) melhoria da qualidade físico, química e bacteriológica da água superficial, devido à redução na emissão de efluentes domésticos e industriais nos igarapé; v) melhoria das condições climáticas locais, com melhorias significativas na sensação térmica, devido ao reflorestamento das margens do Igarapé São Raimundo e à implantação de paisagismo nas áreas públicas (vias de acesso, parques e jardins); vi) melhoria da qualidade do ar, resultado da reintrodução da mata ciliar e da reestruturação do sistema viário, desconcentrando a emissão particulados e fumaça por veículos automotores; vii) reocupação da área saneada por espécies da fauna silvestre, principalmente aves, peixes e répteis; viii) recuperação do ecossistema local e restabelecimento de cadeias tróficas; e ix) estabelecimento das condições adequadas de qualidade visual e sonora dos locais de intervenção (PROSAMIM, 2007).

Assim, o PROSAMIM buscou a recuperação das áreas degradadas e a melhoria das condições de vida da população, a partir de estratégias de ações: drenagem da bacia, com a canalização dos igarapés e, adequação do sistema de micro drenagem; saneamento básico, com a melhoria nos serviços de abastecimento de água e implantação de sistema esgotamento sanitário; urbanismo e habitação, com implantação de quadras dotadas de todo os requisitos e equipamentos urbanísticos, e habitação para o reassentamento da população que atualmente reside nas áreas de risco.

As diretrizes principais para a concepção das obras para abastecimento de água na área dos igarapés são as seguintes: abastecimento de água potável por meio de rede hidráulica passando pelas vias públicas, com dispositivos de medição de consumo; interligação da rede projetada à rede existente, se possível com a implantação de anéis, de forma a permitir maior

flexibilidade operacional; e alimentação da rede projetada por meio de dois setores de distribuição, quando a área a se abastecer estiver no limite daqueles setores (PROSAMIM, 2011).

Existem atualmente sistemas de coleta cobrindo uma parte da sub-bacia de esgotamento em que se inserem os igarapés, mais precisamente no Centro de Manaus, e na quase totalidade da região leste (Distrito Industrial). Esses sistemas foram projetados para direcionar os esgotos para o emissário sub-fluvial, passando antes por duas estações de pré-condicionamento (EPCs) – a EPC-2 e a EPC-E.

Existem também alguns sistemas isolados em outras áreas, pertencentes às sub-bacias, mas o que predomina são os esgotos lançados diretamente na rede de drenagem pluvial e nas valas e sarjetas, tendo como receptores finais os igarapés. Da mesma forma que para as obras de abastecimento de água, as obras de abastecimento de água as obras de infraestrutura de esgoto, foram concebidas com enquadramento total na concepção geral da Companhia Águas do Amazonas.

Desta forma, as características principais das obras propostas foram: coleta dos esgotos por meio de rede convencional passando pelas vias públicas e, isto não é tecnicamente viável, com a utilização de soluções não convencionais como os ramais condominiais; implantação de interceptores ao longo das margens dos igarapés; elevação dos esgotos por elevatória até as chamadas EPCs; e pré-condicionamento dos esgotos nas EPCs e lançamento no rio Negro através de emissário sub-fluvial existente (PROSAMIM, 2011).

Foram selecionadas áreas baldias localizadas nas proximidades da área de intervenção, que permitiam atender a demanda da população atingida. Paralelamente foram desenvolvidos módulos de habitações adequadas às necessidades e a expectativa da população afetada, em custos de construção compatíveis com as disponibilidades orçamentárias do PROSAMIM.

Nas áreas para o reassentamento da população foram previstas áreas destinadas à locação de serviços básicos necessários, tais como: comércio e serviço e segurança. Não foi necessário prever escolas e postos de saúde, pois a região é extremamente bem servida pelas redes públicas, estadual e municipal (PROSAMIM, 2007).

As vias de acesso e circulação restritas das novas áreas de reassentamento as vias de serviço ao longo dos trechos de canalização dos igarapés em galerias e reurbanização das áreas no entorno dos igarapés, facilitou o fornecimento de serviços urbanos, tais como a coleta de lixo; água; esgoto sanitário; drenagem pluvial; rede de distribuição de energia;

serviços de telefone; entre outros. Foi projetado um sistema de micro circulação para as áreas destinadas à habitação, com tipologia adequada ao padrão de habitação, sem prejuízo às questões de segurança, conforto e serviços urbanos (PROSAMIM, 2007).

As áreas criadas às margens dos igarapés pelas obras de aterro foram reurbanizadas de forma a reintegrar à área urbana através de parques e áreas de lazer, com equipamentos que permitisse a sua utilização pela população sem contrapor aos aspectos ambientais, inibindo o uso desordenado e impossibilitando o retorno do antigo estado. A tipologia habitacional permite aos seus usuários a reintegração social compatível com os moradores das áreas adjacentes (PROSAMIM, 2010).

As obras foram executadas dentro de um cronograma que possibilitasse a otimização dos recursos e continuidade em sua execução, sendo as principais obras e serviços: demolições, limpeza e preparação das áreas; drenagens profundas, dragagens e remoções de solo mole; obras de arte especiais, bueiros, galerias e canais; terraplanagens e drenagens superficiais; rede de água potável; esgotamento sanitário (redes coletoras, interceptores e elevatórias); construção de habitações; abertura e pavimentação de vias públicas e vias de acesso, circulação e serviço e drenagem urbana; redes elétricas e de telefonia e parques, áreas verdes e praças (PROSAMIM, 2010).

Com a implantação do Programa foram beneficiadas diretamente cerca de 21.000 famílias ribeirinhas, algo em total de 102.400 habitantes. Indiretamente, toda a população da Bacia dos Educandos ganhou em qualidade de vida com a melhoria das condições ambientais, sanitárias e urbanísticas.

### **2.1.7 Qualidade da Água nos Igarapés de Intervenção do PROSAMIM**

A meta para a qualidade da água estabelecida pelo programa é alcançar os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA em sua Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

O Art. 4º dispõe que para a água ser classificada na classe 2 podem ser destinadas: a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) A proteção das comunidades aquáticas; c) A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, de 2000; d) a irrigação de hortaliças,

plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) a aquicultura e à atividade de pesca.

O programa propõe o monitoramento dos parâmetros de Coliformes Termotolerantes, DBO, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal, Oxigênio Dissolvido (OD). Segundo dados do Relatório de Gestão do Governo do Estado de 2011, a presença de coliformes termotolerantes diminuiu em 42% desde o início do Programa a partir de 2006, nas águas da Bacia do Educandos, Cachoeirinha, Cajual e São Raimundo. A partir de 2011, a Unidade de Gerenciamento do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (UPGI) estabeleceu metas para monitoramento da qualidade das águas dos igarapés que compõem estas bacias.

Dados do relatório afirmam ainda, que o volume estimado de poluentes, avaliados durante o ano de 2010, que deixaram de ser lançados diretamente nos igarapés após o reassentamento de cerca de 34 mil pessoas realizado pelo PROSAMIM foram:

Esgoto sanitário - 2.741.600 litros/dia.

Lixo doméstico - 27.416 kg/dia.

O fortalecimento destes aspectos despoluente se dá através de implantação de esgotamento sanitário, contemplando: 2.500m de interceptores; 135.000m de redes coletoras; 04 estações elevatórias (PROSAMIM, 2011).

Na área ambiental, o PROSAMIM também contempla parceira com outros projetos importantes, em Manaus como o Plano de Controle de Contaminação Industrial, em parceria com o IPAAM, e o Plano Diretor de Resíduos Sólidos, cujos estudos o Programa financiou e repassou para execução da Prefeitura de Manaus, através da SEMULSP.

### **2.1.8 Parâmetros de Qualidade**

A qualidade de água está diretamente ligada ao seu uso. Desta forma, quando se faz a análise da água deve-se associar tal uso aos requisitos mínimos exigidos para cada tipo de aplicação. Os padrões de qualidade para as diversas finalidades da água devem ser embasados em suporte legal, através de legislações que estabeleçam e convençionem os requisitos, em função do uso previsto para a água (TELLES e COSTA, 2007).

A qualidade das águas superficiais depende do clima e da litologia da região, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência antrópica. A influência do

clima se dá através da distribuição da chuva, temperatura e ventos que ocorrem na região. Os seres vivos presentes na água também alteram sua composição. (LIMA, 2004).

### **2.1.9 Principais Parâmetros Físicos, Químicos e Microbiológicos da Qualidade da Água.**

Diversos parâmetros são utilizados para caracterizar a qualidade da água, por representar suas características físicas, químicas e microbiológicas. Estes parâmetros indicam a qualidade da água e indicam problemas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para um uso específico (MIZUTORI, 2009).

Os principais parâmetros de qualidade microbiológicos, organolépticos, físicos e, químicos são: coliformes termotolerantes, cor, odor, sabor, temperatura, turbidez, sólidos totais, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido, nitrato, fosforo total, nitrogênio total, sulfeto, metais traços e outros. Os parâmetros analisados na pesquisa foram:

#### **2.1.9.1 – Coliformes termotolerantes**

Os coliformes termotolerantes fazem parte do subgrupo dos coliformes totais. O indicador microbiológico mais sugestivo são as bactérias *Escherichia coli*, principal representante do subgrupo coliforme termotolerante. Sua presença é uma evidência conclusiva de poluição fecal recente (WHO, 2004).

A *Escherichia coli* está presente na flora intestinal normal dos humanos e animais onde não causa nenhum dano, no entanto quando penetrado em outras partes do corpo, a *E. coli* pode causar sérios problemas de saúde, como infecções de áreas urinárias, diarreias, hepatites e outros.

#### **2.1.9.2 Turbidez**

A turbidez é a medição da resistência da água à passagem de luz; é provocada pela presença de material fino (partículas) em suspensão (flutuando/dispersas) na água. É um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto (HELLER e PÁUDA, 2010). Altos valores de turbidez podem proporcionar baixa fotossintética pela vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez,

influenciar nas comunidades biológicas aquáticas, diminuindo a produtividade de peixes (IGAM, 2004). Não representa riscos quando de origem natural, porém origem antropogênica geralmente pode estar composta a produtos tóxicos e microrganismos patogênicos.

A unidade mais utilizada de turbidez é a UNT (ou NTU em inglês) que é Unidade Nefelométrica de Turbidez. O turbidímetro é utilizado neste tipo de medição (COSTA, 2008).

### 2.1.9.3 Potencial hidrogeniônico

Von Sperling (2005) descreve que o pH indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água. O pH pode ser resultado de fatores naturais e antrópicos. Valores altos de pH (alcalino) de sistemas hídricos pode estar associado a proliferação de vegetais em geral, pois com o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico e portanto diminuição do ácido carbônico da água e consequente aumento do pH.

A acidez no meio aquático (pH baixo) é causada principalmente pela presença de CO<sub>2</sub>, ácidos minerais e sais hidrolisados. Quando um ácido reage com a água, o íon hidrogênio é liberado, acidificando o meio.

É um parâmetro de caráter operacional que deve ser acompanhado para otimizar os processos de tratamento e preservar as tubulações contra corrosões ou entupimentos. É um parâmetro que não tem risco sanitário associado diretamente à sua medida (HELLER e PÁUDA, 2010).

### 2.1.9.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A capacidade dos microrganismos presentes em uma amostra de água natural em consumir oxigênio é chamada de Demanda Bioquímica de Oxigênio. A substância mais habitualmente oxidada pelo oxigênio dissolvido em água é a matéria orgânica de origem biológica, como a procedente de plantas mortas e restos de animais (LIMA, 2004).

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (CETESB, 2013). A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento

do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2013).

A medição da DBO tem grande importância em trabalhos regulares e em estudos desenvolvidos para avaliar a capacidade de purificação de corpos de água receptores, pois define o grau de poluição de efluentes domésticos ou industriais em termos do oxigênio que eles necessitam se descarregado em cursos d'água naturais onde existam condições aeróbicas. O teste é um dos mais importantes nas atividades de controle de poluição.

#### 2.1.9.6 Fósforo total

O fósforo é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. A presença de fósforo nos corpos d'água desencadeia o desenvolvimento de algas ou de plantas aquáticas indesejáveis, principalmente em reservatórios ou corpos d'água de ambiente lântico, podendo conduzir ao processo de eutrofização (IGAM, 2004).

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos que são representados pelos radicais, que se combina com cátions formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos (CETESB, 2008).

#### 2.1.9.7 Nitrogênio total

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato denotam que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2013).



A incorporação do nitrogênio pelas águas se dá, principalmente, através da troca gasosa com o ar entre as algas, pela matéria orgânica em decomposição e despejos de adubos e esgotos. O nitrogênio é apontado como o principal responsável pela eutrofização. A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água.

#### 2.1.9.8 Oxigênio dissolvido

Elemento essencial para a manutenção da vida aquática, a concentração de Oxigênio Dissolvido pode atingir até 11mg/L. Os valores acima de 8mg/l são encontrados em águas livres da poluição. As principais causas da queda da quantidade de OD nos rios urbanos estão associadas ao esgoto doméstico e industrial lançados, na maioria dos casos, sem nenhum tratamento prévio. (FERREIRA, 2005).

As reações bioquímicas que utilizam o oxigênio aumentam com a elevação da temperatura. Portanto, os níveis de OD tendem a serem mais críticos no verão, onde sua solubilidade em água diminui e principalmente em águas eutrofizadas seu consumo aumenta (ESTEVES, 1998).

O OD é necessário para a respiração de microorganismos aeróbicos, bem como outras formas aeróbicas de vida. A quantidade de oxigênio que pode estar presente na água é regulada por vários fatores, tais como: a solubilidade do gás, a pressão parcial do gás na atmosfera, a temperatura, a salinidade, sólidos em suspensão, etc. (BASTOS, 2007).

#### 2.1.9.9 Sólidos totais

Em saneamento os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado sendo classificados em: sólidos filtráveis (dissolvidos); sólidos não filtráveis (em suspensão), sólidos totais (dissolvidos + suspensos) (CETESB, 2008). Os sólidos podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem ou também danificar os leitos de desova de peixes, podem ainda reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios promovendo decomposição anaeróbia.

Águas que apresentam altas concentrações de sólidos dissolvidos apresentam potabilidade inferior e podem causar a reações negativas ao consumidor. Por estas razões, um limite máximo de 500 mg/L de sólidos dissolvidos é desejável para potabilidade das águas.

#### 2.1.9.10 Temperatura

A temperatura da água é fator que influencia a grande maioria dos processos físicos (tal como a solubilidade dos gases dissolvidos), químicos e biológicos que ocorrem na água. Elevadas temperaturas fazem diminuir a solubilidade dos gases como, por exemplo, do OD, além de aumentar a taxa de transferência de gases. Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferencial em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical (IGAM 2004).

A temperatura da água afeta a solubilidade dos gases, alterando a quantidade de OD. Consequentemente, o processo de decomposição da matéria orgânica é influenciado, resultando em mudança da qualidade da água (BRANCO, 1991).

#### 2.1.11 – Índice da Qualidade de Água

A partir de um estudo realizado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas. Para o IQA são estabelecidos limites que permitem a classificação da qualidade como ótima, boa, aceitável, ruim ou péssima (CETESB, 2009).

Foram sugeridos 35 parâmetros para a composição do IQA, porém somente os nove seguintes foram considerados de maior relevância para avaliação da qualidade da água: coliformes fecais, DBO, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, pH e sólidos totais (GAMEIRO, 2008).

O IQA é um número resultante de uma equação matemática baseada em valores de vários parâmetros de qualidade tanto física e química, como microbiológicos. Este índice fornece uma indicação relativa da qualidade, permitindo uma comparação espaço-temporal de pontos distribuídos num mesmo corpo aquático ou entre distintas coleções hídricas (comparação inter e intra reservatórios) (LIMA, 2004).

### 3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1.1 Área de Estudo

O igarapé do Mestre Chico é uma micro bacia da bacia hidrográfica do Educandos, que se localiza no norte do Brasil, na cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas.

Segundo o Estudo de Impacto Ambiental do PROSAMIM I (2004), o igarapé do Mestre Chico tem um vale aberto próximo à sua cabeceira, fechado no curso médio e torna-se aberto no trecho próximo à foz. O fundo do vale é chato, podendo apresentar fundo em “V” no seu curso médio. As margens apresentam encostas com desníveis topográficos em torno de 20m, com gradientes médios na maior parte do seu percurso e gradientes baixos nas imediações da foz. A várzea é constituída por fácies areno-argilosa da Formação Alter do Chão na área da cabeceira, alcançando largura de até 150m; por fácies argilosa da mesma formação no trecho médio, com larguras em torno de 100m; e por aluviões na área da foz, com largura alcançando 120m. A profundidade média é do leito menor é de 1,81m.

Os métodos de coleta de amostras água deste estudo obedeceram à normatização da ABNT (NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento; NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento) e os métodos de análise e as técnicas foram as preconizadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

As análises foram realizadas nos seguintes parâmetros bacteriológicos e físico-químicos, sendo:

Bacteriológicos: Coliformes Termotolerantes/NMP = Número Mais Provável por cem mililitros;

Físico-químicos: Oxigênio dissolvido (OD)/Mg/l de O<sub>2</sub>; Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)/MgO<sub>2</sub>/L; Temperatura/°C; Potencial hidrogeniônico/Ph; Nitrogênio amoniacal/mg N/L; Fósforo total/mg P/L; Turbidez/NTU; Sólidos dissolvidos totais/mg/L.

### 3.1.2 Coleta das Amostras

As coletas de água do Igarapé do Mestre Chico (Figura 3.5) foram realizadas levando-se em consideração o fluxo normal de água que é do ponto mais alto para o ponto mais baixo, sendo um ponto na nascente (montante), um ponto intermediário e outro no mirante (jusante).

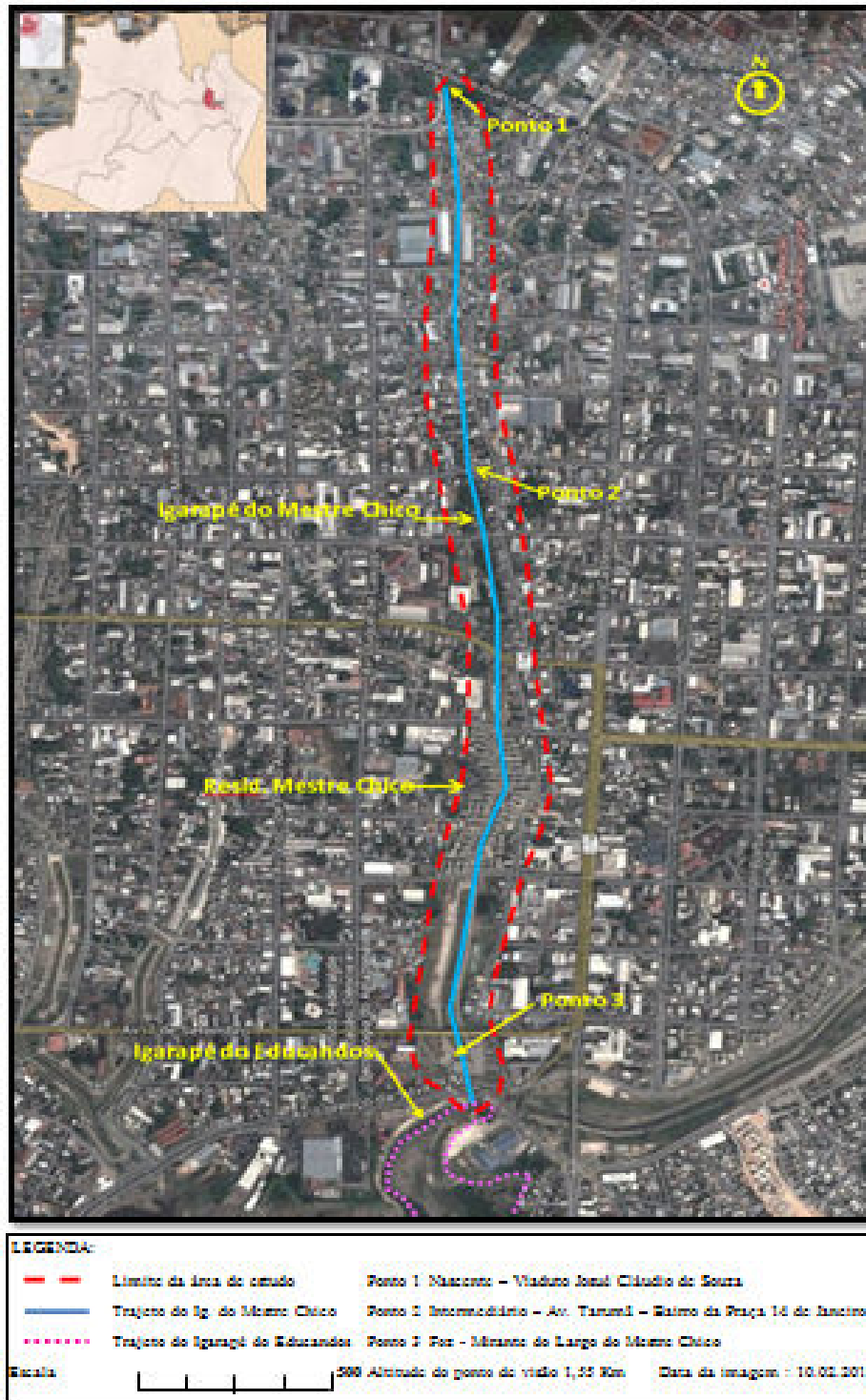


Figura 3.5 – Área de estudo do Igarapé do Mestre Chico e seus pontos de coleta.  
Fonte – Adaptada pela autora através do Google Earth, 2014.

A nascente do igarapé do Mestre Chico está localizada na latitude  $3^{\circ}11'54''S$  e longitude  $60^{\circ}01'05''O$ , debaixo do Viaduto Josué Cláudio de Souza, próximo a Av. Marciano Armont, e foi denominado Ponto 1 (Figura.3.6).



Figura . 3.6 - Ponto 1 – Nascente do Igarapé do Mestre Chico debaixo do Viaduto Josué Cláudio de Souza.

Fonte: Adaptado do Google Earth pela autora (2014) e PROSAMIM (2013).

Essa nascente cresce e dá vazão ao percurso do igarapé cortando importantes vias da cidade. Na Rua Tarumã, bairro Praça 14 de Janeiro, localiza-se o ponto 2, cujas as coordenadas são: latitude  $3^{\circ}12'31''S$  e longitude  $60^{\circ}01'01''$  (Figura 3.7).



Figura 3.7 - Ponto 2, Localizado na Av. Tarumã, no bairro da Praça 14 de Janeiro  
Fonte: Adaptado do Google Earth pela autora 2014; PROSAMIM (2013)

O denominado Ponto 3 é o último ponto de coleta, suas coordenadas são de latitude 3°13'52”S e longitude 60° 01'00”, localizado no Mirante do Igarapé do Mestre Chico, o ponto fica localizado no Largo do Mestre Chico próximo a Av. Lourenço da Silva Braga “Manaus Moderna” (Figura 3.8).

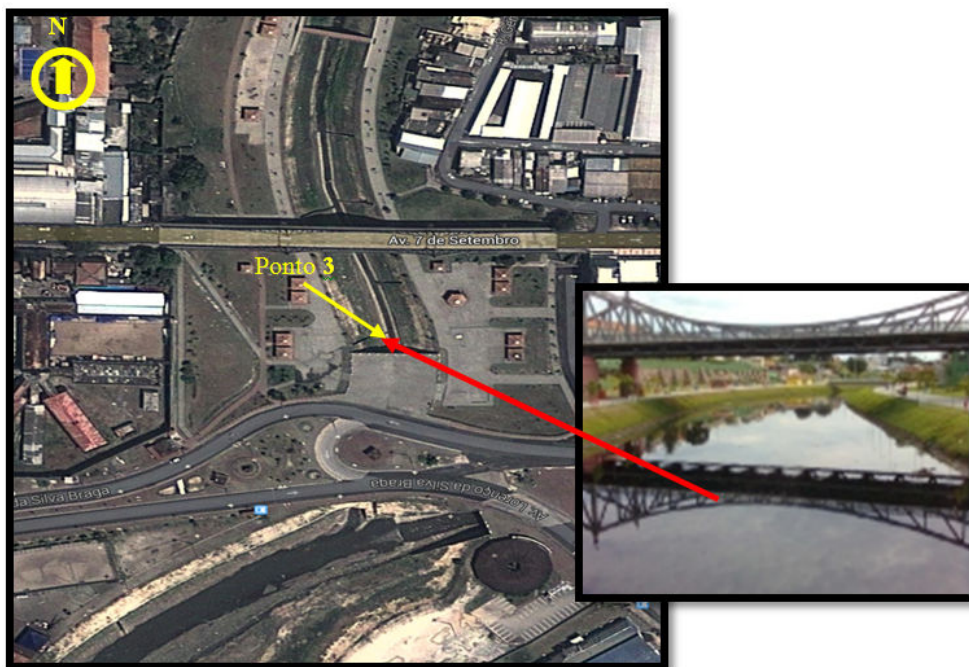


Figura 3.8 – Ponto 3, localizado no Largo do Mestre Chico próximo a Av. Lourenço da Silva Braga “Manaus Moderna”.

Fonte: Adaptado do Google Earth pela autora 2014; PROSAMIM (2013)

### 3.1.3 Análise das Amostras

Os métodos indicados pela pesquisa laboratorial obedeceram ABNT, NBR 9897 (Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento); NBR 9898 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento) e os métodos de análise obedeceram às técnicas preconizadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1991).

Em cada coleta de água foram anotados dados temperatura do ar, clima, período e aspecto da água.

Os parâmetros analisados estão descritos a seguir, bem como os procedimentos de análise realizados. Todas as metodologias de análises foram seguidas conforme descritas no manual de análises de águas APHA - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 2005.

As análises foram realizadas nos laboratórios: LUPA – Análises Bromatológicas Ltda e MICRO-LAB – Laboratório de Análises e Pesquisas.

Coliformes Termotolerantes: A metodologia utilizada para essas análises de coliformes foi baseada na 21.ed do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Este método é usualmente utilizado como padrão, pois é amplamente preconizado pela vigilância sanitária, e outros órgãos regulamentadores. O método dos tubos múltiplos foi feito em três etapas: primeiramente a amostra foi inoculada no caldo lauril sulfato triptose, o chamado teste presuntivo, este é um meio de enriquecimento para bactérias do grupo coliformes, bactérias estas que tem a capacidade de turvarem o meio e formarem gases, que é detectado pelo tubo de Durham após 48 horas incubados em  $35\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .

A segunda etapa foi realizada com pequenas quantidades (alçadas) dos caldos lauril sulfato triptose positivos em caldo verde brilhante bile 2% na temperatura de  $35\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  por 48 h, ele é seletivo para Coliformes Totais e o caldo E.C que é seletivo para *Escherichia coli*, ou teste confirmativo para Coliformes Termotolerantes, os tubos foram incubados em banho-maria  $44,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas, nestes tubos ocorre turvação do caldo, com formação de gás caso sejam positivos para coliformes termotolerantes (SILVA et. al. 2010). A quantificação da quantidade de coliformes para essa técnica foi realizada através de um método de simplificação, denominado “Número Mais Provável” (NMP), também conhecido como tubos múltiplos e seu resultado é expresso em NMP por 100 mL.

Oxigênio Dissolvido (OD): Para determinação do OD, utilizou-se o método do eletrodo com membrana, realizado in situ através da utilização de oxímetro, contido em um medidor multiparâmetro, com eletrodo de medição de oxigênio. Este oxímetro foi calibrado segundo o procedimento de calibração do manual do equipamento.

Demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ): indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração. A DBO é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de  $20^{\circ}\text{C}$  e durante um período de incubação também fixo, 5 dias. É uma medida que procura retratar em laboratório o fenômeno que acontece no corpo d’água. Assim uma amostra é coletada e o oxigênio dissolvido é medido após a coleta com eletrodo íon seletivo para oxigênio. Em seguida, a amostra é selada (para evitar a dissolução de oxigênio adicional dentro dela) e é mantida em estufa durante cinco dias, a  $20^{\circ}\text{C}$ , em frasco âmbar (para evitar que haja fotossíntese, o que resultaria na produção de oxigênio adicional) e com o pH



ajustado entre 6,5 e 8,5. Ao fim dos cinco dias, repete-se a medida do oxigênio dissolvido (OD final). A  $DBO_5$  será a diferença entre o OD inicial e o OD final. É um indicador estimativo, já que as condições: turbulência das águas, aeração e insolação etc. não são consideradas. Quando a água possui muita matéria orgânica e microrganismos, é necessário diluir a amostra e introduzir nutrientes. Para efluentes indústrias que não possuem oxigênio suficiente e nem microrganismos, é necessário além da diluição e introdução de nutrientes, adicionar “semente”, ou seja uma porção de esgoto com microrganismos e  $DBO$  conhecido para corrigir o resultado final. No período de 5 dias a  $20^{\circ}C$  ( $DBO_5$ ), é consumido cerca de 70% a 80% da matéria orgânica (esgoto doméstico); após 5 dias começa a demanda nitrogenada, em que durante cerca de 20 dias são consumidos 100 % da matéria orgânica. Para este parâmetro o esgoto é considerado biodegradável quando a relação  $DQO/DBO$  é menor 5. O equipamento usado foi da Hanna Instruments – mod. HI 4421.

Temperatura: A medição da temperatura ( $^{\circ}C$ ) foi realizada através de um termômetro digital, onde a variação de temperatura foi medida através da diferença da temperatura entre o ar e a água.

Potencial Hidrogeniônico (pH): Para a determinação de pH foi realizada in situ através da utilização do eletrodo de medição de pH contido no medidor multiparâmetro que já estava devidamente calibrado de acordo com o procedimento de calibração do manual do equipamento marca Hanna Instruments – mod. HI 2212.

Nitrogênio Amoniacal: O nitrogênio total foi determinado por titulometria. Determinando-se o nitrogênio amoniacal.

Fósforo total: Na determinação de fósforo total, as amostras foram inicialmente conduzidas para o processo de digestão, onde esta consistiu em colocar a amostra e o ácido num copo de teflon hermeticamente fechado e submetê-los a um forno de micro-ondas. Para a realização deste procedimento, transferiu-se 20mL da amostra para o copo de teflon, em seguida adicionou-se a esse mesmo copo 1mL de ácido nítrico ( $HNO_3$ ) concentrado e de alta pureza. Logo depois, esses copos foram fechados e posicionados no digestor para se iniciar a digestão ácida com duração de seis minutos utilizando uma potência de 300 W e depois se fez a digestão novamente de seis minutos utilizando uma potência de 0 W para resfriar a amostra. Depois de finalizada a digestão, as amostras foram filtradas em papel filtro quantitativo e transferidas para o frasco de polietileno para efeito de leitura através da técnica

de Espectroscopia de Emissão com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado no ICP-OES. Determinação das Concentrações dos Metais traços por ICP-OES.

Turbidez: A turbidez foi medida, utilizando-se o método nefelométrico, que foi baseado na comparação da intensidade de luz desviada pela amostra, com a intensidade de luz desviada por uma suspensão padrão de referência, de 40 UNT. Conforme descrito no Standard Methods (APHA, 2005) 2130 B - Nephelometric Method. O modelo do turbidímetro utilizado foi um Hach, 2100P, USA.

Sólidos Dissolvidos: Para a determinação dos sólidos dissolvidos foi usado o filtrado obtido na determinação dos sólidos suspensos, que foi transferido para uma cápsula de porcelana previamente pesada, o material foi então evaporado até a secura. Após a secagem, foi colocada em estufa a 103°C, durante duas horas, em seguida ficou arrefecendo por 15 minutos e em seguida pesada até peso constante e imediatamente a massa de sólidos dissolvidos foi então calculada. Este procedimento é descrito no Standard Methods (APHA, 1998) 2540 D - Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C.

### 4.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados das análises de água serão apresentados e discutidos neste capítulo, de modo a caracterizar a qualidade das águas superficiais do Igarapé do Mestre Chico. Para a caracterização da qualidade destas águas foram usados os resultados obtidos das análises laboratoriais e confrontados com os padrões estabelecidos segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA N.º 357/2005.

De acordo com Silva (2011), a água possui cinco tipos básicos de contaminantes naturais: sólidos em suspensão; sais dissolvidos; materiais orgânicos dissolvidos; microrganismos e gases dissolvidos. Assevera o autor da importância do monitoramento da água não só para mantê-la dentro dos padrões legais de qualidade como também para atender as necessidades de aplicação controlando as alterações efetuadas em sua qualidade.

Segundo Telles e Costa (2007), a presença da impureza é avaliada de acordo com sua característica, sendo ela dividida em três tipos de análises: características físicas; características biológicas e características químicas.

De acordo com Anjos (2007), igarapés da cidade de Manaus estão sujeitos a impactos antropogênicos, pois apresentaram mudanças tanto nos parâmetros físico-químicos, como na composição e estrutura das assembleias de peixes. Igarapés em bom estado de conservação apresentaram riqueza de espécies mais alta, associada a altos valores de OD e baixos valores de condutividade e pH, e a situação inversa foi registrada nos igarapés poluídos por efluentes domésticos.

Características biológicas: referem-se à parte viva da água analisada através da microbiologia, que revela a presença dos reinos animal, vegetal e protista compreendendo organismos como bactérias, algas, fungos, protozoários, vírus e helmintos. Os parâmetros estabelecidos pelas análises biológicas condizem com os interesses da Engenharia Sanitária e Ambiental e visa principalmente ao controle de transmissão de doenças. A impureza de natureza biológica é representada pelos seres vivos (bactérias, vírus, fungos, helmintos e protozoários) normalmente liberados pelos desejos humanos (HESPANHOL, 1997).

Elevadas concentrações de coliformes termotolerantes: Estima-se que, no ano 2000, somente 3% dos domicílios estavam ligadas as redes de esgotos e cerca de 50% lançavam os dejetos em fossas. Nas áreas onde inexistente rede coletora, são utilizados fossas e sumidouros nas residências e fossa/filtros anaeróbicos nos conjuntos habitacionais. Portanto, em toda a cidade de Manaus, mesmo em áreas próximas ao centro, ocorrem lançamentos de efluentes domésticos nas ruas e nos vários igarapés que cruzam Manaus. A rede de esgoto tem ao todo aproximadamente 361 km, sendo que, 141,20 km, correspondentes a 39% do total, se estendem na área do Prosamim cobrindo os bairros de Educandos, Centro e Distrito Industrial (LOPES et. al., 2008).

Valores dos parâmetros bacteriológicos verificados no Igarapé do Mestre Chico, nos períodos de Janeiro de 2011; Julho de 2011 e Janeiro de 2012, em seus 3 pontos de coleta. (Tabela 4.5).

Baseado nos resultados das análises da Tabela 4.2, observa-se que os resultados obtidos mostram concentrações de coliformes termotolerantes altas em todos os pontos, conforme o estabelecido pela Resolução do CONAMA 357/2005 art. 15 classificação II - 1000 coliformes por 100 mL em 80% ou mais de amostras. Indicando uma forte contribuição por parte dos esgotos domésticos, seja a partir de fontes pontuais ou difusas. No ponto 1 ocorreu uma diminuição considerável de coliformes termotolerantes, ou seja na nascente do Igarapé do Mestre Chico em relação aos pontos 2 e 3 no decorrer do período, porém esses valores estão longe dos padrões aceitáveis, ou seja, ainda não atende o que preconiza a Classe II da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente.

Tabela 4.2 – Parâmetros Bacteriológicos.

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	21x10 <sup>4</sup>	460,0	11x10 <sup>2</sup>	91x10 <sup>4</sup>	≥2400	23x10 <sup>2</sup>	93x10 <sup>4</sup>	1100	93x10 <sup>3</sup>

NMP = Número Mais Provável por cem mililitros.

Fonte: PROSAMIM (2013) ; organizado por Normando (2014).

Os Coliformes Termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA N° 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro Coliformes Termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

Valores Medidos no Igarapé do Mestre Chico - Parâmetros: físico-químicos:

De acordo com CONAMA 357/2005 - Art. 15 classificação II, todas as amostras de Oxigênio Dissolvido não deve ser inferior a 5,0 mg O<sub>2</sub>/L. A medição desse parâmetro é de grande importância para avaliar a qualidade da águas. Observa-se que ao longo dos três períodos os valores de OD das amostras dos pontos 1, 2 e 3 estão abaixo do limite aceitável, sendo que o valor do ponto 3 três vezes menor do que a nascente (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Oxigênio Dissolvido (OD)

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	4,82	2,10	3,27	1,48	1,4	1,74	1,55	1,0	1,03

Fonte: PROSAMIM (2013); organizado por Normando (2014).

Os baixos valores do oxigênio dissolvido são produzidos pela grande quantidade de resíduos orgânicos provenientes de esgotos domésticos e certos resíduos industriais. Assim, quanto maior a carga orgânica, maior a quantidade de microorganismos decompositores e assim, maior o consumo de oxigênio. A temperatura da água, velocidade e tipo de fluxo, a altitude, a quantidade de matéria em suspensão, a quantidade de nutrientes, a profundidade do canal e principalmente o tipo de poluição são aspectos que influenciam esse índice.

Baseados nos dados da Tabela 4.4, é possível se observar algumas características das águas do Igarapé do Mestre Chico no ano de 1993, já tomado por esgoto e demais resíduos.

Tabela 4.4 - Parâmetros de Qualidade de Água do Igarapé Mestre Chico em fevereiro de 1993

Igarapé	pH	OD (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Coliformes totais (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
Ponto 1	6,0	1,3	8,6	1.100	1.100
Ponto 2	6,2	1,8	6,3	1.100	1.100
Ponto 3	6,0	2,3	9,2	1.100	1.100

Fonte: Prosamim (2007).

Verificou-se que em 1993 o pH do ponto 2 do Igarapé do Mestre Chico era de 6,2. No estudo, desenvolvido entre abril/2004 e setembro/2006, o pH aumentou para valores entre 6 e 7 (INPA, 2007).

Para que possa ter uma ideia sobre o quadro evolutivo da qualidade da água do Igarapé do Mestre Chico, vale a pena mencionar as características das águas das bacias da área urbana de Manaus no ano de 2007.

O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), coordenado pela Dra. Hillândia Brandão da Cunha desenvolveu um estudo entre abril/2004 e setembro/2006, denominado “Elaboração de índices de qualidade de água para o município de Manaus”, que teve como finalidade conhecer as características ambientais das águas das bacias da área urbana de Manaus (INPA, 2007). O estudo desenvolvido obteve dados do pH variando entre 6 e 7 e uma alta condutividade, com níveis de coliformes altíssimos e altos teores de metais e íons dissolvidos, observou-se os seguintes impactos ambientais na área:

- Elevado grau de comprometimento da qualidade ambiental local, com relação aos meios físico e biótico;
- Alguns componentes da biota local foram totalmente eliminados pelo uso e ocupação irregulares do solo, não sendo mais passíveis de restauração, como é o caso da mata ciliar;
- Alguns atributos do meio físico foram totalmente descaracterizados, como é o caso dos solos;
- A fauna local limita-se ao predomínio de espécies representantes de fauna insetívora, herpetofauna e outros seres adaptáveis a áreas antropizadas. A fauna nativa é inexistente no local;
- A qualidade das águas superficial e subterrânea está fortemente comprometida; a ictiofauna atualmente inexistente.

Os parâmetros pesquisados por Cunha (2007), foram coliformes fecais, nitrito, amônia, fosfato, sódio total suspenso, dentre outros. Segundo a pesquisadora, cerca de 80% das águas superficiais do perímetro urbano de Manaus estavam comprometidas. Os outros 20% representam algumas das nascentes dos igarapés das três bacias (Tarumã, Educandos e Quarenta), que ainda se encontravam preservadas .

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005 - Art. 15 Classificação II – o pH deve ser entre 6,0 a 9,0 - Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes. Art. 16. Os efluentes

de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis: Observando os resultados da Tabela 4.5 verifica-se que todos os resultados estão em conformidade com as condições de lançamento de efluentes, tendo uma pequena variação entre os pontos.

Tabela 4.5 - Potencial Hidrogeniônico (Ph)

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Potencial hidrogeniônico (pH) a 25°C	-	6,64	6,54	6,88	6,69	6,34	6,76	6,61	6,41	6,92

Fonte: PROSAMIM (2013); organizado por Normando (2014).

Igarapés em bom estado de conservação apresentaram os maiores valores de OD, riqueza de espécies, diversidade e equitabilidade, assim como as menores concentrações de amônia, nitrito e menores valores de condutividade e pH. O aporte de esgotos domésticos nos igarapés de diversos fragmentos florestais resultou na eutrofização desses sistemas aquáticos, com aumento significativo dos valores pH, condutividade, amônia, nitrito, e redução nos níveis de OD (ANJOS, 2007).

De acordo com a Resolução do CONAMA 357/2005 - Art. 15 classificação II – a quantidade máxima aceitável de Demanda Bioquímica de Oxigênio é 5,0 mg de O<sub>2</sub> / L. Observando-se os valores dos resultados obtidos na análise na Tabela 4.6, verifica-se que a água do Igarapé do Mestre Chico esta fora do padrão máximo permitido.

Tabela 4.6 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O <sub>2</sub> /L	12,9	42,3	23,0	15,0	56,5	26,0	8,6	45,4	30,0

Fonte: PROSAMIM (2013) ; organizado por Normando (2014).

De acordo com Pinto *et al* (2009) a demanda bioquímica do oxigênio (DBO) é uma forma indireta de se avaliar o grau de poluição de um ambiente, pois quanto maior a concentração de microorganismos, maior o consumo de oxigênio em processo de respiração pelas bactérias aeróbias. A DBO é apresentada em porcentagem do oxigênio dissolvido e ratifica seu comportamento espacial e temporal.

A alta concentração de DBO pode ocasionar em problemas ambientais graves. Como o DBO corresponde a alta quantidade de matéria orgânica no meio, para sua total decomposição há o uso do OD na água, caso a matéria orgânica seja muito abundante, a decomposição pode ser anaeróbia, tendo como resultados substâncias que podem degradar a qualidade da água. Os produtos mais comuns envolvidos na degradação anaeróbia são gás carbônico, metano, amônia, ácidos graxos, mercaptanas, fenóis e aminoácidos. A total depleção do OD ocasiona na morte da biota aquática dependente do oxigênio e eutrofização do corpo d'água (PEREIRA, 2004).

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades (ESTEVES, 1988).

Para o menor impacto do DBO elevado em corpos d'água superficiais, usa-se o método de aeração artificial, para aumento da concentração de OD na água, essa oxigenação artificial deixa mais propícia as condições do corpo d'água para a incorporação de microrganismos fotossintetizantes como as algas microscópicas, havendo assim a produção de oxigênio primário.

Para a Resolução do CONAMA 357/2005 - Art. 15 classificação II – Ha a seguinte classificação de Nitrogênio Amoniacal:

- 3,7mg/L N, para  $\text{pH} \leq 7,5$
- 2,0 mg/L N, para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
- 1,0 mg/L N, para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
- 0,5 mg/L N, para  $\text{pH} > 8,5$

Conforme os resultados do nitrogênio amoniacal da Tabela 4.7, e levando-se em consideração os resultados dos pHs das amostras dos pontos 1, 2 e 3, que tem uma variação entre 6,34 a 6,92 o valor máximo aceitável é do nitrogênio amoniacal é de 3,7 mg N/L, para  $\text{pH} \leq 7,5$ . Segundo os resultados somente a amostra do ponto 1, referente a Julho/2011 está dentro do padrão aceitável da Classe II da Resolução 357/2005. Os demais pontos estão bem acima do aceitável e com bastante variação de um ponto para outro, bem como nos diferentes períodos.



Tabela 4.7 - Nitrogênio Amoniacal

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Nitrogênio Amoniacal	mg N/L	12,6	< 0,01	3,9	13,0	22,03	4,8	14,0	18,93	6,3

Fonte: PROSAMIM (2013); organizado por Normando (2014).

A concentração de nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos porque a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidado biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio. (CETESB, 2014).

A incorporação do nitrogênio pelas águas se dá, principalmente, através da troca gasosa com o ar entre as algas, pela matéria orgânica em decomposição e despejos de adubos e esgotos. Existem duas formas de nitrogênio no estudo das águas: o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o gás amônia ( $\text{NH}_3$ ) (CETESB, 2003).

Segundo a Resolução do CONAMA 357/2005 - Art. 15 classificação II – o valor máximo aceitável de nitrato é de 10 mg N/L. Baseado-se nos resultados obtidos nas análises os valores do nitrato (tabela 4.8) estão dentro do padrão máximo permitido, porém é possível se observar uma variação bastante significativa entre os valores

Tabela 4.8 - Nitrato

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Nitrato	mg N/L	1,0	5,0	0,1	1,1	6,81	0,3	1,2	2,47	1,2

Fonte: PROSAMIM (2013) ; organizado por Normando (2014).

O nitrato e o nitrito são substâncias químicas derivadas do nitrogênio e são encontrados de forma natural na água e no solo em baixas concentrações. A deposição de matéria orgânica no solo, como acontece quando se utiliza fossas e sumidouros, aumenta drasticamente a quantidade de nitrogênio. Esse nitrogênio é biotransformado e por fim se transforma na substância inorgânica denominada nitrato que possui grande mobilidade no solo alcançando o manancial subterrâneo e ali se depositando. O nitrato por possuir essas características, se torna um ótimo indicativo para avaliar se um dado manancial subterrâneo está sendo contaminado pela atividade antrópica sobre ele exercida (MELLO *et al*, 1984).

De acordo com o CONAMA 357/2005 - Art. 15 Classe II, o valor máximo é de 0,05 mg P/L - Fósforo total (ambiente lântico) 0,020 mg P/L; Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) 0,025 mg P/L.

De acordo com os resultados das análises a água está com uma concentração de fósforo total acima do valor máximo aceitável (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 - Fósforo Total

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Fósforo Total	mg P/L	2,4	0,201	1,5	3,6	0,167	2,0	3,7	0,104	3,63

Fonte: PROSAMIM (2013); organizado por Normando (2014).

O fósforo aparece nas águas naturais principalmente devido às descargas de efluentes domésticos que contém detergentes superfosfatados além da própria matéria fecal. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas podem provocar o excesso de fósforo nas águas naturais, por conta da aplicação de fertilizante no solo. Ainda, por ser nutriente para processos biológicos o excesso de fósforo causa processos de eutrofização nas águas (PIVELI e KATO, 2005).

Baseada na Resolução do CONAMA 357/2005 - Art. 15 Classe II – o valor máximo de turbidez é de 100 NTU. De acordo com a Tabela 4.10, todos os resultados do parâmetro turbidez atendem a exigência da Resolução para águas de classe II, porém numa faixa variável, sendo o valor do ponto 1 de 3,48 a 22; o do ponto 2 de 18,92 a 38 e do ponto 3, onde apresenta a maior variação que é de 12,78 a 86, onde se localiza a foz do igarapé.

Tabela 4.10 – Turbidez

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Turbidez	NTU	22,0	3,48	18,0	38,0	18,92	24,0	45,0	12,78	86,0

Fonte: PROSAMIM (2013) ; organizado por Normando (2014).

A turbidez é o resultado da presença de sólidos em suspensão oriundos de processos erosivos e também de despejos e pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. A carga de sólidos recebe contribuição de todos os contaminantes da água,

exceto dos gases dissolvidos. Quando em excesso nos corpos hídricos, podem causar alterações na turbidez, gerando problemas estéticos e prejudicando a atividade fotossintética (VON SPERLING, 2005).

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005 - Art. 15 Classe II, o valor máximo aceitável é de 500 mg/L de Sólidos Dissolvidos Totais - O assoreamento e entulhamento do canal do igarapé Mestre Chico impediam o escoamento normal das águas, ocasionando inundações e deslizamentos de terra por ocasião das fortes precipitações pluviométricas. De acordo com os resultados encontrados de sólidos dissolvidos totais (Tabela 4.11) nas análises, todos os valores estão em conformidade com Resolução. Embora todos os três valores encontrados de julho de 2011, sejam bem abaixo dos valores do semestre anterior e posterior.

Tabela 4.11 Sólidos Dissolvidos Totais:

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Sólidos Dissolvidos Totais	mg /L	193,8	60,3	160,0	218,9	100,8	187,0	227,4	80,5	240,0

Fonte: PROSAMIM (2013); organizado por Normando (2014).

Quanto aos valores da Temperatura (Tabela 4.12) a Resolução do CONAMA 357/2005 não tem um valor de referência, porém não houve grande variação em relação aos encontrados, com exceção do ponto 2 de Julho de 2011, isto pode ser explicado pelo despejo direto de esgoto sanitário no córrego.

Tabela 4.12 - Temperatura

Parâmetro	Unidade	Nascente - Ponto 1			Intermediário – Ponto2			Mirante – Ponto 3		
		Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12	Jan/11	Jul/11	Jan/12
Temperatura	°C	28,7	28,7	28,5	28,1	30,5	29,4	28,9	28,6	29,3

Fonte: PROSAMIM (2013); organizado por Normando (2014).

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta de 0 a 30 °C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento,

temperatura preferida em limites térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (CETESB,2008.)

Considerando-se ainda, que o PROSAMIM foi implantado para retirar a população que residia no Igarapé Mestre Chico tendo em vista que era submetida a condições subumanas de vida e sobrevivência, sobretudo pelas condições insalubres de moradia; as condições precárias de habitabilidade, consistindo dessa forma em risco físico permanente aos moradores do local. O Projeto de macro drenagem, componente do projeto básico avançado do Igarapé Mestre Chico tornou-se complexo, em função de sua natureza (obras múltiplas) e requereu estrita observância de todas as medidas preventivas, além das restrições exigidos pelo organismo licenciador, IPAAM.

De acordo com o relatório do PROSAMIM (2011), a importância dos impactos ambientais relacionados refere-se unicamente àqueles que ocorrem atualmente na área ou por processos induzidos por ações antrópicas não estando associado às intervenções de engenharia propostas para o Projeto Básico Avançado do Igarapé Mestre Chico.

Com a implantação do Projeto a preservação da água subterrânea no cenário de “sucessão” (Figura 4.9) foi beneficiada pela melhoria do sistema de limpeza urbana e do sistema viário.



Figura 4.9 (A, B, C, D) – Ponte Benjamin Constant sobre o Igarapé do Mestre Chico (A) 1970, (B) 2006, (C;D) 2010.  
Fontes ( A e B) Oliveira (2006); (C;D) Vilaça (2010).

Por outro lado, a coleta de esgotos sanitários deu lugar à redução das fossas sépticas. Com o encerramento das obras a melhoria da qualidade de suas águas e a redução em intensidade, frequência e distributividade, das inundações de áreas ocupadas, contribuíram também para a redução dos fatores condicionantes da contaminação do solo e do lençol freático associado ao alagamento de áreas por águas contaminadas.

Em relação aos odores houve uma redução dos seus níveis nas áreas urbanas próximas aos igarapés face à retirada de lixo e entulho, não só de suas margens, mas também dos próprios cursos d'água. A canalização dos igarapés e as medidas de saneamento básico (Figura 4.10), também colaboraram para a redução dos odores, e melhoria da paisagem.



Figura 4.10 – Vista das casas que permaneceram na área do igarapé do Mestre Chico, próxima a ponte de acesso às duas margens do igarapé e visão lateral do igarapé.

Fonte: Vilaça (2012).

Segundo o estudo “Panorama da Qualidade de Águas Superficiais do Brasil” feito pela Agência Nacional de Águas (ANA), Manaus produz 67 toneladas de esgoto todos os dias. Dados do Ministério das Cidades indicam que apenas 11% desse esgoto são coletados e que somente 38% do que é coletado passa por algum tipo de tratamento. Cruzando os dados, é possível dizer que apenas 4,17% de todo o esgoto de Manaus é tratado (PRAZERES, 2012).

A retirada dos resíduos sólidos flutuantes, durante a cheia, e daqueles enterrados nos leitos e margens dos igarapés de Manaus, durante a vazante, a limpeza dos igarapés de Manaus ganhou reforço de mão de obra com a terceirização e, conseqüentemente, mais eficiência na retirada de resíduos sólidos das águas dos canais. Tanto que, em 2009 a média

diária de resíduos retirados dos canais era de oito mil quilos e, em 2010, essa média pulou para 17,5 mil quilos diários, se mantendo com o mesmo quantitativo ao longo de 2011(PRAZERES, 2012).

O Projeto de limpeza desenvolvido no Igarapé do Mestre Chico correspondeu a uma etapa do PROSAMIM, outras etapas ainda estão em execução e novas tecnologias são desenvolvidas para limpeza de igarapés com o objetivo de implantar barreiras de contenção de resíduos sólidos ao longo dos igarapés, em especial atualmente da Bacia do São Raimundo, é um artifício utilizado, entretanto o planejamento prioriza ações educativas para coibir a destinação inadequada dos resíduos nos igarapés.

O trabalho de retirada dos resíduos contidos nas barreiras ocorre ainda de forma manual ou utilizando bote para a retirada de longe das margens do igarapé que depois de coletados são levados a uma estação de apoio onde ficarão dispostos para secagem e posteriormente são recolhidos pelo caminhão da coleta seletiva (IBAM, 2010).

## **5.1 CONCLUSÃO**

Resultados da pesquisa mostram que houve um aumento gradativo das concentrações dos parâmetros avaliados na seguinte sequencia dos pontos de amostragem: nº 1 (Igarapé Mestre Chico: Viaduto José Cláudio de Souza); nº 02 (Igarapé Mestre Chico: Av. Tarumã – Bairro Praça 14); nº 3 (Igarapé do Mestre Chico: Mirante). Observou-se também que o local nº 03 (Igarapé do Chico - Mirante) os teores de oxigênio dissolvido foram baixos e as concentrações de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio amoniacal, tiveram os resultados bem acima do aceitável. Tais aumentos gradativos desses indicadores demonstram a existência de grande quantidade de dejetos despejados por atividades domésticas e/ou industriais longo do Igarapé, ou seja, que suas águas continuam bastante poluídas, embora as melhorias realizadas em torno das condições de infraestrutura, principalmente moradias, através do PROSAMIM sejam indubitáveis.

No ponto nº 1 – nascente do Igarapé Mestre Chico: Viaduto José Cláudio de Souza notou-se que a água apresentava coloração clara, aspecto límpido e mata ciliar “modificada”, no inverno (Janeiro), em período chuvoso, com temperatura do dia em torno de 29° C. Ao se passar pelo ponto nº 2 - Igarapé Mestre Chico: Av. Tarumã – Bairro Praça 14, observou-se que nesse local a água apresenta coloração escura, aspecto turvo e acúmulo de resíduos sólidos nas margens, e o ponto nº 3 - Igarapé do Mestre Chico: Mirante apresenta uma água escura e aspecto turvo.

Tais dados e indicadores são resultados das grandes invasões sofridas por Manaus logo após o advento da Zona Franca e do Pólo Industrial de Manaus. Pessoas de todo o interior do Amazonas e de todos os estados brasileiros vinham em busca de emprego e melhor qualidade de vida. Embora tenha havido diminuição dessas migrações em massa, Manaus ainda recebe milhares de desses cidadãos.

Uma parcela significativa de famílias acaba morando em condições subumanas na beira de igarapé que não estão programados pelo PROSAMIM, passam a viver sem qualquer estrutura de abastecimento de água, energia elétrica, esgoto, transporte coletivo, entre outros, justamente por não estarem regulamente ocupadas, gerando um desafio não só urbano, mas também social.

O Amazonas é um dos três estados brasileiros que mais cresce economicamente e atrai migrantes em busca de trabalho. Porém, a procura é maior do que a oferta e esse fluxo migratório acabam criando mais desemprego, principalmente na cidade de Manaus. Os reflexos sociais desta equação são os problemas de segurança pública, saúde e educação. Esses dados estão presentes na pesquisa “Nova geoeconomia do emprego no Brasil: um balanço de 15 anos nos estados da federação”, do economista Márcio Pochmann, professor da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Manaus é uma cidade que cresce de forma desordenada causando um contínuo processo de invasões ou ocupações. O déficit de emprego e moradia é muito alto. A fome faz parte do cotidiano de milhares de famílias vindas das comunidades ribeirinhas, indígenas e migrantes de outros estados e de outros países limítrofes que se instalam nas áreas de invasão das periferias da cidade ou nos igarapés que percorrem toda a cidade.

A pesquisa permitiu-nos concluir que o lixo continua sendo jogado tanto nos igarapés beneficiados pelo Projeto como naqueles que continuam à margem de toda e qualquer ação do poder público. Os crimes ambientais prosseguem como foi e são vistos nos igarapés de Manaus.

Construir uma cidade sustentável com serviços públicos adequados e satisfatórios é uma ambição que faz parte de um grande desafio para a sociedade brasileira que depende dos serviços e das políticas públicas relacionadas principalmente com saúde, educação e assistência social.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, a identificação da população que vive em áreas de igarapés poluídos não atingidos pelo PROSAMIM. Recomenda-se ainda, que sejam investigados os danos ambientais que tais moradores impõem sobre as áreas já trabalhadas por esse programa.



---

---

## REFERÊNCIAS

---

---

AMAZONAS, GOVERNO DO ESTADO. **Avaliação dos impactos urbanísticos e ambientais** – Produto 12. Contrato prestação de serviços técnicos especializados para o monitoramento e avaliação da execução do Prosamim I. COBRAPE. 2011.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Região hidrográfica amazônica** (2010). Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br>> Acesso em: 20 jun. 2014.

ANJOS, H.D.B. **Efeitos da fragmentação florestal sobre as assembleias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus, Amazonas**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA. Universidade Federal do Amazonas-UFAM. Manaus, 2007.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th Ed., APHA, AWWA, WEF, Washington, DC, 1991.

ARAÚJO, J.B.S.; PINTO FILHO, J.L.O. **Revista Verde** (Mossoró-RN) v.5, n.2, p. 80 - 94 abril/junho de 2010.

BASTOS, I.O **Avaliação do índice da qualidade da água no Ribeiro Capim, Médio Rio Doce** – Governador Valadares, 2007.

BENNETT, W.F. **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. St. Paul, MN: APS Press, 1993.

BRANCO, S.M. **Água e o homem**. São Paulo: EDUSP, 1991.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (São Paulo - Brasil). Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 28 de Ago 2012.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **IQA: Índice de qualidade das águas**. (2013) Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acessado 07.01 2013.

CETESB. Especificação dos índices de estado trófico adotados pela CETESB (2009). Extraído do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2002.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: CETESB, 2007.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União** n. 53, Brasília, 18 mar. 2005.

COSTA, E.C.T.A. **Diagnóstico ambiental das águas do estuário Juaí-Potengi pela determinação dos índices de qualidade da água e toxidez**. Dissertação (Mestrado em Química), Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

COSTA, M. **O programa de saneamento dos igarapés de Manaus** (25.11.2012). Disponível em: <<http://marcosocosta.wordpress.com/2012/11/25/o-programa-de-saneamento-dos-igarapes-de-manaus-prosamim>> Acesso em: 25 jul. 2014.

DANTAS, A.S. **Análise de sedimento de fundo: uma amostragem representativa do estuário Potengi/RN**, 2009.

DIAS, E. **A ilusão do Fausto**. Manaus: Valer, 2007.

ESCOLA BRITANNICA. **Enciclopédia Escolar Britannica**, 2014. Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/>>. Acesso em: 23 mai. 2014.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.

FERREIRA, S.L. **Diagnóstico socioambiental da bacia do ribeirão dos Padilhas: o processo de ocupação do loteamento bairro novo, Sítio Cercado**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2005.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Centro de estatística e informações, déficit habitacional no Brasil**, 2005.

GALLI, L.F. **Programa ambiental e social dos igarapés de Manaus (Prosamim III)** (set., 2011). Disponível em: <<http://prosamim.am.gov.br/>> Acesso em: 13 ago. 2014.

GAMEIRO, M.S. **Problemas geoambientais provocados pela expansão urbana no município de Bragança Paulista**. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental). Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Rio de Janeiro-RJ. Tese de Doutorado (Engenharia Metalúrgica e de Materiais) PUC-Rio, 2003.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HELLER, L.; PÁUDA, V. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. São Paulo: UFMG, 2010.

HESPANHOL, I. Esgotos domésticos como recursos hídricos – Parte I – dimensões políticas, i Legais, econômico-financeiras e socioculturais. **Revista Engenharia**, São Paulo, n. 523, p. 45-58, 1997.

IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Manaus**. Manaus: Instituto Brasileiro de Administração Municipal, julho, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Pesquisa **Departamento de população e indicadores sociais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Pesquisa. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2001). Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>> Acesso em: 20 set. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amazonas, Manaus (2014). Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: 05 jul. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações sobre os municípios brasileiro** (2007). Disponível em: <[www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/)> Acesso em: 20 set. 2013.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Relatório de monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 2003**. Belo Horizonte: Projeto Águas de Minas, 2004.

INPA. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Igarapés de Manaus apresentam risco para a saúde humana (20.08.2007)**. Disponível em: <<https://www.inpa.gov.br/>> Acesso em: 20 set. 2013.

IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. **Chemistry And Human Health Division Clinical Chemistry**. “Heavy metals” a meaningless term? Pure and Applied Chemistry. v. 74, n. 5, p. 793–807, 2002.

JANSE, H. J. et. al. **Estimating the critical phosphorus loading of shallow lakes with the ecosystem model PCLake: Sensitivity, calibration and uncertainty**. Ecological Modelling vol. 221 p. 654–665, 2010.

JUNBERG, D.R.; KLEIMAN, C.F. & KWON, S.C. **Position paper of the American council on science and health: lead and human health**. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 38: 162-180, 1997.

JUNK, W.J. & FURCH, K. (1980). Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. **Acta Amazônica** 10 (3): 611-633.

KOLWITZ, R; MARSSON, M. **Okologie der pflanzlichen saprobien**. Beriche der deutschen Botanischen Gessellschaft, v. 26A, p.505-519. 1909.

LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. Sarvier, São Paulo, 1990.

LEONEL, M. **A morte social dos rios: conflito, natureza e cultura na Amazônia**. São Paulo, SP: IAMA: Editora Perspectiva, 1998.

LIMA, A.M. **Limnologia e qualidade ambiental de um corpo lântico receptor de efluentes tratados da indústria de petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

LLOYD, R. **Pollution and freshwater fish**. The Buckland Foundation, Oxford., 1992.

LOPES, M.J.N.L.; SILVA, M.S.R.; SAMPAIO, R.T.M; BELMONT, E.L.L.B.; SANTOS-NETO, C.R. **Avaliação preliminar da qualidade da água de bacias hidrográficas de manaus utilizando o método BMWP adaptado**. SaBios: Rev. Saúde e Biol., v.3, n.2, p.1-9, jul-dez, 2008.

MELLO, F.A.F.; *et al.* . São Paulo: Ed. Distribuidora. 1984.

MIZUTORI, I.S. **Caracterização da qualidade das águas fluviais em meios peri-urbanos: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto-RJ.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, M.S.R. **Estudo da especiação de metais traço em sedimentos de um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita-PB.** João Pessoa, 2006.

PELLEGRINI, J.B.R. **Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do Arroio Lino-Agudo-RS.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 2005.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. V. 1, n. 1. p. 20-26. 2004.

PINTO, D.B.F.; SILVA, A.M.; MELLHO, C.R.; COELHO. **Qualidade da água do ribeirão lavrinha na região Alto Rio Grande-MG.** Ciência e Agrotecnologia, v. 33, n.4, 2009.

PINTO, A. G.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S.R, MIRANDA; S. A.F, PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. M. C. **Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM,** ACTA AMAZÔNICA, vol. 39 (3) 2009: 627 - 638

PIVELI, R.P. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos** (2014). //uspdigital.usp.br/> Acesso em: 20 ago. 2014.

PIVELI, R. P; KATO, M. T; **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-Químicos.** São Paulo: ABES, 2005. 285p

PRAZERES, L. **Igarapé do mindu é condenado à morte em Manaus** (08.07.2012). Disponível em: < <http://acritica.uol.com.br/>> Acesso em 15 mai. 2014.

PROJETO GEO CIDADES. **Relatório ambiental urbano integrado:** informe GEO: Manaus/ Supervisão: Ana Lúcia Nadalutti La Rovere, Samyra Crespo; Coordenação: Rui Velloso. Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 2002.

PROSAMIM, Programa Social e Ambiental de Igarapés de Manaus (2011). **Relatório de Gestão Ambiental e Social – ESMR.** Disponível em: <<http://idbdocs.iadb.org>> Acesso em: 10 jul. 2014.

PROSAMIM. Programa Social e Ambiental de Igarapés de Manaus. Um programa de melhoria ambiental com inclusão social no centro da Amazônia. **Igarapés de Manaus – Amazonas,** maio, 2008.

PROSAMIM. Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus. Governo do Amazonas. Secretaria de Estado de Infraestrutura. Manaus. 2007.

PROSAMIM. Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus. Governo do Amazonas. RIMA - RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - REV. 01 - PROSAMIM III –

IGARAPÉ SÃO RAIMUNDO. Disponível em <http://prosamim.am.gov.br/wp-content/uploads/2012/05/rima-prosamim3.pdf> Acesso em 23 out. 2014.

SANTOS, E.C. **Geografia, educação ambiental e complexidade frente aos desafios do mundo contemporâneo**. Revista Geonorte. Edição Especial, v.4, n.4, p.155-174, 2012.

SILVA, M.R.C. **Estudos de sedimentos da bacia hidrográfica do mogi-guaçu, com ênfase na determinação de metais**. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, 2002.

SILVA, W.F.; AMARAL, S.P. **Medidas de gestão ambiental, eco-eficiência e sustentabilidade em uma usina termoeletrica a gás natural**. VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 12 a 13 de agosto de 2011.

SOUZA, R.S. **Entendendo a questão ambiental**: temas de economia, política e gestão do meio ambiente. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2000.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO (SUHAB). **Programa habitacional** (22.09.2013). Disponível em: <<http://www.suhab.am.gov.br/>> Acesso em: 22 set. 2014.

TAKI FILHO, P.K.; SANTOS, H.R. **Importância do monitoramento da qualidade da água de corpos hídricos**. Paraná: Campus Irati, 2009.

TELLES, D.D.A.; COSTA, R.H.P.G. **Reuso da água**: conceitos, teorias e práticas. 1.ed. São Paulo: Blucher, 2007.

TUCCI, C.E.; IVANILDO HESPANOL, I.; NETTO, O.M.C. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001.

TUNDISI, J.G. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado**. Cienc. Cult. vol.55 n.4 São Paulo Oct./Dec. 2003.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI-MATSUMURA T. **The Lobo-Broa Ecosystem Research**, 1995.

UNWWAP. United Nations World Water Assessment Programme. **Water and Industry**. Retrieved December 16, 2003.

VIANA, V.M.F. **Estudo hidrogeoquímico das veredas do rio do formoso no município de Buritizeiro**, Minas Gerais. Dissertação (mestrado em Geologia). Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3.ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte, MG, 2005.

WHO, World Health Organization. **Guidelines for drinking -water quality** (2004). 3.ed. Geneva: WHO, 2014.