

BRENO DA SILVEIRA DIB

**SANEAMENTO BÁSICO: IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESPEJO
DE ESGOTO NO RIO NEGRO (AMAZONAS-BRASIL)**

MANAUS – AM
2022

BRENO DA SILVEIRA DIB

**SANEAMENTO BÁSICO: IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESPEJO
DE ESGOTO NO RIO NEGRO (AMAZONAS-BRASIL)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental - PPG.EGPSA, do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia– ITEGAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dra. Olinda Maria Figueira Canhoto

**MANAUS – AM
2022**

BRENO DA SILVEIRA DIB

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESPEJO DE ESGOTO NO
RIO NEGRO (AMAZONAS-BRASIL)**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM.

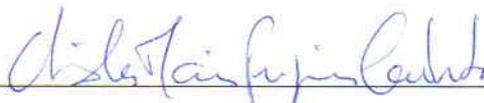
Manaus-AM, 11 de novembro de 2022.



Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite

Coordenador do PPG.EGPSA - ITEGAM

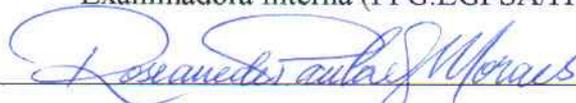
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Olinda Maria Figueira Canhoto
Orientadora (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dra. Simone da Silva
Examinadora Interna (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dra. Roseane de Paula Gomes Moraes
Examinadora Externa (UEA)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Biblioteca do ITEGAM**

Dib, Breno da Silveira, 2022 - SANEAMENTO BÁSICO: IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESPEJO DE ESGOTO NO RIO NEGRO (AMAZONAS-BRASIL) / Breno da Silveira Dib - 2022. 63 f., il: Colorido

Orientador: Dr(a). Olinda Maria Figueira Canhoto

Dissertação: Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Programa de Pós Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (PPG-EGPSA), Manaus - AM, 2022.

1. Saneamento Básico 2. Impacto ambiental 3. Legislação ambiental 4. Rio Negro 5. Amazônia

CDD - 1003.ed.2022.36

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me permitiu sonhar, executar e conquistar esta etapa tão importante na minha vida;

A toda minha família, em especial aos meus pais (Mário Jorge Chami Dib e Tânia Maria da Silveira Dib), irmão (Mário Alberto da Silveira Dib) que sempre apoiam minhas escolhas e estão ali do meu lado, fielmente, para que eu consiga concretizar meus sonhos;

À professora Dra. Olinda Maria Figueira Canhoto que, com brilhantismo, paciência, ensinamentos e suporte, orientou e acompanhou o meu progresso e sempre acreditou no êxito deste trabalho, não me deixando pensar em desistir;

Ao INSTITUTO DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO GALILEO DA AMAZÔNIA (ITEGAM), que ofereceu toda estrutura necessária para a aprendizagem deste Mestrado; e

Ao Centro de Biotecnologia da Amazônia – CBA, instituição que procedeu às análises das amostras de águas, coletadas do rio Negro.

Epígrafe

A natureza pode suprir todas as necessidades
do homem, menos a sua ganância.

(Mahatma Gandhi)

Dedicatória

Aos meus pais (Mário Jorge Chami Dib e Tânia Maria da Silveira Dib, irmão (Mário Alberto da Silveira Dib), meu afilhado/sobrinho (Arthur Cruz Dib) e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida e realizasse mais um sonho.

RESUMO

DIB, Breno da Silveira. **SANEAMENTO BÁSICO: IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESPEJO DE ESGOTO NO RIO NEGRO (AMAZONAS-BRASIL)**. 63 Folhas. 2022. Dissertação do programa de pós-graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (EGPSA), Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

O saneamento básico é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e a produtividade do indivíduo, e facilitar a atividade econômica. Com isso, tem-se que o crescimento desorganizado e desatento dos centros urbanos, somado à falta de políticas públicas e investimentos direcionados, causam danos irreparáveis no meio ambiente como um todo e na saúde das populações devido às falhas no sistema de saneamento básico. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os impactos causados pelo despejo de efluentes não tratados, no rio Negro; proceder a análises microbiológicas de amostras de água de vários pontos da orla de Manaus, bem como de igarapés (pequenos afluentes do Rio Negro), a fim de avaliar a saúde desses corpos hídricos, e o avanço de sua poluição atualmente, comparando os resultados obtidos com os limites permitidos na legislação vigente; analisar a possibilidade de que haja o despejo de águas residuais não tratadas diretamente no Rio Negro, principalmente o uso do emissário subfluvial, sob a ótica de o referido possuir suposta capacidade de autopurificação. Outra das metas deste estudo é propor a atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade de Manaus, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de prazo máximo para que se atinja uma porcentagem satisfatória no acesso da população à coleta e tratamento de esgoto na rede municipal. Para tanto, foram coletadas amostras de água de cinco pontos da cidade e realizadas análises de caracterização microbiológica. Foi possível depreender com os resultados, que a poluição nos igarapés e orla de Manaus são evidentes, considerando que em todos os cinco pontos avaliados foi constatada a presença de microrganismos prejudiciais à saúde humana. Notou-se que o rio Negro, na orla de Manaus, não atende aos padrões de potabilidade e qualidade da água para consumo humano, muito em razão do recebimento de despejo desordenado de efluentes. Pelo exposto, a presente dissertação é uma forma de alertar as autoridades públicas, instituições privadas e também a população, de que há a necessidade de acelerar a implementação dos serviços relacionados ao saneamento básico na cidade de

Manaus, a fim de evitar a irreversibilidade dos danos causados, bem como informar sobre as atuais condições de nossas águas. Deixando claro que o problema, ainda reversível, pode se tornar um desastre natural com graves impactos socioambientais.

Palavras-Chave: Saneamento Básico; Impacto ambiental; Legislação ambiental; Rio Negro; Amazônia.

ABSTRACT

DIB, Breno da Silveira. **BASIC SANITATION: ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY SEWAGE DISPOSAL IN RIO NEGRO (AMAZONAS-BRAZIL).**63 Sheets. 2022. Dissertation of the graduate program in Engineering, Processes, Systems and Environmental Management (EGPSA), Institute of Technology and Education Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

Basic sanitation is a set of measures aimed at preserving or modifying environmental conditions in order to prevent diseases and promote health, improve the population's quality of life and individual productivity, and facilitate economic activities. Thus, the disorganized and inattentive growth of urban centers, added to the lack of public policies and targeted investments, cause irreparable damage to the environment as a whole and to the health of populations due to failures in the basic sanitation system. The objective of this work was to evaluate the impacts caused by the dumping of untreated effluents in the Rio Negro; to carry out microbiological analyzes of water samples from various points on the edge of Manaus, as well as streams (small tributaries of the Rio Negro), in order to assess the health of these water bodies, and the progress of their pollution today, comparing the results obtained within the limits permitted by current legislation; to analyze the possibility that there is the dumping of untreated wastewater directly into the Rio Negro, mainly the use of the subfluvial outfall, from the perspective of the aforementioned having a supposed capacity for self-purification. Another of the goals of this study is to propose the update of the Municipal Basic Sanitation Plan of the city of Manaus, mainly with regard to the establishment of a maximum period to reach a satisfactory percentage in the population's access to the collection and treatment of sewage in the municipal network. For that, water samples were collected from five points in the city and microbiological characterization analyzes were carried out. It was possible to infer from the results that the pollution in the creeks and edge of Manaus are evident, considering that in all five points evaluated the presence of microorganisms harmful to human health was found. It was noted that the Rio Negro, on the edge of Manaus, does not meet the standards of potability and quality of water for human consumption, largely due to the receipt of disorderly effluent discharge. For the above, the present dissertation is a way to alert public authorities, private institutions and also the population, that there is a need to accelerate the implementation of services related to basic sanitation in the city of Manaus, in order to avoid the irreversibility of damages. caused, as well as inform about the current conditions of our

waters. Making it clear that the problem, still reversible, can become a natural disaster with serious socio-environmental impacts.

Keywords: Basic Sanitation; Environmental impact; Environmental legislation; Rio Negro; Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Redes de esgoto da antiga Babilônia.....	22
Figura 2 Sistema de esgoto do Vale do indo	23
Figura 3 Aqueduto em Roma	23
Figura 4 Latrinas (banheiro público) construída no século I d.C	24
Figura 5 Imagem ilustrativa referente à peste negra	24
Figura 6 Ilustração – Esquema da coleta, tratamento e distribuição da água.....	30
Figura 7 Estação elevatória e de tratamento de esgoto que compõem o Sistema Público de Esgotamento Sanitário operado pela concessionária Águas de Manaus	32
Figura 8 Comunidade do Educandos, em Manaus (AM).....	33
Figura 9 Obra de revitalização de rede de drenagem, em Manaus (AM).....	34
Figura 10 Ruas alagadas e lixo acumulado na região central da cidade de Manaus (AM)	35
Figura 11 Metodologia empregada na pesquisa.	43
Figura 12 Área urbana de Manaus (AM).	44
Figura 13 Localização dos pontos de coleta - Área de Manaus (AM).	44
Figura 14 Praia da Ponta Negra – Manaus (AM).	45
Figura 15 Praia da Ponta Negra (vista aérea) – Manaus (AM).	46
Figura 16 Foz do Igarapé do São Raimundo - Manaus (AM).....	46
Figura 17 Foz do Igarapé do São Raimundo (vista aérea) - Manaus (AM).	46
Figura 18 Foz do Igarapé do Educandos - Manaus (AM).....	47
Figura 19 Foz do Igarapé do Educandos (vista aérea) - Manaus (AM).	47
Figura 20 Porto da Ceasa- Manaus (AM).....	48
Figura 21 Porto da Ceasa (vista aérea) - Manaus (AM).....	48
Figura 22 Trecho Igarapé do Mindu - Manaus (AM).....	48
Figura 23 Recipiente para coleta de amostras de água.	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Dados das amostras de água – em Unidades Formadoras de Colônias (UFC)/g...57

LISTA DE SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AM	Amazonas
ANA	Agência Nacional de Águas
ART	Artigo
C	Celsius
CBA	Centro de Biotecnologia da Amazônia
CF	Constituição Federal
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil
D.C.	Depois de Cristo
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
G	Gramma
H	Hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KM	Quilômetro
L	Litro
LNSB	Lei Nacional de Saneamento Básico
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ML	Mililitro
MPGO	Ministério Público de Goiás
OAB	Ordem dos Advogados do Brasil
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Página
PH	Potencial Hidrogeniônico
PLANASAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
S	South
SEMINF	Secretaria Municipal de Infraestrutura
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
STF	Supremo Tribunal Federal
SUS	Sistema Único de Saúde

UFC Unidades Formadoras de Colônias
W West

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	18
1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.2.1 Geral.....	20
1.2.2 Específicos.....	20
1.3 ESCOPO DO TRABALHO	21
CAPÍTULO 2.....	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 HISTÓRICO DO SANEAMENTO BÁSICO	22
2.1.1 O início do saneamento básico no Brasil	25
2.2 ASPECTOS LEGAIS DO SANEAMENTO BÁSICO	26
2.2.1 Competência e titularidade para prestação do serviço	28
2.3 ATIVIDADES DO SANEAMENTO BÁSICO	29
2.3.1 Abastecimento de água potável	29
2.3.2 Esgotamento sanitário	31
2.3.3 Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	33
2.3.4 A drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas	34
2.4 OS INDICADORES DO DÉFICIT DE SANEAMENTO E AS CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS.....	36
2.5 PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB).....	41
CAPÍTULO 3.....	43
3. MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1 ÁREA DE ESTUDO	43
3.1.1 Localização dos pontos de coleta e material usado	44
3.2 PROCEDIMENTO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS	49

3.3 MÉTODOS.....	49
3.3.1 Caracterização Microbiológica.....	49
3.4 MICROORGANISMOS TESTADOS	50
3.4.1 Coliformes Termotolerantes (45°C) e Coliformes Totais.....	50
3.4.2 Bactérias Heterotróficas.....	51
3.4.3 Pseudomonas aeruginosa	51
3.4.4 Bolores e Leveduras.....	52
CAPÍTULO 4.....	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
4.1 RESULTADOS OBTIDOS	53
CAPÍTULO 5.....	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS.....	59

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O serviço público de saneamento básico é um dos mais importantes no que diz respeito à saúde e ao meio ambiente, sendo conceituado como o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças, promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população, a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021).

O que muitos não sabem, é que o saneamento é um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais voltadas para quatro eixos de atividades, quais sejam: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, conforme expresso na Lei Federal nº 11.445/2007, com as alterações promovidas pela Lei Federal nº 14.026/2020, que manteve a referida definição (BRASIL, 2020).

O desenvolvimento do saneamento sempre esteve ligado à evolução das civilizações, às vezes retrocedendo ou renascendo com o aparecimento de outras. Essa evolução se deu durante vários períodos da história mundial até os dias atuais, sempre buscando a universalização e perfeição do serviço à população, metas almejadas até hoje (BARROS, 2014).

Destaca-se, que tanto a saúde pública quanto o meio ambiente têm relação vinculada e necessária para o bom desempenho e alcance referentes ao planejamento e execução dos serviços de saneamento básico. Caso não haja tal associação, os municípios sofrerão consequências negativas, visto que as condições inadequadas do processo de saneamento são diretamente responsáveis por afetar o esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, sistema de drenagem e limpeza urbana.

O que se nota, no entanto, é justamente a precariedade da política pública aqui estudada nos municípios do país, o que causa, dentre outros, o lançamento desordenado e irresponsável de esgoto em rios e lagos, o que consiste em uma das principais razões da poluição hídrica no Brasil e, principalmente, na cidade de Manaus, que é banhada e cortada por rios e igarapés urbanos. Esse é, inclusive, o entendimento de Silva (2014), que discorre que é possível observar grandes deficiências referentes ao saneamento, principalmente devido à falta de processos e atividades eficientes, desde o fornecimento de água, a coleta e o processamento de resíduos, bem como de esgoto. Estima-se que um dos maiores problemas a serem

enfrentados esteja relacionado aos sistemas de esgotamento sanitário e a coleta de resíduos que ainda não se encontram implantados na maioria das regiões do Brasil.

Ressalta-se, o que destaca o Art. 196 da Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB/1988): “saúde é direito de todos e dever do Estado [...]”. Assim, resta claro que o poder público deve proporcionar um eficiente saneamento básico a todos da população, mediante “[...] políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação”.

O saneamento básico é um problema que afeta o país. Em Manaus, a situação é muito delicada, no que diz respeito, principalmente, ao esgotamento sanitário. Este último, segundo o Instituto Trata Brasil (2021), é acessível a apenas 22% da população urbana da cidade, o que contribui diretamente para a poluição dos corpos hídricos que banham Manaus. Logo, está evidente que, apesar da forte relação da cidade de Manaus com a água, existe um desinteresse histórico entre os governantes locais, em aplicar recursos em infraestrutura de saneamento básico, a fim de elevar a porcentagem de pessoas beneficiadas com o serviço e diminuir os danos causados pelos efluentes despejados de forma irregular nos rios e igarapés de Manaus.

Para atenuar a fraca política de saneamento básico, Bourscheit e Schimidt (2021, p. 1) citam em sua reportagem que o governo local tenta se utilizar de brechas legais nas normas. Exemplo disso, foi um documento chamado Carta de Manaus escrito em 2013:

“Que apoiou a visão de que o Rio Negro é capaz de receber esgoto *in natura*. Classificaram o rio “como corpo que recebe efluentes sanitários, via tratamento alternativo e descarga, através de um emissário subfluvial, considerando a auto-purificação em corpos d’água com grande capacidade de diluição.”

Por todo o exposto, este trabalho visa avaliar os impactos ambientais causados pelo despejo de efluentes não tratados, no rio negro, bem como analisar os índices de poluição no Rio Negro no município de Manaus, comparando-os com os permitidos por lei, a fim de propor atualização no Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade de Manaus, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de prazo máximo para que se atinja uma porcentagem satisfatória no acesso da população à coleta e tratamento de esgoto.

1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO

O crescimento desordenado dos centros urbanos, a falta de política pública e investimento no saneamento básico causam danos irreparáveis no meio ambiente como um todo e nas pessoas. Um dos segmentos do saneamento básico é o esgotamento sanitário, que é um dos serviços mais precários quando se fala a nível de Brasil e, especificamente, da cidade de Manaus. Posto isso, a escolha do tema muito se associa com a necessidade da população em ter uma efetiva e significativa atenção das autoridades nesse serviço, que se encontra severamente deficitário, o que aumenta o número de prejuízos sanitários, econômicos e ambientais.

É importante destacar, ainda, que é de extrema relevância promover a discussão sobre as condições atuais dos corpos hídricos que banham e cortam a cidade de Manaus. Os referidos não suportam mais o despejo irresponsável de esgoto e lixo, o que fica demonstrado claramente com a poluição indiscutível que se vê nos igarapés que deságuam no Rio Negro. A falsa perspectiva de que o Rio Negro é autodepurativo, faz com que as autoridades públicas posterguem os cuidados necessários no que diz respeito à implantação integral na cidade do sistema de esgotamento sanitário, o que evitaria o despejo dos efluentes diretamente nos rios, sem o devido tratamento.

Pelo exposto, este estudo pretende colaborar com a tomada de decisões das autoridades públicas, instituições privadas e também a população, além de alertar para a necessidade de acelerar a implementação dos serviços relacionados ao saneamento básico na cidade de Manaus, a fim de evitar a irreversibilidade dos danos causados, bem como informar sobre as atuais condições de nossas águas. Deixando claro que o problema, ainda reversível, pode se tornar um desastre natural com graves impactos socioambientais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Avaliar os impactos ambientais causados pelo despejo de efluentes no rio Negro.

1.2.2 Específicos

- Proceder a análises microbiológicas de amostras de água de vários pontos da orla de Manaus, bem como de igarapés (pequenos afluentes do Rio Negro), a fim de avaliar a saúde desses corpos hídricos, e o avanço de sua poluição atualmente, comparando os resultados obtidos com os limites permitidos na legislação vigente;

- Analisar a possibilidade do despejo de águas residuais não tratadas diretamente no rio Negro, principalmente do uso do emissário subfluvial, sob a ótica de o referido possuir suposta capacidade de autopurificação; e
- Propor a atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade de Manaus, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de prazo máximo para que se atinja uma porcentagem satisfatória no acesso da população à coleta e tratamento de esgoto na rede municipal.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho tem como prisma, o estudo sobre as atividades de saneamento básico, que são divididos em abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Porém, o principal foco é no segmento de esgotamento sanitário, o serviço mais deficitário na cidade de Manaus, conforme será visto nos índices apresentados.

Este estudo objetiva proceder a coletas de amostras de águas de corpos hídricos que banham e cortam a cidade de Manaus, com o fito de avaliar a saúde desses corpos hídricos, e o avanço de sua poluição atualmente, confrontando as atuais medidas de saneamento básico implementadas no Município de Manaus com a legislação vigente. Pretende-se mostrar a realidade da atual situação aos órgãos responsáveis pelo serviço, bem como para as autoridades, a fim de que tomem providências urgentes.

O trabalho será dividido em cinco capítulos, sendo o 1º referente aos tópicos introdutórios, como justificativa da pesquisa, objetivos, contribuição e relevância do estudo e delimitação da pesquisa.

Já o capítulo 2, será a revisão bibliográfica dos principais trabalhos encontrados sobre o tema, com intuito de perpassar desde a origem do saneamento básico, evolução nos séculos, situação atual do Brasil e da cidade de Manaus, aspectos legais, bem como expor os indicadores sobre o assunto.

O capítulo 3 será destinado aos procedimentos metodológicos, materiais e métodos. No 4º capítulo serão analisados os resultados e discussão.

Por fim, o capítulo 5 tratará sobre as conclusões, referências e sugestões para futuros trabalhos, respectivamente.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DO SANEAMENTO BÁSICO

Quando estudamos a respeito do saneamento básico, é preciso buscar a origem da ideia desse conjunto de atividades essenciais, que nos remete a todas as etapas da divisão da história da humanidade. A princípio, na idade antiga, o homem compreendeu que o excesso de lixo e a água poluída eram causadores da propagação de diversas doenças. Logo, fez-se necessário a adoção de medidas para dispor de água limpa, livrando-se dos sedimentos. A partir desse momento, surgiu a ideia do saneamento básico, cuja palavra “sanear” vem do latim *sanu*, que significa tornar saudável, por exemplo. Naquela época, diversas medidas sanitárias foram adotadas, destacando-se o chamado tratado de Hipócrates “Ares, Águas e Lugares”, que doutrinou os médicos sobre o elo entre a saúde e o ambiente. Grandes filósofos daquele período empenhavam-se e interessavam-se pela boa qualidade da água e as medidas sanitárias. Cada região da chamada idade antiga desenvolvia sua própria técnica de saneamento, como era o caso, por exemplo, da Roma, que promovia a distinção da água que serviria para consumo humano; da Grécia antiga, que possuía o hábito de enterrar as fezes ou mover até uma zona distante de suas moradias; dos sumérios, que criaram o sistema de irrigação de terraços; e do Egito, que deu início ao manuseio da fluidez do rio Nilo (BARROS, 2014).

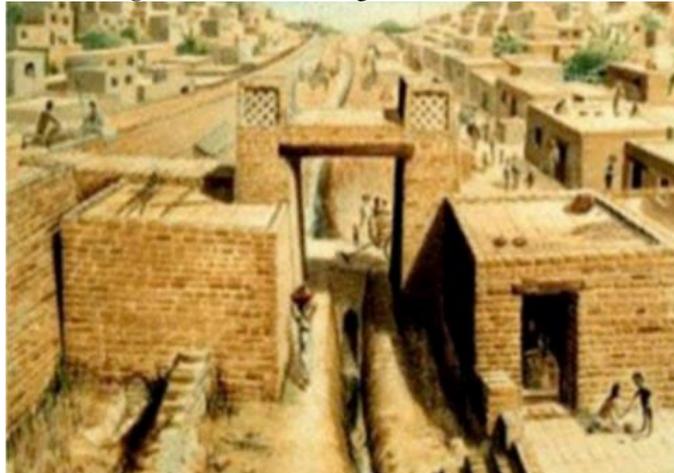
Cabe ressaltar, ainda, que conforme o autor referido acima, Nippur, na Babilônia, foi a primeira cidade a construir galerias de esgoto na história. Bem como o Vale do Indo ficou conhecido como o primeiro a usufruir de um sistema de águas e drenagem (Figuras 1 e 2).

Figura 1 Redes de esgoto da antiga Babilônia



Fonte: AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DELEGADOS DO MUNICÍPIO DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ITU (2016)

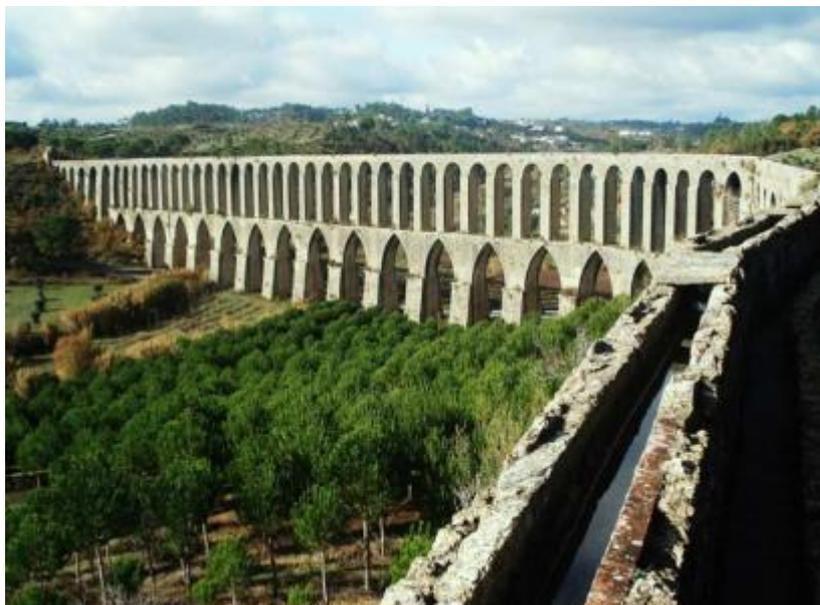
Figura 2 Sistema de esgoto do Vale do Indo



Fonte: AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DELEGADOS DO MUNICÍPIO DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ITU (2016)

Por fim, salienta-se a importância do Império Romano que criou um sistema de abastecimento de água com, aproximadamente, dezessete quilômetros de comprimento, evidenciando-se como a primeira civilização de grande proporção a se dedicar, de fato, ao saneamento básico (Figura 3). Ainda em Roma, foram criadas as chamadas latrinas públicas (Figura 4), que foram difundidas em 79 d. C. “Em plena Idade Média, no ano 800 d.C., as latrinas que vinham sendo utilizadas em toda Europa, foram substituídas por fossos construídos junto às paredes externas dos edifícios” (AZEVEDO NETTO, 1959, p. 16).

Figura 3 Aqueduto em Roma



Fonte: AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DELEGADOS DO MUNICÍPIO DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ITU (2016)

Figura 4 Latrinas (banheiro público) construída no século I d.C



Fonte: LUCCA ARQUITETURA (2015)

Na idade média, com o surgimento das cidades, o saneamento básico adquiriu extrema relevância. Houve um relevante declínio no que diz respeito ao aspecto sanitário, uma vez que a captação da água era realizada diretamente dos rios e próximos à civilização, o que causou sérios resultados à saúde pública. O gerenciamento da água passou da titularidade do governo para os cidadãos, deixando de ser um recurso público. A referida mudança de responsabilidade trouxe consequências devastadoras, visto que determinadas famílias garantiam o consumo de água por meio de compra transportada ou, na maioria das vezes, perfuravam poços em casa, porém perto de fossas e fezes de animais, por exemplo, gerando enorme contaminação. O resultado prático dessas ações foi a imensa propagação de diversos tipos diferentes de doenças como lepra, cólera e tifo, num período marcado por epidemias, tendo como uma das mais mortais a peste negra, que dizimou aproximadamente um terço da população da Europa, conforme ilustrado na figura 5 (BARROS, 2014).

Figura 5 Imagem ilustrativa referente à peste negra



Fonte: AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DELEGADOS DO MUNICÍPIO DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ITU (2016)

Na idade moderna, segundo Barros (2014), criou-se o sistema de medição de velocidade de escoamentos e das vazões. Institui-se, ainda, que a chuva era a grande responsável pela formação de águas subterrâneas, fontes e rios. Importante mencionar fatos marcantes dessa época como: distribuição de água canalizada, em 1664; a invenção da bomba centrífuga por Johan Jordan, em 1775; além da invenção do popular vaso sanitário por Joseph Bramah, na Inglaterra (BARROS, 2014).

Na idade contemporânea, houve significativas mudanças no que diz respeito ao saneamento, podendo-se citar alguns países e suas respectivas ações. Primeiramente, em 1829, a França fortaleceu a batalha contra a poluição hídrica, criando leis que previam severas punições para quem fosse responsável por jogar na água qualquer produto que ocasionasse a morte dos peixes. A França também implementou a chamada medicina urbana, que buscava planejar os espaços públicos, em geral. Salienta-se que no mesmo período se iniciou a implantação do saneamento, bem como a legislação e administração, juntamente com diversos serviços públicos. Outro país de destaque na Europa foi a Inglaterra, que adicionou na lei britânica de controle de poluição das águas, os resíduos provenientes das indústrias. No entanto, após um êxodo rural motivado pelo desenvolvimento de importantes centros industriais, vários trabalhadores começaram a viver em condições precárias de saúde e habitação, o que ocasionou o aumento dos índices de mortalidade e doenças (BARROS, 2014).

2.1.1 O início do saneamento básico no Brasil

No Brasil, a chegada do saneamento básico ocorreu em 1561, quando houve a primeira escavação de um poço para abastecer a cidade do Rio de Janeiro, promovida pelo fundador Estácio de Sá. No período colonial, é importante ressaltar que o saneamento se resumia à instalação de chafarizes e drenagens de terrenos. Em 1620, deu-se início às obras do aqueduto do Rio Carioca, para abastecimento da cidade do Rio de Janeiro. A obra tinha 270 metros de comprimento e 18 metros de altura, sendo idealizada por Aires Saldanha. Este foi o primeiro sistema de abastecimento de água do país, e foi entregue em 1723. Conforme expõe Barros (2014), no decorrer dos anos, o desenvolvimento do saneamento no Brasil foi intensamente dificultado, o que prejudicou um crescimento expressivo no período. Dentre os principais fatores responsáveis temos: a falta de planejamento adequado; o volume insuficiente de investimentos; deficiência na gestão das companhias de saneamento; a baixa qualidade técnica dos projetos e a dificuldade para obter financiamentos e licenças para as obras.

Já em meados de 1940, criou-se a comercialização dos serviços de saneamento básico, onde, na oportunidade, surgiram as empresas autárquicas, juntamente com a possibilidade de financiamento para o abastecimento de água, sob supervisão e influência da, hoje denominada, Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Com o intuito de abrandar os problemas que surgiam no decorrer dos anos, foram criadas várias linhas de implementação, medidas e infraestruturas para o saneamento básico no Brasil, como a instituição do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANASAB). O PLANASAB orienta a condução das políticas, estratégias e metas para o setor de saneamento. Os principais órgãos responsáveis pelo monitoramento dessas leis e diretrizes são a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) (BARROS, 2014).

Um importante e recorrente entrave que existiu entre os governos federal, estadual e municipal foi a disputa em relação à titularidade, para gerenciar as diretrizes do saneamento. (BARROS, 2014). O referido obstáculo foi devidamente superado com o advento da Lei Federal nº 11.445, de 05/01/2007, a Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB), que estabeleceu a titularidade dos serviços de saneamento aos municípios, dentre outras diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil.

Para finalizar, lembra-se que foi promulgado, após intensas discussões sobre o setor, o novo Marco Legal do Saneamento Básico (lei nº 14.026/2020), que causou um enorme impacto no Brasil, com diversas mudanças que serão tratadas em tópico adiante.

2.2 ASPECTOS LEGAIS DO SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico, após sua evolução histórica e constatação de sua extrema importância, passou a ser previsto e relacionado à diversas normas e princípios fundamentais. Na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CRFB/1988), temos importantes artigos relacionados, quais sejam:

- Art. 21, XX, que atribui à União a competência para “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos”;
- Art. 23, IX, que prevê ser competência comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios a promoção de “programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico”;

- Art. 200, IV, dispõe que compete ao Sistema Único de Saúde (o “SUS”), nos termos da lei, “participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico”;
- Art. 225, que apesar de não tratar diretamente do saneamento básico em si, dispõe que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado [...]”, o que está intimamente relacionado com a atividade do saneamento e suas vertentes. O caput do artigo em referência continua dizendo que todos têm direito ao “[...] bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Logo, a preservação do meio ambiente é dever de todos, o que também passa por um programa de saneamento básico adequado;
- Por fim, temos o art. 196, que nos diz que a “saúde é direito de todos e dever do Estado [...]”. Assim, resta claro que o poder público deve proporcionar um eficiente saneamento básico a todos da população, mediante “[...] políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação”.

Agora, quando se trata de legislação específica sobre o saneamento básico, tem-se o advento da Lei Federal nº 14.026/2020, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, que deu nova redação à Lei Federal nº 11.445/2007, e contém as diretrizes nacionais sobre o tema. A novel Lei Federal nº 14.026/2020, apesar de ter promovido diversas alterações na Lei Federal nº 11.445/2007, preservou a definição original de saneamento básico como um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais voltadas para quatro eixos de atividades, quais sejam: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, conforme se extrai do art. 3º, I, “a”, Lei Federal nº 11.445/2007, com nova redação dada pela Lei Federal nº 14.026/2020 (BRASIL, 2007).

É importante mencionar, ainda, alguns princípios fundamentais ligados ao saneamento, dentre eles:

a) *O princípio da universalização*

que se baseia no crescimento constante e gradativo do acesso das pessoas e seus domicílios ao saneamento básico, principalmente para a população de baixa renda,

visto ser a parte da sociedade que mais padece com a ausência desse serviço essencial. Destaca-se, que o novo Marco Legal do Saneamento Básico anseia que haja a universalização dos serviços de saneamento básico, ao ponto de que 99% (noventa e nove por cento) da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% (noventa por cento) à coleta e tratamento de esgoto. Pretende-se chegar a essas porcentagens até 31 de dezembro de 2033, prorrogável até 2040.

b) *O princípio da integralidade dos serviços*

que, segundo o art. 2º, II, da Lei Federal nº 11.445/2007, com nova redação dada pela Lei Federal nº 14.026/2020, abrange todo o “conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento que propicie à população o acesso a eles em conformidade com suas necessidades, e maximize a eficácia das ações e dos resultados” (BRASIL, 2007). De acordo com a OAB (2020), é prudente observar, ainda, a segurança, qualidade, regularidade e continuidade dos serviços, livrando-se de possíveis interrupções no abastecimento de água, além de manter a redução e controle do desperdício de águas na distribuição.

Vale consignar, por fim, que há um grande estímulo à prestação regionalizada dos serviços de saneamento, importando, dentre outros benefícios, garantia da universalização, viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços, havendo seleção competitiva do prestador de serviços (OAB, 2020).

2.2.1 Competência e titularidade para prestação do serviço

A Lei Federal nº 11.445/2007, em sua versão inicial, não assinalava de forma expressa de qual ente político era a titularidade dos serviços de saneamento básico no Brasil. Não obstante, os operadores do direito expuseram o entendimento de que essa competência e responsabilidade eram dos Municípios e Distrito Federal, no exercício de competência municipal (art. 32, § 1º, da CF/88), visto se tratar de assunto de interesse local (art. 30, I, da Constituição Federal – CF/88) (MPGO, 2020).

O citado entendimento foi ratificado pelo Supremo Tribunal Federal (STF) no bojo das Ações Diretas de Inconstitucionalidade nº 1842, 1843, 1826 e 1906. A Suprema Corte decidiu que o saneamento seria de competência municipal, conforme entendimento dos doutrinadores. A exceção ficou por conta dos casos em que o serviço de saneamento fosse de interesse comum, com repartição de atribuições entre Municípios de uma região metropolitana, aglomerações urbanas ou microrregiões, conforme art. art. 25, § 3º, da CF/88.

No decorrer dos anos, e sem uma base legal para cravar a competência dos Municípios e Distrito Federal em relação aos serviços de saneamento básico, houve tentativas de modificação da Lei Federal nº 11.445/2007 para firmar, explicitamente, a competência supracitada, por meio das Medidas Provisórias nº 844 e 868 de 2018. Esses atos presidenciais acabaram por perder vigência sem atingir o objetivo principal.

Enfim, o problema até então recorrente foi devidamente resolvido com o advento da Lei Federal nº 14.026/2020, que, segundo o Ministério Público do Estado de Goiás (2020), atualizou a Lei Federal nº 11.445/2007 e passou a enfrentar a matéria com maior especificidade, ajudando em uma maior compreensão até então difundida. Nesse sentido, explicita que a titularidade dos serviços públicos de saneamento básico pode ser exercida de três formas:

- Por Municípios e Distrito Federal, no caso de interesse local, que engloba funções públicas e serviços cujas infraestruturas e instalações operacionais atendam a um único Município (arts. 3º, XV, e 8º, I);
- Por Estados, em conjunto com os Municípios que compartilham efetivamente instalações operacionais integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, instituídas por lei complementar estadual, no caso de interesse comum (art. 8º, II); e
- Por gestão associada, entendida como a associação voluntária entre entes federativos, mediante consórcio público ou convênio de cooperação, nos termos do art. 241 da Constituição Federal (arts. 3º, II, e 8º, § 1º).

2.3 ATIVIDADES DO SANEAMENTO BÁSICO

As atividades de saneamento básico são divididas, basicamente, em quatro segmentos:

- Abastecimento de água potável;
- Esgotamento sanitário;
- Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

2.3.1 Abastecimento de água potável

Legalmente, o primeiro segmento é constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento

público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição, conforme se extrai do art. 3º, I, “a”, Lei Federal nº 11.445/2007, com nova redação dada pela Lei Federal nº 14.026/2020 (BRASIL, 2007).

Figura 6 Ilustração – Esquema da coleta, tratamento e distribuição da água



Fonte: INSTITUTO TRATA BRASIL: O MANUAL DO SANEAMENTO BÁSICO (2012)

Portanto, segundo Barros *et al.* (1995), esta atividade representa uma reunião de equipamentos, obras e serviços designados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para os serviços públicos, consumo doméstico, consumo industrial, dentre muitos outros (figura 6). A água representa um componente primordial à vida de todos. O ser necessita de água de qualidade apropriada e em quantidade suficiente para atender às suas necessidades, para proteção de sua saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico (RIBEIRO e ROOKE, 2010).

Segundo Ribeiro e Rooke (2010), a instituição efetiva do abastecimento de água no saneamento básico deve atender, principalmente, aos aspectos econômicos, social e sanitário, buscando sempre, dentre outros, os objetivos que seguem:

Nos aspectos social e sanitário - melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade; diminuição da mortalidade em geral, principalmente da infantil; diminuição da incidência de doenças relacionadas à água; e possibilidade de proporcionar conforto e bem-estar;

Nos aspectos econômicos - aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos; diminuição dos gastos particulares e públicos com consultas e internações

hospitalares; e facilidade para instalações de indústrias, onde a água é utilizada como matéria-prima ou meio de operação.

“83,7% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, sendo apenas 57,5% da população na região Norte, a menor porcentagem do país. (BRASIL, 2020). São quase 35 milhões de brasileiros sem o acesso a este serviço básico.”

Por fim, Rocha (2019, p. 174), entende que há uma racionalidade mercadológica com a qual o direito à água é tratado na cidade de Manaus, originando uma colaboração entre o Estado e o setor privado em torno da defesa da privatização do abastecimento de água e do esgotamento sanitário.

O autor menciona, no entanto, que:

“[...] a precariedade destes serviços, não somente nas periferias da cidade, mostra que esta racionalidade economicista ignora as contradições de uma sociedade extremamente desigual, não considerando as situações de vulnerabilidade e subcidadania que impedem os setores mais pobres de acessarem adequadamente este bem essencial.”

2.3.2 Esgotamento sanitário

Conforme o art. 3º, I, “b”, Lei Federal nº 11.445/2007, com nova redação dada pela Lei Federal nº 14.026/2020, o esgotamento sanitário é integrado pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final, para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente (BRASIL, 2007).

O sistema de esgotamento sanitário é o conjunto de obras e instalações que proporciona transporte, coleta, tratamento e disposição final das águas residuais, de modo apropriado na perspectiva social, ambiental e sanitária necessárias ao homem e ao meio ambiente, conforme exemplo exposto na figura 7. Logo, o referido sistema visa a afastar ou diminuir a possibilidade de qualquer tipo de contato do ser humano, águas de abastecimento e vetores de doenças com dejetos humanos (RIBEIRO e ROOKE, 2010).

Figura 7 Estação elevatória e de tratamento de esgoto que compõem o Sistema Público de Esgotamento Sanitário operado pela concessionária Águas de Manaus



Fonte: AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO MUNICÍPIO DE MANAUS (2021)

De modo simplório, o esgoto é o termo dado àquelas águas que tiveram suas características alteradas pelo uso humano. Conforme o Instituto Trata Brasil (2022, p. 1), somente pode ocorrer a devolução das águas residuais aos cursos d'água (rio, lago ou mar) por meio de emissão submarina ou subfluvial, após seu devido tratamento.

“Quando o assunto é esgotamento sanitário, tem-se o dado do ano de 2020, em que Manaus apresentava cerca de 22% da população total (urbana e rural) efetivamente atendida por rede coletora de esgoto (com ou sem tratamento).”

Em se tratando da resolução do problema de esgoto em Manaus, as perspectivas não são nada animadoras, em que pese a meta de universalização do Novo Marco Legal do Saneamento Básico estipular que os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, prorrogáveis conforme o caso.

Como exemplo de insucesso, cita-se que quando os serviços de água e esgotos da cidade de Manaus foram transferidos ao grupo francês Suez - Lyonnaise des Eaux, no ano de 2000, as metas estabeleciam uma cobertura de 90% da cidade com cobertura de esgoto até o ano de 2021 (ROCHA, 2019, p. 174).

Porém, como já vimos, tem-se que essa cobertura atingiu apenas 20%, ainda que tenha havido mudanças de empresas nesse período. O que fica claro, é que entra e sai empresa com as mesmas promessas de sempre, acompanhadas dos mesmos fracassos de sempre.

Ainda sobre o tema, importante mencionar o entendimento de Rocha (2019, p. 174):

“A história do abastecimento de água e esgotamento sanitário na cidade de Manaus é perpassada por inúmeros desafios e contradições que dificultam a implementação do direito humano à água e da lei 11.445/2007. Este resgate histórico evidencia as principais dificuldades e conflitos existentes no setor de saneamento básico na cidade, assim como os diferentes atores, que entram em cena para defender seus interesses, sejam eles econômicos, políticos ou sociais. Abordando a história recente do saneamento básico de Manaus, percebemos que as forças e interesses representantes do mercado, do estado e da sociedade civil geram repercussões imediatas na qualidade de vida da população, evidenciando a desigualdade social que forja a sociedade manauara até o presente.”

2.3.3 Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos

Conforme o art. 3º, I, “c”, Lei Federal nº 11.445/2007, com nova redação dada pela Lei Federal nº 14.026/2020, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos compreendem as atividades, a disponibilização e a manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final, ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana (BRASIL, 2007).

Este segmento gira, basicamente, em torno do lixo, que é todo e qualquer resíduo advindo das atividades humanas. Em se tratando de linguagem técnica, lixo pode ser descrito como resíduos sólidos, que são materiais descartados pelos humanos, conforme demonstrado na figura 8.

Figura 8 Comunidade do Educandos, em Manaus (AM)



Fonte: INFOAMAZÔNIA: A MAIOR CIDADE DA AMAZÔNIA DESPEJA QUASE TUDO NO RIO (2021)

Segundo Ribeiro e Rooke (2010), o lixo depositado inadequadamente em locais abertos causa uma série de problemas sanitários e ambientais. Essas práticas equivocadas são responsáveis pela poluição do ar, quando ocorre a queima dos resíduos, do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além de atrair vetores de doenças.

Portanto, o bom acondicionamento dos resíduos sólidos, triagem para reciclagem, destinação final correta para o lixo doméstico, dentre outras técnicas previstas pela Lei, são essenciais para minimizar os potenciais danos ambientais, sanitários e sociais.

Por fim, é importante mencionar que, segundo a Abrelpe (2020), o descarte de resíduos sólidos no Brasil foi 79,06 milhões de toneladas em 2019 (com o aumento de 18,6% em relação ao ano de 2010).

“A cada 72,7 milhões de toneladas de lixo coletados, 29,5 milhões são descartadas incorretamente e vão parar em aterros ou lixões que são prejudiciais ao meio ambiente. Acrescentando, ainda, que aproximadamente 1,18 milhão de toneladas de resíduos sólidos foram descartados apenas pelo estado do Amazonas em 2019.”

2.3.4 A drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas

Conforme o art. 3º, I, “d”, Lei Federal nº 11.445/2007, com nova redação dada pela Lei Federal nº 14.026/2020, são formados pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes, conforme demonstrado na figura 9 (BRASIL, 2007).

Figura 9 Obra de revitalização de rede de drenagem, em Manaus (AM).



Fonte: DHYEIZO LEMOS/SEMCOM E OSMAR NETO/SEMINF (2021)

Os principais objetivos do sistema de drenagem urbana são, basicamente, evitar erosões, inundações, assoreamento, dentre outros. Essas ações preventivas são mais efetivas e

necessárias nas áreas vulneráveis, como aquelas de baixo nível ou próximas a cursos de águas em geral. O desatendimento ao sistema de drenagem pelo poder público e a desordem no desenvolvimento urbano agravam, consideravelmente, os problemas que se quer prevenir (RIBEIRO e ROOKE, 2010, p. 12).

“Um apropriado sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas é capaz de possibilitar inúmeros benefícios, como exemplo: redução de impactos da chuva ao meio ambiente, como erosões, alagamentos e poluição de rios e lagos; redução de gastos com manutenção das vias públicas; redução da incidência de doenças de veiculação hídrica; e condição para circulação de veículos e pedestres. ”

Em se tratando das duas últimas vertentes do saneamento tratadas anteriormente, podemos citar, a título de exemplo, o grande transtorno causado pela cheia histórica do Rio Negro na cidade de Manaus em 2021 (figura 10). Como é sabido, Manaus é banhada por rios e igarapés que cruzam sua área urbana e rural. Fica evidente, com esse fenômeno, a deficiência de políticas públicas de saneamento básico na cidade. Tanto é verdade, que a cheia devolve à cidade toneladas de lixo depositadas erradamente nos igarapés, rios, ruas e demais locais impróprios. A falta de saneamento e o descarte irregular desses resíduos mantém os igarapés poluídos e os sistemas de drenagem e esgoto entupidos, o que ocasionam inundações pela cidade, doenças, instabilidade econômica e social.

Figura 10 Ruas alagadas e lixo acumulado na região central da cidade de Manaus (AM)



Fonte: NELSON ANTOINE/ESTADÃO CONTEÚDO (2021)

2.4 OS INDICADORES DO DÉFICIT DE SANEAMENTO E AS CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS

Após análise sobre as quatro vertentes que compõem o saneamento básico, depreende-se que este é de extrema importância para que um país desenvolvido possa preservar o direito à saúde de sua população, independentemente de sua posição social e econômica, além da possibilidade da valorização do turismo, de melhorias na educação, de preservação ambiental, dentre muitos outros benefícios diretos e indiretos. Os serviços de saneamento básico impactam diretamente a qualidade de vida das populações, oferecem uma maior qualidade social, ambiental e econômica.

O Instituto Trata Brasil (2018) refere alguns índices relacionados com o déficit dos serviços de saneamento básico, estes índices incluem saúde, o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário e a universalização:

a) Saúde

Nesse quesito, o saneamento básico é essencial para promover a prevenção de diversas doenças de veiculação hídrica, além de afetar a economia do Estado. Alguns dados que demonstram a importância do saneamento básico para a saúde pública:

“O valor presente da economia total com a melhoria das condições de saúde da população brasileira entre 2004 e 2016 foi de R\$ 1,7 bilhão, que resultou num ganho anual de R\$ 134 milhões. Só em 2019, foram registradas mais de 273 mil internações por doença de veiculação hídrica, foram registrados 2.734 óbitos em razão das doenças por veiculação hídrica, foram totalizados 108 milhões em gastos com internações por doenças de veiculação hídrica no SUS.”

Ressalta-se, ainda, que segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) calcula-se que, para cada R\$ 1,00 (um real) investido em saneamento básico, gera-se uma economia de R\$ 4,00 (quatro reais) em gastos com saúde. A OMS também estima que, anualmente, 15 mil pessoas morram e 350 mil sejam internadas no Brasil devido a doenças ligadas à precariedade do saneamento básico (OAB, 2020). Portanto, resta claro que o investimento nos serviços de saneamento básico gera, além de saúde para a população, economia de gastos públicos.

b) No abastecimento de água, há uma subdivisão em atendimento, consumo e perda:

b.1) Atendimento

- **83,7%** dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada;
- São quase **35 milhões** de brasileiros sem o acesso a este serviço básico;

- Em 2016, **1 em cada 7** mulheres brasileiras não tinha acesso à água. No caso dos homens, **1 em cada 6** não tinham água;
- **14,3%** das crianças e dos adolescentes não têm acesso à água.
- **6,8%** das crianças e dos adolescentes não contam com sistema de água dentro de suas casas.
- **27 municípios** nas 100 maiores cidades brasileiras possuem 100% da população atendida com água potável;
- Quase todos os municípios abasteciam a população com água tratada desde 2008 (**93,4%**). Em 2017, esse percentual foi **94,9%**.
- No **Amazonas**, a rede de água chega a **87,58%**; e
- Em **Manaus**, o atendimento total de água atinge os **97,50%**, e o atendimento urbano alcança **98%**.

b.2) Consumo:

- O consumo médio de água no país é de **153,9 litros** por habitante ao dia;
- O Estado do Rio de Janeiro é o que mais consome água, cerca de **207,0 litros** de água é usada por habitante;
- **110 litros/dia** é a quantidade de água suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa, segundo a ONU (Organização das Nações Unidas);
- **7,5% das crianças** e dos adolescentes têm água em casa, mas não é filtrada ou procedente de fonte segura; e
- Em 2017, o volume médio de água consumida por dia era de **420,1L**, porém com grande variação regional: em geral, os volumes consumidos foram maiores na Região Norte, e menores na Região Nordeste.

b.3) Perdas:

- Ao distribuir água para garantir consumo, os sistemas sofrem perdas na distribuição, que na média nacional alcançam **39,2%**;
- **7,1 mil** piscinas olímpicas de água potável são perdidas todos os dias;
- No **Amazonas**, as perdas de água atingem **68,01%**; e
- Em **Manaus**, o número é de **72,08%** para perdas na distribuição de água.

c) **Esgoto:** Quanto ao esgotamento sanitário, há uma subdivisão em coleta e tratamento:

c.1) Coleta:

- 54,1% dos brasileiros têm acesso à coleta de esgoto;
- Quase 100 Milhões de brasileiros não têm acesso a este serviço;
- Cerca de 13 milhões de crianças e adolescentes não têm acesso ao saneamento básico;
- 3,1% das crianças e dos adolescentes não têm sanitário em casa;
- 36 municípios nas 100 maiores cidades do país têm menos de 60% da população com coleta de esgoto;
- No Brasil, a proporção de municípios com serviço de esgotamento sanitário passou de 47,3%, em 1989, para 60,3%, em 2017; e
- Em apenas 6 das 27 Unidades da Federação, a proporção de residências com esgotamento sanitário foi maior que 50% em 2017. São elas: São Paulo, Distrito Federal, Minas Gerais, Paraná, Espírito Santo e Goiás; e
- No **Amazonas**, a coleta de esgoto corresponde a **14,95%**.

c.2) Tratamento:

- **Apenas 49,1%** dos esgotos do país são tratados;
- Somente **21 municípios** nas 100 maiores cidades do país tratam mais de **80%** dos esgotos;
- Em 2017, o país lançou aproximadamente **5.622 piscinas** olímpicas de esgoto não tratado na natureza;
- No **Amazonas**, temos o número de **31,03%** de tratamento de esgoto; e
- Em **Manaus**, o atendimento total de esgoto é de **21,95%**, e o atendimento urbano chega a **22,06%**.

d) **Universalização:**

- Entre 2014-2018 foram investidos aproximadamente R\$ 65 bilhões nos serviços de saneamento básico. Uma média de R\$ 12 bilhões por ano;
- Houve um investimento de R\$ 1,75 bilhão a mais em 2018, comparado a 2017;
- O estado com maior investimento em saneamento básico (água e esgoto) no ano de 2018 foi São Paulo, com cerca de R\$ 5 bilhões, quase a metade de todos os

investimentos do país. O estado do Amapá foi o que menos investiu no setor, R\$ 4,7 milhões; e

- No Brasil, 1.717.980 moradias ainda não apresentam banheiro de uso exclusivo, o que correspondem a 2,4% de todo país.

Conforme exemplifica o Instituto Trata Brasil (2021), a ausência de saneamento básico no Brasil é a causa de uma influência negativa na área da saúde, visto que o acesso a esse serviço é essencial à redução de doenças, que reflete desde o aproveitamento escolar de crianças até a produtividade do trabalhador, em geral. Portanto, o saneamento básico é uma estrutura bem complexa de relações históricas, educacionais e socioeconômicas, podendo afetar direta e indiretamente a vida das pessoas.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2021), dentre as principais áreas influenciadas pela expansão ou ausência do saneamento básico temos:

a) Saúde:

Existem variadas maneiras de a água impactar a saúde humana, citando-se, como exemplo: consumo direto do próprio líquido e dos alimentos que o requerem no preparo, higiene, limpeza do ambiente, agricultura e processos industriais. Os riscos à saúde correlacionados com a água são, basicamente, aqueles relacionados com o consumo de água contaminada por agentes biológicos (ex.: vírus e parasitas), bem como aqueles resultantes de poluentes químicos, normalmente ocasionados por acidentes que causam poluição ambiental ou efluentes de esgotos industriais.

Importante ressaltar alguns dados significativos:

- Em 2019, foram notificadas mais de 273 mil internações e 2.734 óbitos em razão das doenças de veiculação hídrica no país;
- Em 2020 foram registradas mais de 167 mil internações e 1.898 óbitos em razão das doenças de veiculação hídrica;
- O custo de uma internação por infecção gastrintestinal no Sistema Único de Saúde (SUS) foi de cerca de R\$ 355,71 por paciente na média nacional; e
- Se 100% da população tivesse acesso à coleta de esgoto haveria uma redução, em termos absolutos, de 74,6 mil internações e, 56% dessa redução ocorreria no Nordeste.

b) Rede de ensino:

Em se tratando da relação ensino x saneamento, temos que somente 39,58% das escolas do Brasil são atendidas pelo serviço de coleta de esgoto. Cabe ressaltar, que devido a um número maior de faltas, os alunos sem acesso a esse serviço têm diminuição de 18% no aproveitamento escolar, quando comparados aos alunos com acesso.

Por fim, o Instituto Trata Brasil (2021) destaca que nas escolas do país a ausência de rede de esgoto é superior aos demais serviços públicos, como rede de abastecimento de água, com alcance de 62,64%; energia elétrica 88,24% e coleta de lixo 62,93%.

- A falta de banheiro na moradia aumenta em **7,3%** o atraso escolar dos jovens;
- Em 2017, quem morava em domicílio sem acesso à água e ao serviço de coleta de esgoto tinha uma escolaridade **25,1%** menor do que a de uma pessoa que residia em moradias com acesso integral ao saneamento;
- A escolaridade média das pessoas que moram em residências com acesso integral ao saneamento básico é de **9,63 contra 7,32** sem acesso ao saneamento; e
- Em média, as jovens que moram em domicílios com banheiro têm **1,2 ano** de atraso escolar a menos que aquelas que moravam em residências sem banheiro.

c) Produtividade do trabalhador:

A sistema de rede de esgoto no Brasil repercute positivamente na qualidade de vida dos trabalhadores, o que acarreta o aumento da sua produtividade e da renda.

Importante mencionar, além disso, que cerca de 217 mil trabalhadores por ano necessitam se ausentar de suas atividades laborais em decorrência de problemas gastrointestinais relacionados à falta de saneamento. A cada afastamento perde-se 17 horas de trabalho em média.

Há, também, uma probabilidade de que uma pessoa com acesso ao sistema de esgotamento sanitário faltar às suas atividades no trabalho por diarreia ser 19,2% menor do que uma pessoa que não tem acesso à rede de esgoto.

A universalização do saneamento básico terá efeitos sobre a produtividade do trabalho: de 2016 a 2036, espera-se um ganho de renda de R\$ 190,3 bilhões, o que equivale a um ganho anual de R\$ 9,5 bilhões.

Em 2017, houve 17.633.590 afastamentos do trabalho por diarreia ou vômito no Brasil.

Por fim, para cada R\$ 1,00 investido em obras de saneamento, gera uma renda de R\$ 1,22 na economia.

d) Aumento de renda:

O efetivo acesso à rede de esgoto proporciona, ainda, o aumento da produtividade de um trabalhador em 13,3%, o que permite o crescimento proporcional de sua renda. Estima-se que haja um aumento de renda de R\$ 41,5 bilhões por ano.

e) Efeito imobiliário:

Por fim, no que tange ao efeito imobiliário, vale destacar que a universalização do acesso à rede de esgoto pode promover um aumento médio de até 18% do valor dos imóveis.

Estima-se, pois, que o citado aumento atinja a marca de R\$ 74 bilhões, o que equivale a um valor 49% maior que o custo das obras de saneamento apreçado em quase R\$ 50 bilhões.

Somado a isso, o investimento aplicado e despendido com saneamento regressará ao Estado na forma de diversos impostos associados ao imóvel.

2.5 PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB)

Em que pese, hoje, presenciarmos um grande aumento, houve um extenso período escasso de investimento do poder público em saneamento, e o Brasil se destacou negativamente pela precariedade no referido serviço. Hoje, os efeitos são alarmantes, conforme já visto neste trabalho.

Segundo o Instituto Trata Brasil (2018), em 2007, após 20 anos de debates no Congresso Nacional, foi sancionada a Lei n. 11.445 que trouxe novas diretrizes nacionais e definiu o planejamento dos serviços como instrumento fundamental para se alcançar o acesso universal aos serviços de saneamento básico.

A partir da referida Lei, todos os municípios devem formular as suas políticas públicas visando à universalização, sendo os Planos de Saneamento Básico (PMSB) o instrumento de definição de estratégias e diretrizes para os municípios brasileiros.

Salienta-se, ainda, que houve uma atualização promovida pela nova Lei nº 14.026/2020 que prevê, em seu art. 9º, I, como uma das atividades envolvidas na formulação da política de saneamento, a elaboração dos planos de saneamento básico, bem como estabelecimento de metas, indicadores de desempenho e mecanismos de aferição de resultados, a serem

obrigatoriamente observados na execução dos serviços prestados de forma direta ou por concessão (MPGO, 2020).

A prestação de serviços de saneamento observará o plano, que poderá ser específico para cada serviço e que abrangerá, no mínimo (art. 19, *caput* e I a V):

- “ I - diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;
- II - objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;
- III - programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;
- IV - ações para emergências e contingências;
- V - mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.”

Outros pontos importantes que merecem atenção, são:

- Os planos de saneamento básico serão aprovados por atos dos titulares e poderão ser elaborados com base em estudos fornecidos pelos prestadores de cada serviço.
- Além disso, os planos de saneamento deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas e com planos diretores dos Municípios em que estiverem inseridos, bem como, se for o caso, com os planos de desenvolvimento urbano integrado das unidades regionais por eles abrangidas (art. 19, § 3º).
- A revisão dos planos de saneamento básico ocorrerá periodicamente, em prazo não superior a 10 (dez) anos (art. 19, § 4º). Por fim, o plano deverá englobar integralmente o território do ente da Federação que o elaborou, exceto quando se tratar de prestação regionalizada (art. 19, § 8º).

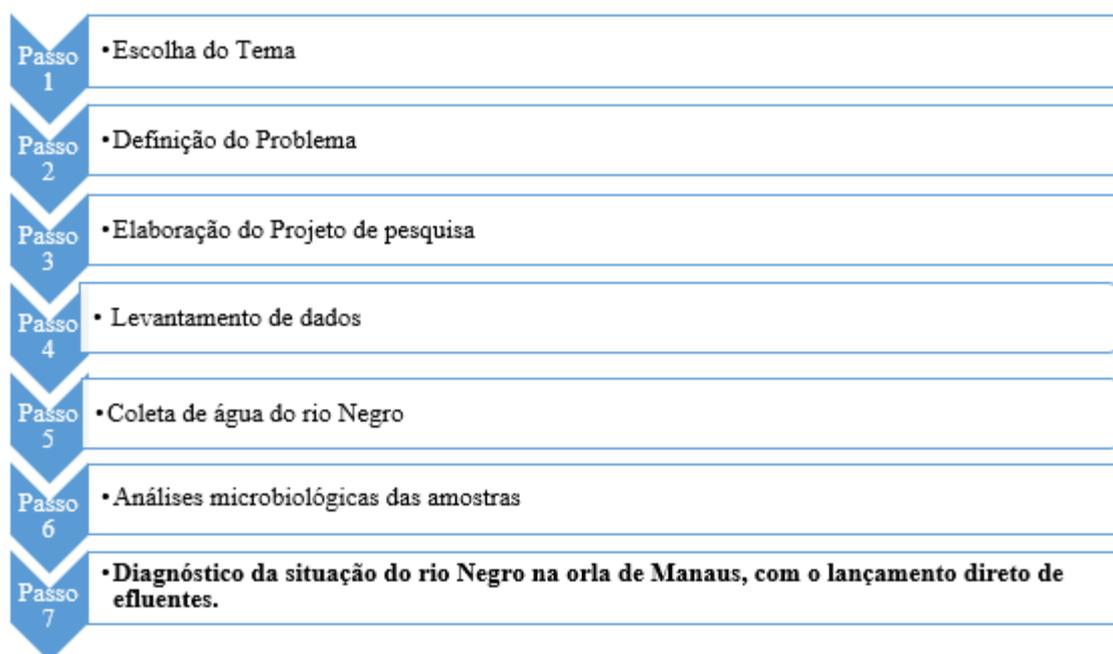
A Lei Federal nº 14.026/2020, em seu art. 19, determina que os planos de saneamento básico deverão ser publicados até 31 de dezembro de 2022 pelos titulares dos serviços, que deverão controlar e dar publicidade ao cumprimento dos planejamentos e ainda comunicar os dados à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA para inserção no Sinisa.

CAPÍTULO 3

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada de forma detalhada para a elaboração dessa pesquisa será detalhada neste capítulo. O esquema da Figura 11 apresenta uma síntese de todas as etapas a serem realizadas para coleta de dados.

Figura 11 Metodologia empregada na pesquisa.



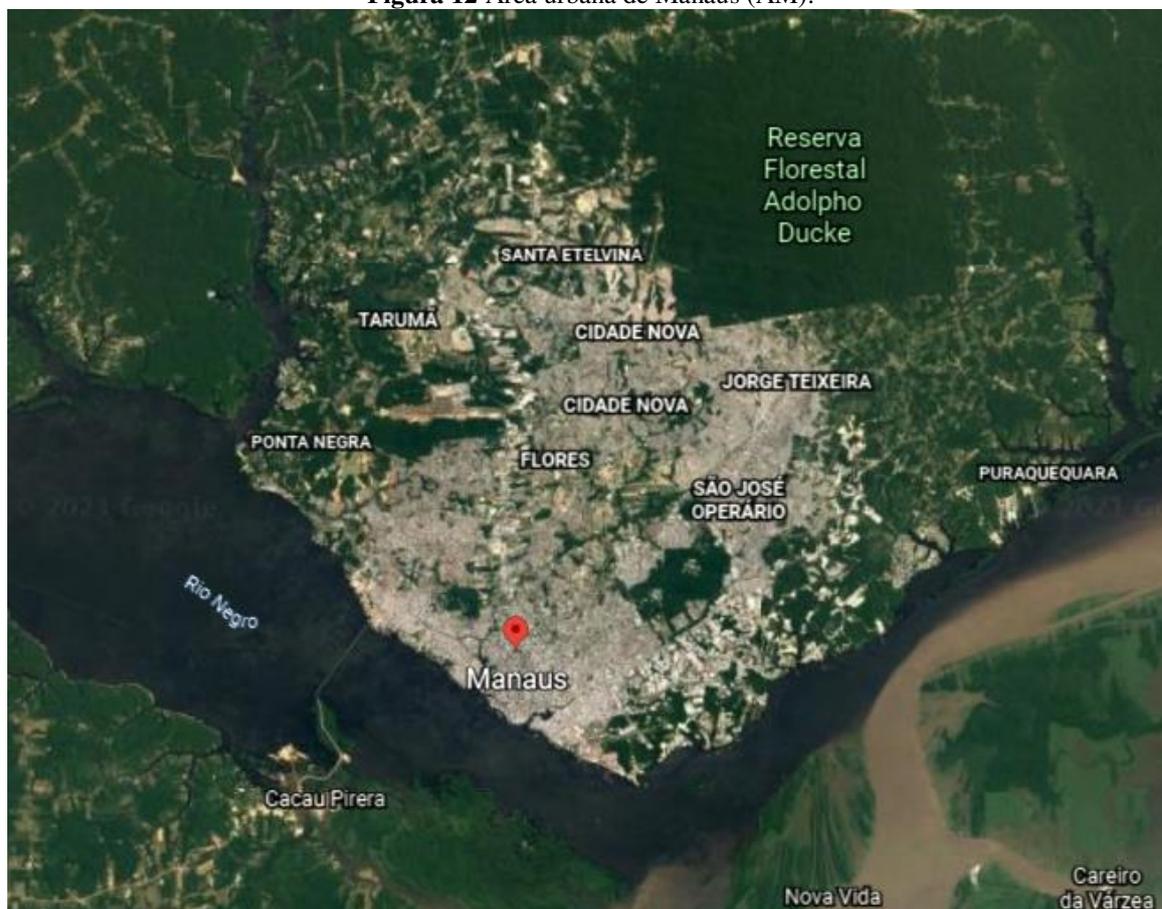
3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município selecionado para estudo é Manaus, que é a capital do estado do Amazonas, no centro da maior floresta tropical do mundo, na coordenada $3^{\circ} 4' 25''$ S, $60^{\circ} 0' 20''$ W (Figura 12). Segundo dados do IBGE (2020) e (2021), a área territorial do município abrange 11.401,092 km², densidade demográfica de 158,06 (habitantes/km²), com população de 2.255.903 habitantes.

A figura 12 mostra que a cidade de Manaus é banhada pelo rio Negro, que é um dos maiores rios do mundo, que drena uma área de aproximadamente 700.000 km², por cerca de 1.700 km de extensão. O referido rio nasce na serra do Junaí, na Colômbia e, por todo seu curso, até a confluência com o rio Solimões para formar o rio Amazonas, drena áreas de baixo relevo e terrenos consolidados, o que reflete na sua velocidade e erosão (Cunha & Pascoaloto,

2006). Sua cor escura é, principalmente, devido à drenagem dos solos ricos em solutos húmicos oriundos da matéria orgânica em decomposição da floresta.

Figura 12 Área urbana de Manaus (AM).



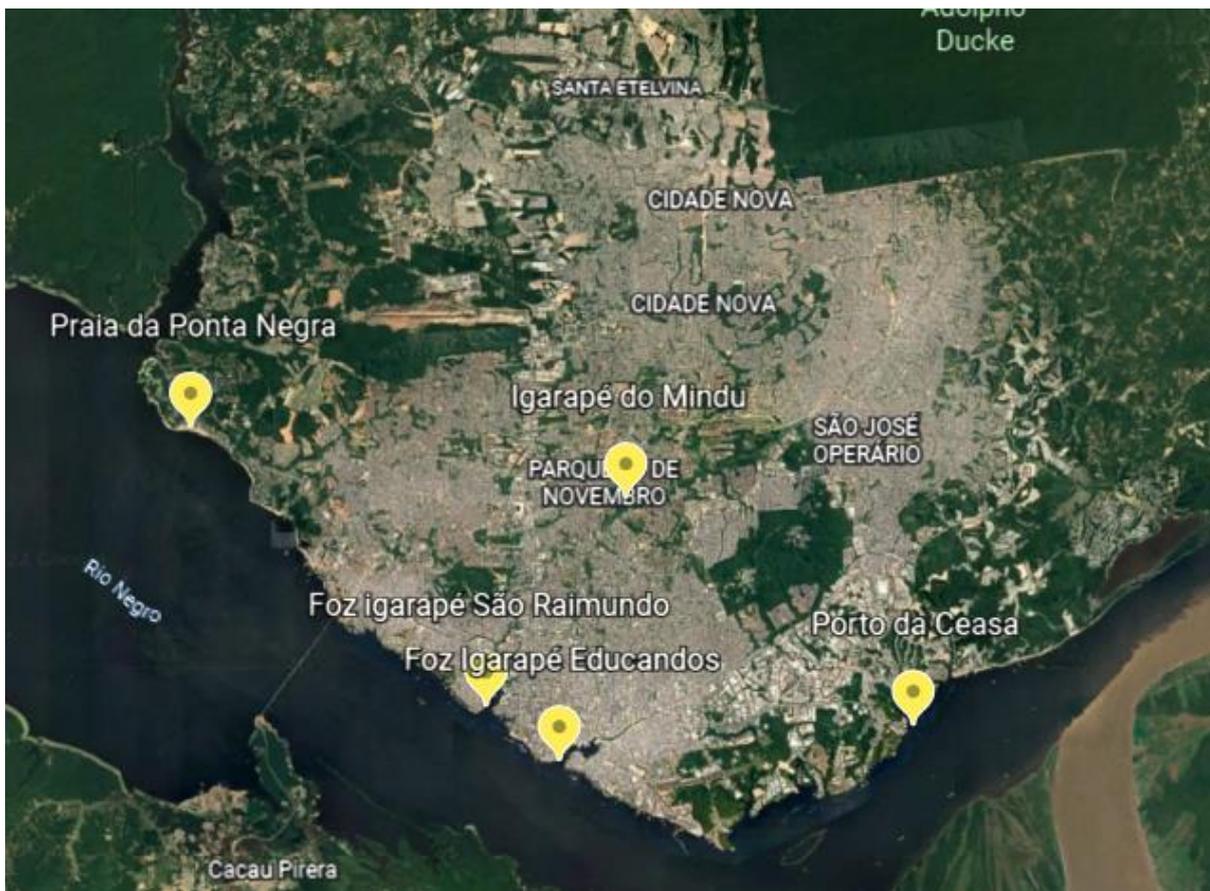
Fonte: GOOGLE EARTH (2021)

A orla de Manaus, área deste estudo, abrange um trecho do rio Negro, a partir de um ponto a montante, cerca de 200m, da foz do igarapé Tarumã Açu, com extensão em torno de 32 km até o porto do Ceasa. A área é limitada pelos paralelos 3°00' e 3°10' S e pelos meridianos 60°07' e 59°50' W.

3.1.1 Localização dos pontos de coleta e material usado

Foram realizadas cinco coletas de água no dia 25 de dezembro de 2021, pela parte da manhã, com tempo bom e limpo, a cerca de 250 metros das margens (exceção: igarapé do Mindu), sem poluição aparente, nos seguintes locais identificados com marcadores amarelos: praia da Ponta Negra, foz do igarapé São Raimundo, foz do igarapé do Educandos, igarapé do Mindu e no porto da Ceasa (CSA), como mostra a Figura 13.

Figura 13 Localização dos pontos de coleta - Área de Manaus (AM).



Fonte: GOOGLE EARTH (2021)

A área de estudo está compreendida na área urbana do município de Manaus. De acordo com a Lei municipal Nº 1.401, de 14 de janeiro de 2010, a qual dispõe sobre a criação e a divisão dos bairros de Manaus, cujo município conta com um total de 63 bairros.

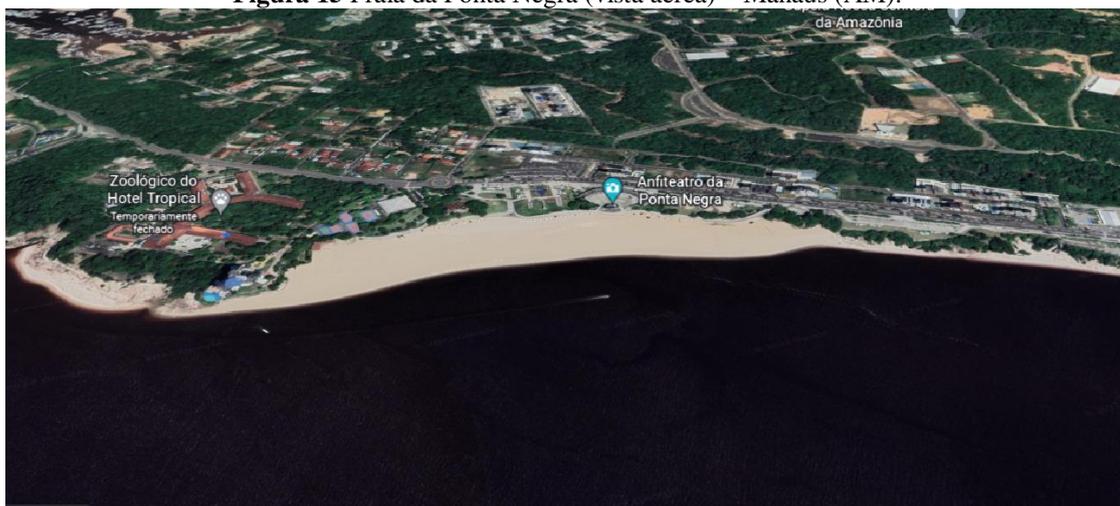
No primeiro ponto, temos a região da praia da Ponta Negra, um dos lugares mais procurados por populares e turistas para tomarem banho no rio, conforme Figuras 14 e 15.

Figura 14 Praia da Ponta Negra – Manaus (AM).



Fonte: PAULO FRAZÃO/REDE AMAZÔNICA (2021)

Figura 15 Praia da Ponta Negra (vista aérea) – Manaus (AM).



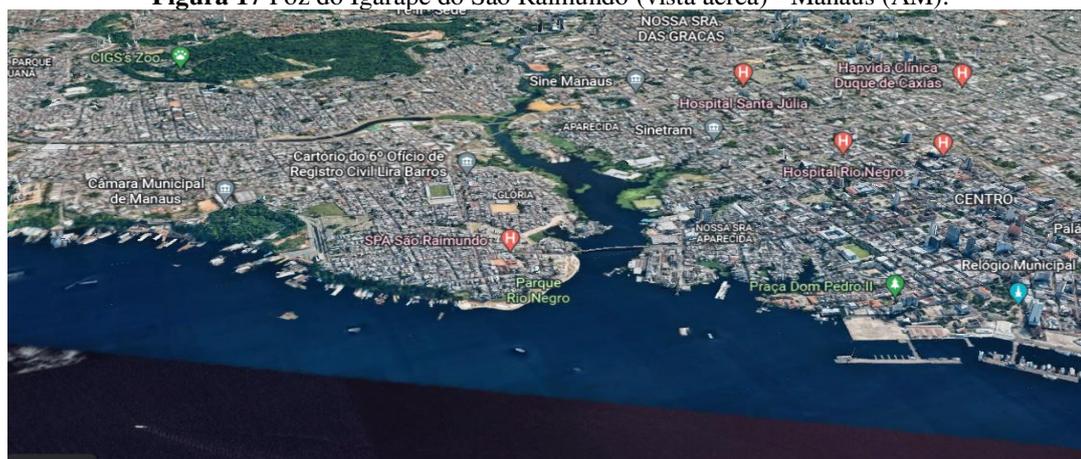
Fonte: GOOGLE EARTH (2022)

No segundo ponto, temos a foz do igarapé do São Raimundo que deságua no rio Negro, conforme Figuras 16 e 17, abaixo.

Figura 16 Foz do Igarapé do São Raimundo - Manaus (AM).



Figura 17 Foz do Igarapé do São Raimundo (vista aérea) - Manaus (AM).



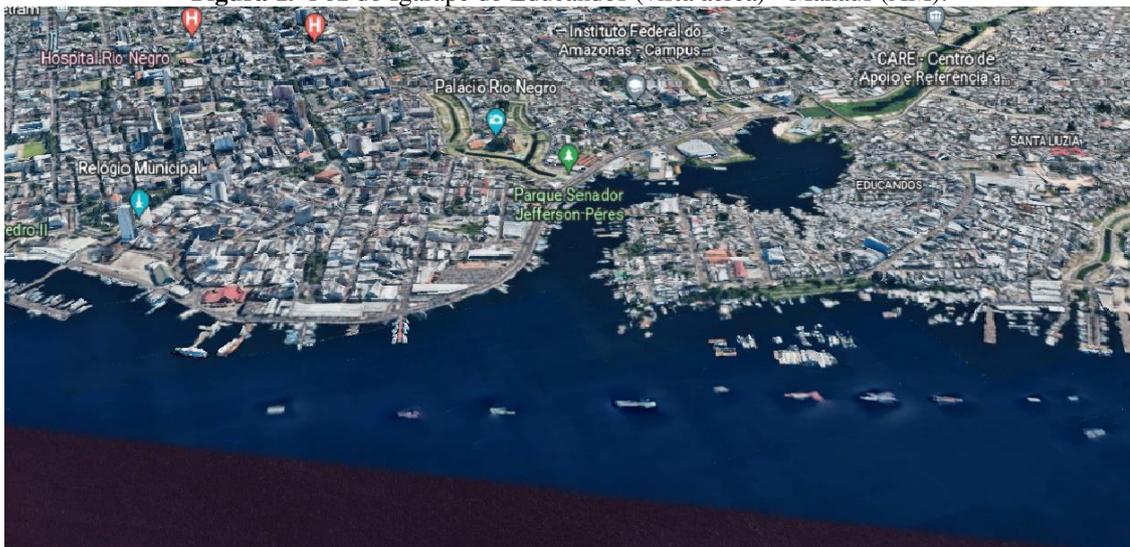
Fonte: GOOGLE EARTH (2022)

No terceiro ponto, seguindo à jusante do rio Negro, temos a foz do igarapé do Educandos, um dos principais a desaguar no rio que banha a orla de Manaus, conforme se extrai das Figuras 18 e 19.

Figura 18 Foz do Igarapé do Educandos - Manaus (AM).



Figura 19 Foz do Igarapé do Educandos (vista aérea) - Manaus (AM).



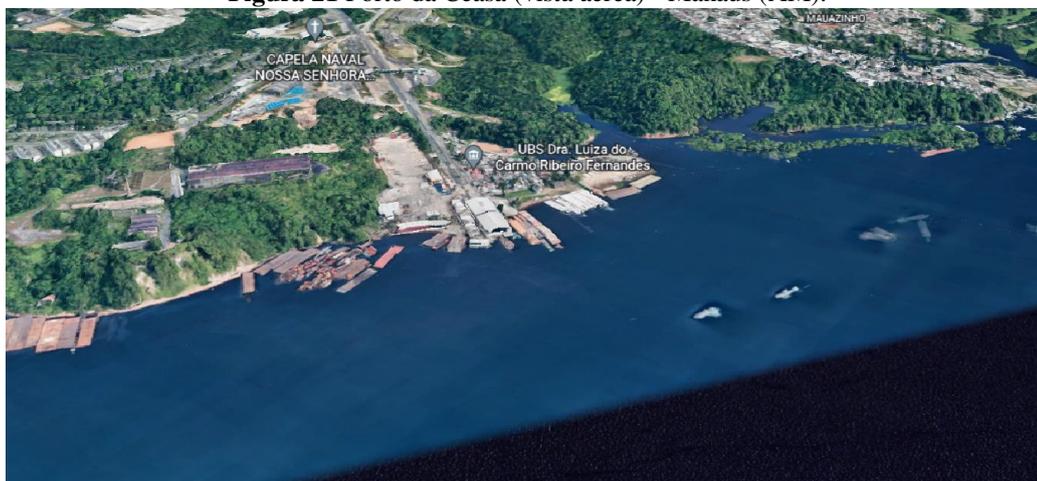
Fonte: GOOGLE EARTH (2022)

No quarto ponto de coleta, próximo ao encontro das águas, temos o Porto da Ceasa, o principal ponto de travessia de passageiros aos municípios localizados na margem direita do rio Solimões, como: Careiro do Várzea e Autazes (Figuras 20 e 21).

Figura 20 Porto da Ceasa- Manaus (AM).



Figura 21 Porto da Ceasa (vista aérea) - Manaus (AM).



Fonte: GOOGLE EARTH (2022)

Finalmente, no último e quinto ponto de coleta, temos um trecho do igarapé do Mindu localizado no parque de mesmo nome, que podemos ver nas Figuras 22 e 23.

Figura 22 Trecho do Igarapé do Mindu - Manaus (AM).



Fonte: AMAZONAS TV (2013)

Ressalta-se, por fim, que as amostras foram armazenadas em recipientes próprios esterilizados (Figura 23) e mantidos sob refrigeração adequada, até a efetiva análise. O citado material foi fornecido pela Dra. Ingrid Reis da Silva, do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA).

Figura 23 Recipiente para coleta de amostras de água.



3.2 PROCEDIMENTO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente, o tema referenciado consistiu-se na pesquisa de literatura especializada, como livros, artigos publicados em revistas científicas, periódicos, seminários, simpósios, trabalhos acadêmicos, legislações federal, estadual e municipal, disponíveis tanto por meio impresso quanto digital.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Caracterização Microbiológica

As análises de caracterização microbiológica foram realizadas através da quantificação de *Escherichia coli* e coliformes totais, conforme metodologia descrita em Standard Methods for the Examination of Wastewater (APHA, 2005). A determinação de coliformes totais e de *Escherichia coli* foi realizada a partir da utilização de meios seletivos e substrato cromogênico-fluorogênico-hidrolizável, empregando 100 mL de cada amostra, oriundas dos

diferentes pontos de coleta. A determinação de *Pseudomonas aeruginosa* foi realizada pela técnica de membrana filtrante, sendo as bactérias retidas na membrana transferidas para tubos contendo caldo Luria Bertain Broth (LB) e incubadas à 37°C, por 24h (SILVA *et al*, 2017).

Após o crescimento bacteriano, as amostras foram semeadas em placas de Petri contendo meio de cultura para isolamento de *Pseudomonas* com Agar M-PA-C que é um meio seletivo e diferencial para bactérias do gênero *Pseudomonas* e, em seguida, as placas foram incubadas a 37°C por 24h. Após o crescimento em placas, foram selecionadas colônias bacterianas com características típicas da espécie *P. aeruginosa* (TRABULSI e ALTHERTUN, 2004). Para identificação, por metodologia clássica, os isolados selecionados foram submetidos à coloração de Gram e provas bioquímicas convencionais, como oxidase, motilidade, produção de H₂S e crescimento em caldo simples a 42°C. Para a análise dos testes bioquímicos foi utilizada a tabela de leitura descrita pela Probac do Brasil. A determinação bactérias heterotróficas foi realizada através da técnica de semeadura em profundidade em ágar PCA (Plate Count Agar) e incubadas a 35-37°C por 24 horas. O procedimento foi realizado em duplicata. Para a determinação de bolores e leveduras foi utilizado o meio ágar Sabouraud pelo método de semeadura em superfície (Spread plate).

3.4 MICROORGANISMOS TESTADOS

3.4.1 Coliformes Termotolerantes (45°C) e Coliformes Totais

Os Coliformes totais são definidos, legalmente, como:

“[...] bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a 35,0 ± 0,5°C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β-galactosidase e β-glucuronidase” (BRASIL, 2004).”

Coliformes fecais ou Coliformes termotolerantes são bactérias capazes de desenvolver e/ou fermentar a lactose com produção de gás a 44°C em 24 horas. A principal espécie dentro desse grupo é a *Escherichia coli*. Essa avaliação microbiológica da água tem um papel destacado, em vista da grande variedade de microrganismos patogênicos, em sua maioria de origem fecal, que pode estar presente na água (BETTEGA *et al*, 2006).

A presença de coliformes totais não implica que a água esteja de fato comprometida, porém pode indicar a presença de bactérias potencialmente patogênicas.

“Atualmente denominados de termotolerantes, os coliformes fecais são o grupo dos coliformes totais que estão presentes especificamente no intestino e nas fezes de animais de sangue quente e são considerados uma indicação mais precisa de contaminação fecal de animais e humanos. A principal espécie do grupo dos

coliformes termotolerantes é bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*), que é considerada o melhor indicador de poluição fecal (MICRO AMBIENTAL, 2021, p. 1).”

Depreende-se, que a presença de contaminação fecal é um indício de que as pessoas expostas a essa água correm considerável risco à saúde. A referida contaminação ocorre, geralmente, quando há despejos de esgotos domésticos ou outra fonte de dejetos humanos e animais.

Algumas doenças patogênicas transmitidas pela água incluem febre tifoide, cólera, gastroenterite viral e bacteriana e hepatite A (MELO, 2019).

3.4.2 Bactérias Heterotróficas

Segundo Vespermann et al (2013), as bactérias heterotróficas são aquelas que usam matéria orgânica como fonte de carbono. Podem estar presentes em diversos ambientes, como: solo, alimentos, água e ar. Uma variedade delas pode se multiplicar no interior de tubulações e equipamentos utilizando nutrientes presentes nos materiais usados na construção dos mesmos, carbono particulado presente na água ou resquícios de matéria orgânica deixados nos equipamentos, podendo formar biofilmes na superfície dos mesmos.

As bactérias heterotróficas conhecidas como parasitas são aquelas que adquirem o seu alimento a partir de seres vivos, causando-lhes doenças. Algumas dessas bactérias utilizam o nosso corpo como fonte de alimento, causando-nos diversas doenças, como a sífilis, gonorreia, cólera, coqueluche, leptospirose, entre tantas outras.

3.4.3 *Pseudomonas aeruginosa*

De acordo com Todar (2020), *Pseudomonas aeruginosa* é uma bactéria de vida livre, comumente encontrada no solo e na água. No entanto, ocorre regularmente nas superfícies das plantas e ocasionalmente nas superfícies dos animais.

De fato, *Pseudomonas aeruginosa* é eventualmente um patógeno de plantas. No entanto, a referida bactéria tem se tornado cada vez mais caracterizada como um patógeno oportunista emergente, de relevância clínica. Vários estudos epidemiológicos diferentes rastreiam sua ocorrência como patógeno nosocomial e indicam que a resistência a antibióticos está crescendo em isolados clínicos.

Ainda segundo Todar (2020, p. 1), *Pseudomonas aeruginosa* é:

“[...] um patógeno oportunista, o que significa que ele explora alguma quebra nas defesas do hospedeiro para iniciar uma infecção. De fato, *Pseudomonas aeruginosa* é o epítome de um patógeno oportunista de humanos. A bactéria quase nunca infecta tecidos não comprometidos, mas dificilmente há tecido que ela não possa infectar se

as defesas do tecido estiverem comprometidas de alguma maneira. Causa infecções do trato urinário, infecções do sistema respiratório, dermatites, infecções de tecidos moles, bacteremia, infecções ósseas e articulares, infecções gastrointestinais e uma variedade de infecções sistêmicas, particularmente em pacientes com queimaduras graves e em pacientes com câncer e AIDS imunossuprimidos.”

Portanto, os cuidados relativos à qualidade da água são de extrema importância para a população, uma vez que a água serve de veículo de patógenos que podem desencadear doenças graves, sendo fundamental o seu controle.

3.4.4 Bolores e Leveduras

Os bolores e leveduras constituem um grande grupo de microrganismos, a maioria originária do solo ou do ar. Os bolores são extremamente versáteis, uma vez que a maioria das espécies é capaz de assimilar qualquer fonte de carbono derivado de alimentos. São também muito resistentes às condições adversas, como pH, ácido e atividade de água (SILVA et al., 2010).

Segundo Silva *et al* (2010), entre os principais sintomas estão: náuseas, vômitos, cólicas, prostração, pressão baixa ou queda de temperatura. A recuperação ocorre em torno de dois dias e as complicações ou mortes são raras. O diagnóstico é simples, especialmente quando há um surto com predomínio de sintomas gastrointestinais superiores, com intervalo curto entre a ingestão do alimento contaminado e o início dos sintomas (SILVA et al., 2010).

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS OBTIDOS

No Quadro 1 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas das cinco amostras de água coletadas na praia da Ponta Negra, na foz do igarapé São Raimundo, na foz do igarapé do Educandos, no igarapé do Mindu e no porto da Ceasa, para análise dos parâmetros de qualidade.

Quadro 1 Dados das amostras de água – em Unidades Formadoras de Colônias (UFC)/g.

Microrganismos testados	Praia da Ponta Negra	Igarapé do Mindu	Igarapé do São Raimundo	Igarapé do Educandos	Porto da Ceasa	Limites aceitos pela legislação
Coliformes Termotolerantes (45°C)	5,0 x 10 ³	2,5 x 10 ²	2,0 x 10 ³	3,5 x 10 ³	1,0 x 10 ³	Ausência/ 100 mL
Coliformes Totais	2,5 x 10 ³	1,5 x 10 ²	1,5 x 10 ³	3,5 x 10 ³	1,0 x 10 ³	Ausência/ 100 mL
Bolores e Leveduras	1,0 x 10 ²	3,3 x 10 ³	1,0 x 10 ³	1,5 x 10 ³	2,5 x 10 ³	Ausência/ 100 mL
Bactérias Heterotróficas	1,5 x 10 ³	1,5 x 10 ³	1,0 x 10 ³	2,0 x 10 ³	3,0 x 10 ³	Ausência/ 100 mL
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausência	Presença	Presença	Presença	Ausência	Ausência

Como se pode notar pelos resultados apresentados no Quadro 1, em todas as amostras coletadas há presença de Coliformes Termotolerantes (45°C) e Coliformes Totais, destacando-se, negativamente, aquelas coletadas nas águas próximas à praia da Ponta Negra e foz do igarapé do Educandos, as quais obtiveram os maiores índices de concentração por 100 ml, sendo 5,0 x10³ UFC/g para Coliformes Termotolerantes (45°C) e 3,5x10³ UFC/g para Coliformes Totais, respectivamente. Os limites aqui utilizados são aqueles aceitos pelo MAPA (Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento) - Resolução RDC nº 275, de setembro de 2005 e Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 – Potabilidade de água.

De acordo com a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 – Potabilidade de água, bem como Resolução RDC nº 275, de setembro de 2005, há de ser respeitados alguns limites em relação à qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2005a).

A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico para consumo humano, cujo valor máximo deve ser a ausência dos microrganismos em 100 ml de amostra de água coletada (BRASIL, 2004).

Para a avaliação das condições de potabilidade de uma água utilizam-se bactérias do grupo coliforme, que atuam como indicadores de poluição fecal, pois estão presentes no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente, sendo eliminadas em grande número pelas fezes. A presença de coliformes na água indica poluição, com o risco potencial da presença de microrganismos patogênicos e sua ausência é evidência em uma água bacteriologicamente potável, uma vez que são mais resistentes na água que as bactérias patogênicas de origem intestinal (BRASIL, 2005b).

Os citados índices chamam a atenção, visto que é um lugar que abriga muitos moradores às suas margens, no caso da foz do igarapé do Educandos, e lugar de recreação para banhistas, no caso da praia da Ponta Negra.

Ainda sobre os microrganismos encontrados na pesquisa, a Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que 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, externa em seu 4º, inciso III, que as águas aqui analisadas pertencem à classe 2, que são aquelas que podem ser destinadas (BRASIL, 2005b):

- “a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.”

Adiante, o art. 15, inciso II da mesma norma, estabelece os padrões e condições da qualidade da água doce de classe 2, conforme abaixo:

“II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição aos parâmetros coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. ”

Nota-se, de plano, que os locais cujas coletas foram realizadas estão impróprios, considerando os níveis de coliformes termotolerantes e coliformes totais detectados.

Cita-se, também, que o art. 2º da Resolução CONAMA nº 274, de 2000, define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, senão vejamos:

“Art. 2º As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§ 4º As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências: a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias; b) valor obtido na última amostragem for superior a **2500 coliformes fecais (termotolerantes)** ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros (BRASIL, 2000).”

Neste ponto, destaca-se os altos níveis de coliformes encontrados na praia da Ponta Negra que, como já mencionado, é destinada à balneabilidade.

Quanto à verificação relacionada a bolores e leveduras, ficou constatado que são microrganismos comuns em todas as amostras, o que tem relação com sua resistência às condições adversas, como pH ácido e atividade de água. O mínimo atingido nas análises foi na Praia da Ponta Negra, com o equivalente a $1,0 \times 10^2$, e o máximo foi no igarapé do Mindu, com o total de $3,3 \times 10^3$.

Adiante, a determinação da quantidade de bactérias heterotróficas em águas é um importante instrumento auxiliar no controle bacteriológico para avaliação das condições higiênicas e de proteção. Ademais, essas bactérias têm o poder de inibir a detecção dos coliformes, quando encontrados em quantidades elevadas na água. Todas as amostras de águas coletas mostraram-se deterioradas pela presença de bactérias heterotróficas, tendo o grau mais alto a amostra retirada próximo ao Porto da Ceasa e, grau mais baixo, a amostra retirada da foz do igarapé do São Raimundo.

Por fim, na última amostra, temos um patógeno oportunista chamado *Pseudomonas aeruginosa*, que é um microrganismo encontrado em qualquer habitat, incluindo água e sistema de distribuição, solo, ar e o próprio homem. Destaca-se, ainda, que ele pode interferir nas análises de coliformes, sendo responsáveis por resultado falso, ou seja, negativo das análises colorimétricas, caso haja altas concentrações (ALMEIDA, 2010). De acordo com os resultados, houve a detecção da presença de *Pseudomonas aeruginosa* na foz do igarapé do São Raimundo, na foz do igarapé do Educandos e no igarapé do Mindu. Por outro lado, este microrganismo não foi detectado no porto do Ceasa nem praia da Ponta Negra. De acordo

com a literatura, este microrganismo pode apresentar resistência natural ou adquirida a grande número de antibióticos utilizados na prática clínica (NEVES et al., 2011).

Diante de todos os resultados aqui demonstrados, fica evidenciada a carência de saneamento básico na cidade de Manaus, mais especificamente do esgotamento sanitário. De certo, ter apenas 22% da população total (urbana e rural) atendida por rede coletora de esgoto, influencia sobremaneira na situação preocupante do rio Negro, que sofre despejo irregular de efluentes e está com os níveis de poluição cada vez mais elevados.

A história nos expõe que a ineficiência do serviço de saneamento básico é acompanhada de diversas doenças causadas, principalmente, pelos microrganismos encontrados nos rios e igarapés, afetando direta e indiretamente as pessoas que utilizam essas águas de alguma forma, trazendo graves consequências em termos de saúde para a população principalmente os mais carentes que utilizam a água do rio diretamente para consumo.

CAPÍTULO 5

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão sobre um saneamento básico adequado é de suma importância para a sociedade, uma vez que a deficiência desse serviço influencia sobremaneira na qualidade da água de nossos rios e igarapés.

Portanto, é indiscutível que a água é indispensável para a vida e todo empenho deve ser feito para garantir a sua qualidade, do contrário, jovens, idosos, doentes, e todos aqueles que vivem em condições sanitárias inadequadas estarão expostos aos riscos de contrair doenças Gleeson & Gray, 1997 como citado em Almeida, 2010).

A fim de avaliar os corpos hídricos que banham a cidade de Manaus, foram realizadas as coletas de amostras de águas na praia da Ponta Negra, na foz do igarapé São Raimundo, na foz do igarapé do Educandos, no igarapé do Mindu e no porto da Ceasa. Após, foram analisados os resultados obtidos, confrontando-os com a legislação vigente, com intuito de saber o avanço da poluição em nossas águas.

Foi possível depreender com os resultados, que a poluição nos igarapés e orla de Manaus é evidente, considerando que em todos os cinco pontos avaliados foram constatadas presenças de microrganismos capazes de prejudicar a saúde humana e animal.

Comparando os resultados alcançados com os limites máximos estipulados nas normas em vigor, constata-se que a água dos locais visitados está fora do padrão de potabilidade para consumo humano, posto que a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico, cujo valor máximo deve ser a ausência de microrganismos em 100 ml de amostra de água coletada.

Os resultados preocupantes que aqui são discutidos indicam claramente que o sistema de saneamento básico de Manaus, mais especificamente a coleta e tratamento de esgoto, ainda não é o adequado e está longe de ser. A grande quantidade de microrganismos encontrados no rio Negro está direta e inversamente ligada à pequena porcentagem (22%) da população total (urbana e rural) atendida por rede coletora de esgoto nesta cidade.

Diante da atual situação, não resta dúvidas de que não é possível viabilizar qualquer despejo ou emissário subfluvial de efluentes diretamente nos rios e igarapés sem o devido tratamento essencial.

Faz-se necessário que haja, com brevidade, a atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade de Manaus, a fim de que se amolde aos termos básicos da Lei Federal nº 14.026/2020, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, no que diz respeito, principalmente, à universalização dos serviços de saneamento, cujo maior objetivo é de que 90% (noventa por cento) da população brasileira tenha acesso à coleta e tratamento de esgoto até 31 de dezembro de 2033. O intuito é que o município de Manaus, ao atualizar seu plano sobre saneamento, idealize e estabeleça uma data-limite próxima para que órgãos e empresas envolvidas possam atingir o mesmo ou maior patamar estipulado na lei nacional, em relação à coleta e tratamento de esgoto.

Diante de todo o exposto, constatou-se que o saneamento na cidade de Manaus ainda é, no geral, precário principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto. Notou-se, também, que o rio Negro na orla de Manaus não atende aos padrões potabilidade e qualidade da água para consumo humano, muito em razão do recebimento de despejo desordenado de efluentes oriundos da cidade. E, por fim, infere-se ser necessária a atuação conjunta dos órgãos públicos e empresa responsável para atualizar as normas pertinentes, e agir o quanto antes a fim de elevar a porcentagem de pessoas atendidas principalmente pela coleta e tratamento de esgoto, atingindo patamares exemplares acima de 90% em uma década.

É importante manter um estudo e acompanhamento atualizados sobre o tema. Portanto, sugere-se a futuros trabalhos de pesquisadores, que sejam verificados, constantemente, os índices de poluição do rio Negro e igarapés de Manaus, com fito de saber se houve significativa piora ou melhora dos indicadores de saneamento básico e sua concordância com a legislação vigente. Outra importante recomendação é a monitorização das condições de saúde das comunidades que vivem nas proximidades das áreas onde foram realizadas as coletas de água, sobretudo na ocorrência de doenças relacionadas à precariedade do saneamento básico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21sted. Washington, DC, New York: American Public Health Association; 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2020**. Disponível em: <file:///C:/Users/breno/Downloads/Panorama-2020-V5-unicas.pdf>. Acesso em: 4 de junho de 2021.

AZEVEDO NETO, J. M. **Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil**. Edição: 33. São Paulo: SABESP, 1959.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico no Brasil**. 2014, p.1 Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/> Acesso em: 23 de maio de 2021.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Antiga**. 2014, p.1. Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/historia-saneamento-basico-na-idade-antiga/> Acesso em: 23 de maio de 2021.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Média**. 2014, p.1. Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-media/> Acesso em: 25 de maio de 2021.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Moderna**. 2014, p.1. Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-moderna/> Acesso em: 25 de maio de 2021.

BARROS, R. **A história do saneamento básico na Idade Contemporânea**. 2014, p.1. Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-contemporanea/> Acesso em: 25 de maio de 2021.

BARROS, R. T. V. . **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios – volume 2.

BOURSCHEIT, Aldem e SCHIMIDT, Steffanie. **A Maior cidade da Amazônia despeja quase tudo no rio**. INFOAMAZÔNIA, 2021. p. 1. Disponível em: <https://infoamazonia.org/2021/03/26/a-maior-cidade-da-amazonia-despeja-quase-tudo-no-rio/>. Acesso em: 3 de agosto de 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 30 de maio de 2021.

BRASIL. **Lei Federal Nº 14.026, de 6 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em: 30 de maio de 2021.

BRASIL. **Lei Federal Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 30 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução de Diretoria Colegiada. **RDC nº 275, de 22/09/2005a**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de características microbiológicas para água mineral natural e água natural. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0275_22_09_2005.html>. Acesso em: 07 de julho de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/2005b**. 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. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>>. Acesso em: 07 de julho de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 274, de 29/11/2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileira. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>>. Acesso em: 07 de julho de 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020.183p.: il. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf>. Acesso em: 4 de junho de 2021.

CUNHA. H.B.; PASCOALOTO, D. (2006). **“Hidroquímica dos rios da Amazônia”**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas/ Secretaria de Estado da Cultura/Centro Cultural dos Povos da Amazônia - Série Pesquisas, Manaus. 127pp.

FERREIRA, Mateus de Paula; GARCIA, Mariana Silva Duarte. **Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana**. Dignidade Re-Vista, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 12, July 2017. ISSN 2525-698X. Disponível em: <<http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>>. Acesso em: 02 de junho de 2021.

GLEESON, c.; GRAY, N. **The Coliform index and wasteborne disease, problems of microbial drinking water assessment**, London: E & FN Spon, 1st ed.1997. 194p.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Blog do Saneamento Básico: Exigência dos Planos de Saneamento Básico nos municípios é adiada**. 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/01/10/planos-saneamento-basico/>>. Acesso em: 16 de julho de 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2022**. 2022. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2022/>>. Acesso em: 6 de novembro de 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento: Principais Estatísticas**. 2021. Disponível em: <<https://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/principais-estatisticas>>. Acesso em: 11 de junho de 2022.

MELO, Marly De Fátima. **Doenças de Veiculação Hídricas**. 2019, p. 14. Disponível em: https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/367065/mod_resource/content/1/Doen%C3%A7as%20de%20Veicula%C3%A7%C3%A3o%20H%C3%ADdrica_completo.pdf. Acesso em: 17 de setembro de 2022.

MICRO AMBIENTAL. **Análise de bactérias coliformes na água: por que fazer?**. São Paulo, 2021. P. 1. Disponível em: <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/analise-de-bacterias-coliformes-na-agua-por-que-fazer/>. Acesso em: 19 ago. 2022

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS. **Nota técnica: Marco Legal do Saneamento Básico. Goiânia: 2020.** Disponível em: http://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2020/10/08/14_44_37_202_Nota_T%C3%A9cnica_Marco_Legal_do_Saneamento_B%C3%A1sico_outubro_de_2020_.pdf. Acesso em: 11 de junho de 2021.

OAB, Conselho Federal. Comissão Especial de Saneamento, Recursos Hídricos e Sustentabilidade. **O Novo Marco Legal do Saneamento Básico: Lei nº 14.026/2020**. Brasília, 2020, p. 10-11. Disponível em: <https://www.oab.org.br/Content/pdf/cartilhasaneamento5.pdf>. Acesso em: 9 de junho de 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Assembleia Geral. Resolução A/RES/64/292, de 28 de julho de 2010**. [S. l.], ONU, 2010.

PINTO, Antônia Gomes Neta et al. **Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM**. Acta amazonica, v. 39, p. 627-638, 2009.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **Saneamento Básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Curso de Especialização em Análise Ambiental da UFJF. 2010. P. 12. Disponível em: <https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%C3%BAde.pdf>. Acesso em: 2 de junho de 2021.

ROCHA, Sandoval Alves; TELLES, Maria Sarah da Silva; PAIVA, Angela Maria de Randolpho. **A luta pela água na Amazônia: desafios e contradições do acesso à água em Manaus**. Rio de Janeiro, 2019. 302p. Tese de Doutorado – Departamento de Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SILVA, L. A. **Desenvolvimento e avaliação de um protótipo de estação compacta para tratamento de esgotos em unidades residenciais unifamiliares**. 2014. 191f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SILVA, N. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5 ed. São Paulo: Blucher, 2017. ISBN 978-85-212-1225-6.

TODAR, Kenneth. *Todar's Online Textbook of Bacteriology*. *Pseudomonas aeruginosa*, 2020. P. 1. Disponível em: <http://textbookofbacteriology.net/pseudomonas.html>. Acesso em: 14 de abril de 2022.

TRABULSI, L.R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**, 4.ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

VESPERMANN, Kele Aparecida Costa *et al.* **CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS EM AMOSTRAS DE ÁGUA MINERAL COMERCIALIZADAS EM TEÓFILO OTONI-MG**. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Recife, 2013. 4 p. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/4147.htm>. Acesso em: 21 mai. 2022.