



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL

NEWTON ANTAS PEREIRA

EDUCAR PARA A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO SOBRE A
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO IPOJUÇA - PE

RECIFE - PE

2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

NEWTON ANTAS PEREIRA

**EDUCAR PARA A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO SOBRE A
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO IPOJUCA - PE**

Dissertação de mestrado apresentada à Coordenação do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Química.

Área de Concentração: Ensino de Química

Orientadora: Prof.^a Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral

RECIFE - PE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P436e Pereira, Newton Antas
EDUCAR PARA A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DAS
ÁGUAS DO RIO IPOJUCA - PE / Newton Antas Pereira. - 2020.
178 f. : il.

Orientadora: Edenia Maria Ribeiro do Amaral.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado
Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2020.

1. Ensino de química. 2. Educação ambiental. 3. Divulgação científica. 4. Revitalização de
rios. 5. Qualidade da água. I. Amaral, Edenia Maria Ribeiro do, orient. II. Título

CDD 540

NEWTON ANTAS PEREIRA

**EDUCAR PARA A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO SOBRE A
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO IPOJUCA - PE**

A banca examinadora, em 25 de setembro de 2020, Aprova por unanimidade a dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Química, na área de concentração de Ensino de Química.

Membros componentes da banca examinadora:

Prof.^a Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral – Orientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dra. Andréa Shirley Xavier da Silva – Membro Externo
Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH

Profa. Dra. Ruth do Nascimento Firme – Membro Interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Profa. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas – Membro Interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dedico a minha família; a meus irmãos: Jane, Nélio e Naylor; a meus pais: João e Neusa, in memoriam; a minha esposa Natalia e minha filha Lorena; a todos meus amigos; em especial a Roberto Moreira Tavares, in memoriam: “o palco da luta está deserto.”

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e saúde, pela oportunidade concedida para realizar o curso de mestrado;

A minha Orientadora, Professora Edenia Maria Ribeiro do Amaral por todo incentivo e orientações, e por acreditar, desde o início, no meu potencial para elaboração deste trabalho;

Aos professores e coordenadores do Programa de Mestrado – PROFQUI, pelas aulas ministradas durante o curso, contribuições e participação na construção de novos conhecimentos que foram agregados a minha formação profissional;

A Agência Estadual de Meio Ambiente pela disponibilização dos dados do monitoramento utilizados na dissertação e disponibilizar a compensação dos horários para a realização das aulas;

A minha chefe, Andréa Xavier por estimular, apoiar e entender a importância da continuação dos estudos, por toda a ajuda e ideias deste trabalho;

A meus familiares e amigos pelo estímulo durante o curso sempre me dando forças para continuidade desse processo;

A minha esposa, Natalia Antas pela compreensão, apoio e estímulo na busca por nossos objetivos;

A minha filha Lorena Antas pelas ideias, ajuda nos textos e correções. E em conjunto com Natalia me ajudarem no desenvolvimento do produto educacional;

A minha mãe Neusa Antas e meu pai João Arestides, ambos in memoriam, pela criação, estímulo aos estudos e apesar de toda dificuldade cumprirem muito bem o papel dado por Deus;

A meus colegas de turma pelos momentos de troca de experiências e de uma relação de convivência prazerosa.

QUERO MEU RIO DE VOLTA!

Quem olha o Rio Ipojuca
E a sua hidrografia
Machucada pelas chagas
Que a poluição crucia,
Às vezes nem imagina
Que ele foi limpo um dia.

Em um passado até próximo,
Não havia poluente,
O povo nadava nele
E bebia água contente,
Pois ele fazia parte
Da vida de muita gente.

Foi ficando diferente
Por motivos incorretos,
Pela falta de cuidados,
Néscios modos incompletos,
O Ipojuca tornou-se
Em um poço de dejetos.

Lugares onde ele é mais limpo,
É verdade! Têm ainda...
Se o rio for bem cuidado,
Cuidando bem ele brinda
Oferecendo tesouros
Da sua riqueza infinda.

Entre os rios poluídos,
Do Brasil é o terceiro,
Mas eu sonho com o dia
De ver um novo roteiro
E o nosso Ipojuca limpo
No seu curso por inteiro.

Sem coliformes fecais,
Que poluem e causam dó,
pH equilibrado,
Bom nível de DBO,
Sendo insípida e inodora
Esta sua H₂O.

Pelas iniciativas
Este rio mudará,
Nos trabalhos da Compesa
E da CPRH,
O Janelas Para o Rio
E mais o PSA.

Se o povo todo ajudar
Com medidas sustentáveis,
Dirimindo as impurezas
Para níveis aceitáveis,
Porque pra cuidar do rio
Somos todos responsáveis.

Precisamos dar as mãos
Com excelência e ternuras,
Do meio ambiente somos
Um meio de essências puras,
Pra dar um futuro bom
Para as gerações futuras.

A mão do tempo é tão firme!
Prende com força e não solta,
Mas dá pra mudar o hoje
E o porvir ter nova escolta
Numa voz todos dizendo:
“ Quero meu rio de volta! ”.

Jénerson Alves

RESUMO

Neste trabalho, procurou-se fazer uma aproximação do ensino de química com a educação ambiental, buscando mostrar que a química é uma importante ferramenta para análise de questões ambientais, e isso pode facilitar a aprendizagem de conceitos químicos associados à conscientização para a preservação do meio ambiente. Esta pesquisa tem por objetivo geral promover a divulgação científica no ensino de química sobre a recuperação e preservação ambiental, especificamente focando no monitoramento de qualidade da água feito pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) no rio Ipojuca. Para isso, foram apresentados trabalhos que obtiveram sucesso na recuperação de rios, principalmente trabalhos que focaram na educação ambiental, realizados no Brasil e no mundo; bem como o monitoramento dos rios no estado de Pernambuco e a variação dos parâmetros de qualidade das águas que podem ser um atrativo nas aulas de química, pois essa temática é parte da vida de todos que usufruem ou mesmo contemplam a beleza dos rios da nossa região. Dessa forma, foi realizado um estudo comparativo das condições hídricas da bacia do rio Ipojuca, ao longo de dezessete anos (2003 a 2019), mostrando alterações de parâmetros químicos e biológicos significativos, a partir de dados registrados na CPRH. Além disto, foi realizado um levantamento das concepções de moradores de comunidades ribeirinhas e de estudantes, para compreender a relação desses atores sociais com o rio e obter elementos para construção de um produto educacional voltado para a divulgação científica. Os resultados mostraram a consciência social sobre a degradação dos rios e sobre o quanto a poluição interfere na vida social e compromete a saúde. Foi observado positivamente o desejo social de se ter um rio limpo, fornecendo uma base social para divulgar a necessidade de cuidar dos rios para, dessa forma, melhorar a qualidade de vida das pessoas. O produto deste estudo foi apresentado em forma de cartilha, visando facilitar sua leitura, atingir e difundir para um maior número de leitores a importância de preservar o meio ambiente. A cartilha produzida abordou, de forma didática, as análises realizadas, a variação dos dados químicos sobre a qualidade da água, as técnicas de análise utilizadas e formas de tratamentos de efluentes, trazendo sugestões para atividades dos estudantes. Espera-se que a aplicação da cartilha proporcione aos estudantes meios que facilitem o processo ensino/aprendizagem e maior interesse pela química.

Palavras - chave: Ensino de química, educação ambiental, divulgação científica, revitalização de rios, qualidade da água, parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

Approaches for Chemistry teaching articulated to environmental education can contribute to show that Chemistry could be seen as a tool for environmental issues analysis, thus facilitating chemical concepts learning and promoting the consciousness on environmental preservation. The main objective of this research is to contribute for scientific divulgation or popularization in Chemistry teaching related to the thematic on environmental recovery and preservation of rivers, specifically focusing on the monitoring of water quality on the Ipojuca River, by the Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), Recife, Brazil. In this way, firstly, it was presented projects that were successful in recovering rivers, mainly the ones focused on environmental education, in Brazil and around the world; as well the monitoring of rivers in the state of Pernambuco pointing how changings in the parameters of water quality can be an attractive for Chemistry classes as this subject is part of everyone's life who gets benefits and appreciates beauty in the rivers around them. Thus, a comparative study on the basin's water conditions was carried out from data registered by seventeen years (2003-2019), showing significant changes in chemical and biological parameters, from data registered by CPRH. In addition, a survey was carried out to rise feelings and knowledge from communities and students living on riverside, searching for their conceptions on the river pollution and preservation. The answers were useful to get information in order to elaborate an educational product focused to scientific divulgation or popularization. The results showed social awareness about the degradation of rivers and how much pollution interferes in social life and makes damages in the population's health. Was have positively observed the social desire to have a clean river, providing a social basis to highlight the need to care of rivers in order to improve people's quality of life. The educational product of this study was presented in a booklet format, aiming to facilitate the reading, to reach and to spread the importance of preserving the environment for a greater number of readers. In the booklet, it was adopted a didactical approach on the analyzes carried out and the results on chemical parameters changes, water quality evaluation, analysis techniques and some procedures for effluents treating, bringing suggestions for students' activities. It is expected that the booklet will be applied in instructional settings to provide students with means to facilitate Chemistry teaching and learning and to motivate them for their studies.

Keywords: Chemistry teaching, environmental education, scientific divulgation, rivers revitalization, water quality, physical-chemical parameters.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Exemplo de educação informal. Ação voluntária na Praça Parque Amorim, Recife - PE.....	21
FIGURA 2	Modelo de organização de conteúdos CTS. Tema poluição dos rios.....	30
FIGURA 3	Estação de dessalinização em Fernando de Noronha.....	40
FIGURA 4	Chamada do Grupo Pró-Capibaribe, realizada pelas redes sociais em agosto de 2019.....	42
FIGURA 5	Vista do rio Tâmisa em Londres, vista da Tower Bridge.....	43
FIGURA 6	Vista do rio Sena em Paris, França.....	45
FIGURA 7	Montagem comparativa com as três fases do projeto: antes, durante e depois da revitalização do rio.....	47
FIGURA 8	Rio Tietê na década de 1930, mostrando uso recreacional.....	50
FIGURA 9	Ônibus do Projeto Manuelzão nas ruas, levando educação ambiental nas comunidades.....	53
FIGURA 10	Mapa hidrográfico de Pernambuco, destaque para rio Ipojuca com nome em vermelho.....	54
FIGURA 11	Bacia hidrográfica do rio Ipojuca, mostrando os municípios que estão inseridos.....	57
FIGURA 12	Diagrama unifilar contendo zonas homogêneas e estações de amostragem da rede de monitoramento da bacia do rio Ipojuca...	59
FIGURA 13	Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.....	65
FIGURA 14	Diagrama das divisões dos sólidos totais.....	68
FIGURA 15	Autodepuração em corpos d'água.....	70
FIGURA 16	<i>Daphnia magna</i> , utilizada nos testes de toxicidade.....	73

FIGURA 17	Sonda multiparâmetro EXO 1.....	74
FIGURA 18	Exemplo de um parâmetro químico e sua variação na água com o descarte de efluentes.....	75
FIGURA 19	Estações de amostragem no rio Ipojuca, selecionadas para verificação dos parâmetros de qualidade.....	86
FIGURA 20	Aplicação do questionário para levantamento das concepções dos alunos.....	115
FIGURA 21	Resposta de um entrevistado, atribuindo a poluição do rio ao lançamento de esgoto.....	117
FIGURA 22	Resposta sobre a importância do rio para comunidade.....	119
FIGURA 23	Resposta para se o rio fosse limpo, seria melhor para comunidade.....	120
FIGURA 24	Resposta mais frequente para a questão de onde vem a poluição dos rios.....	121
FIGURA 25	Resposta para o conhecimento de ações voltadas para melhoria da qualidade dos rios.....	123
FIGURA 26	Sugestões para evitar a poluição dos rios, citando a educação....	124
FIGURA 27	Sugestões para evitar a poluição dos rios, citando exclusivamente a educação.....	124
FIGURA 28	Aplicativo Comica, disponível na Play Store, em abril de 2020.....	127
FIGURA 29	Primeiro esboço da cartilha, com as primeiras ideias da história...	128
FIGURA 30	Algumas páginas do <i>storyboard</i> melhorado com utilização do aplicativo Comica.....	129
FIGURA 31	Capa da cartilha e início da história, produto educacional desenvolvido.....	132
FIGURA 32	Ciclo da água no Brasil, com os diversos usos pela sociedade e geração de efluentes.....	134

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	IDEB dos municípios da bacia hidrográfica do rio Ipojuca no ano de 2017.....	37
TABELA 2	Municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Ipojuca	55
TABELA 3	Carga poluidora orgânica lançada no rio Ipojuca.....	58
TABELA 4	Análise comparativa para o número de medições fora do limite...	113
TABELA 5	Relação da quantidade de questionários aplicados por faixa etária.....	116

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Estações de amostragem na bacia do rio Ipojuca.....	60
QUADRO 2	Municípios previstos para realização das obras do PSA e estações de interesse.....	84
QUADRO 3	Principais tópicos relacionados ao levantamento das concepções que foram utilizados na elaboração da cartilha.....	125
QUADRO 4	Planejamento da aula para o primeiro dia, explanação da parte introdutória.....	133
QUADRO 5	Planejamento da aula para o segundo dia, com aplicação do produto educacional.....	135
QUADRO 6	Planejamento da aula para o terceiro dia, com retorno das atividades desenvolvidas.....	136

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Evolução da taxa de analfabetismo na região do rio Ipojuca entre 1991 e 2010.....	35
GRÁFICO 2	Variação do pH na estação IP - 12.....	88
GRÁFICO 3	Variação do pH na estação IP - 38.....	88
GRÁFICO 4	Variação do pH na estação IP - 49.....	89
GRÁFICO 5	Variação do pH na estação IP - 55.....	89
GRÁFICO 6	Variação do pH na estação IP - 64.....	90
GRÁFICO 7	Variação do pH na estação IP - 70.....	90
GRÁFICO 8	Variação do pH na estação IP - 85.....	91
GRÁFICO 9	Variação do pH na estação IP - 90.....	91
GRÁFICO 10	Variação do OD na estação IP - 12.....	92
GRÁFICO 11	Variação do OD na estação IP - 38.....	93
GRÁFICO 12	Variação do OD na estação IP - 49.....	93
GRÁFICO 13	Variação do OD na estação IP - 55.....	94
GRÁFICO 14	Variação do OD na estação IP - 64.....	94
GRÁFICO 15	Variação do OD na estação IP - 70.....	95
GRÁFICO 16	Variação do OD na estação IP - 85.....	95
GRÁFICO 17	Variação do OD na estação IP - 90.....	96
GRÁFICO 18	Variação da DBO na estação IP - 12.....	98
GRÁFICO 19	Variação da DBO na estação IP - 38.....	98
GRÁFICO 20	Variação da DBO na estação IP - 49.....	99
GRÁFICO 21	Variação da DBO na estação IP - 55.....	99
GRÁFICO 22	Variação da DBO na estação IP - 64.....	100
GRÁFICO 23	Variação da DBO na estação IP - 70.....	100

GRÁFICO 24	Variação da DBO na estação IP - 85.....	101
GRÁFICO 25	Variação da DBO na estação IP - 90.....	101
GRÁFICO 26	Variação do fósforo total na estação IP - 12.....	103
GRÁFICO 27	Variação do fósforo total na estação IP - 38.....	103
GRÁFICO 28	Variação do fósforo total na estação IP - 49.....	104
GRÁFICO 29	Variação do fósforo total na estação IP - 55.....	104
GRÁFICO 30	Variação do fósforo total na estação IP - 64.....	105
GRÁFICO 31	Variação do fósforo total na estação IP - 70.....	105
GRÁFICO 32	Variação do fósforo total na estação IP - 85.....	106
GRÁFICO 33	Variação do fósforo total na estação IP - 90.....	106
GRÁFICO 34	Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 12.....	107
GRÁFICO 35	Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 38.....	108
GRÁFICO 36	Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 49.....	108
GRÁFICO 37	Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 55.....	109
GRÁFICO 38	Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 64.....	109
GRÁFICO 39	Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 70.....	110
GRÁFICO 40	Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 85.....	110
GRÁFICO 41	Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 90.....	111
GRÁFICO 42	Distribuição das pessoas que acham o rio poluído devido a diferentes aspectos.....	118
GRÁFICO 43	Distribuição das pessoas que acham o rio importante por diferentes aspectos.....	119
GRÁFICO 44	Distribuição das pessoas que consideram que se o rio fosse limpo, seria melhor para comunidade por diferentes motivos.....	120
GRÁFICO 45	Distribuição das respostas para de onde vem a poluição dos rios.....	122
GRÁFICO 46	Distribuição das respostas relativas as sugestões para diminuir a poluição dos rios.....	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas
APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas
APHA – American Public Health Association
AWWA – American Water Works Association
BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento
BHRI – Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca
CE – Condutividade elétrica
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COBH – Comitê da Bacia Hidrográfica
COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONDEPE/FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco
CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente
CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio
DQO – Demanda química de oxigênio
EJA – Educação de Jovens e Adultos
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
g – Gramas
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IQR – Amplitude interquartil
km – Quilômetro
L – Litro
mg – Miligramas
OD – Oxigênio dissolvido
ONG – Organização Não Governamental
PEAPE – Política de Educação Ambiental de Pernambuco
PHA Ipojuca – Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca

PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental
PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente
PNQA – Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
PROÁGUA – Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos
PSA – Programa de Saneamento Ambiental
QUALIÁGUA – Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Águas – Segundos
SIP – Sistema de Informações Operacionais
SRHE – Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos
ST – Sólidos totais
t – Tonelada
UP – Unidade de Planejamento Hídrico
UTM – Universal Transversa de Mercator
WEF – Water Environment Federation
ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Graus Celsius

μS – microsiemens

% – Por cento

‰ – Por mil

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1. OBJETIVOS	24
1.1.1 Objetivo geral	24
1.1.2 Objetivos específicos	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA, EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A SALA DE AULA	27
2.2. DESAFIOS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO DO RIO IPOJUCA..	32
2.3. A QUALIDADE DAS ÁGUAS E PRESERVAÇÃO DOS RIOS: UMA TEMÁTICA RELEVANTE PARA PROCESSOS EDUCACIONAIS	38
2.4. RECUPERAÇÃO DOS RIOS NO MUNDO	43
2.5. RECUPERAÇÃO DOS RIOS NO BRASIL	49
2.5.1 Rios em Pernambuco	53
2.6. PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS	64
2.6.1 Temperatura	66
2.6.2 Potencial hidrogeniônico (pH)	66
2.6.3 Cor	67
2.6.4 Condutividade elétrica (CE)	67
2.6.5 Turbidez	67
2.6.6 Sólidos totais (ST)	68
2.6.7 Salinidade	68
2.6.8 Oxigênio dissolvido (OD)	69
2.6.9 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	69

2.6.10	Demanda química de oxigênio (DQO)	70
2.6.11	Série nitrogenada	71
2.6.12	Fósforo total	71
2.6.13	Coliformes	72
2.6.14	Toxicidade	72
2.6.15	Divulgação dos dados de qualidade	74
3.	METODOLOGIA	78
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4.1.	ANÁLISE DOS DADOS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO IPOJUCA	83
4.1.1	Potencial hidrogeniônico (pH)	88
4.1.2	Oxigênio dissolvido (OD)	92
4.1.3	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	97
4.1.4	Fósforo total	102
4.1.5	Coliformes termotolerantes	107
4.2.	LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES DE MORADORES DE COMUNIDADES RIBEIRINHAS E ESTUDANTES	113
4.3.	ELABORAÇÃO DA CARTILHA	126
4.4.	PROPOSTA PARA APLICAÇÃO DA CARTILHA EM SALA DE AULA	133
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
	REFERÊNCIAS	139
	APÊNDICES	147
A.	QUESTIONÁRIO	147
B.	PRODUTO EDUCACIONAL	148

1. INTRODUÇÃO

O ensino de química focado nas questões ambientais pode contribuir para a aprendizagem de conceitos químicos integrados à conscientização para preservação e redução dos impactos ambientais. A educação em química vai além dos conteúdos tradicionais dos livros didáticos e vem sendo uma preocupação frequente de professores, pesquisadores e universidades na procura de novos métodos de ensino, produtos e materiais que melhorem a aprendizagem, incluindo-a no cotidiano da população e trazendo maneiras de deixá-la mais atrativa.

A química faz parte da vida e pode ser observada em tudo: no nosso dia a dia, nos equipamentos eletrônicos, no nosso corpo, nos alimentos, nos combustíveis, nos medicamentos, em novos materiais e no meio ambiente, e esta maneira de ver a química pode ser apresentada aos estudantes, buscando aproximá-los dos estudos sobre conceitos e modelos químicos. Dessa forma, espera-se que o ensino de química caminhe para uma maior abrangência e transdisciplinaridade.

Segundo Leff (2010), na história da humanidade, todo conhecimento sobre o mundo é condicionado por contextos geográficos, ecológicos e culturais reproduzidos por certa formação social. Estas formações geraram condições de percepção para apropriação social da natureza e modificações do meio. Um passo importante para compreender como a sociedade se relaciona com o meio ambiente, em consequência com os rios, pode ser respondido pela representação social que a comunidade tem em relação aos mesmos.

As representações sociais são teorias sobre os conhecimentos populares e interpretações feitas pelos indivíduos partindo de hábitos, preconceitos, crenças e tradições, elaboradas e compartilhadas entre os diversos atores sociais, com o objetivo de construir e interpretar os acontecimentos da vida real. Elas buscam a possibilidade de reconstrução teórica, epistemológica e metodológica a que se propõem (GUARESCHI; JOVCHELOVITCH, 2000).

No processo educacional, o professor tem a possibilidade de apresentar aplicações variadas da química, buscar novas estratégias e formas de trabalhar que sejam compatíveis com a realidade vivenciada pelos seus alunos. Para atingir este objetivo é importante utilizar instrumentos metodológicos para o ensino e a capacitação dos estudantes por meio das conjecturas educacionais não formais

(SOUZA; GONÇALVES; SOARES, 2011). Essa união entre a ciência, a vivência e a educação permite que o conhecimento conquistado pelos estudantes ultrapasse as barreiras culturais da escola, auxiliando na formação de cidadãos e favorecendo a resolução das problemáticas locais (MARTEIS; STEFFLER; SANTOS, 2011).

Mesmo com todo desenvolvimento tecnológico atual é pouco provável que os crescentes e complexos problemas ambientais sejam resolvidos rapidamente e que aconteça a reversão das suas causas sem que ocorra uma forte mudança estrutural nos métodos de ensino, nos valores, saberes e nos comportamentos sociais que já foram incorporados em um sistema que privilegia o aspecto econômico (LEFF, 2010). Segundo Sorrentino, Ferraro JR. e Portugal (2005), existe a necessidade de se desenvolverem atividades de educação ambiental fundamentadas nos conceitos da ética e sustentabilidade, representação social, mobilização e participação com práticas interdisciplinares.

A educação ambiental consiste em processos em que o indivíduo e a população em geral desenvolvam seus valores sociais, conhecimentos, atitudes e ações direcionadas para a preservação do meio ambiente, bem de todos, necessário e imprescindível para uma vida saudável e uma sociedade mais sustentável (BRASIL, 1999). Ela é fundamental para melhoria da qualidade do meio ambiente, proporcionando a permanência das ações de gestão ambiental por meio das mudanças no comportamento e da consciência ambiental da população. Se a sociedade não for consciente e comprometida com o meio ambiente, desenvolver ações de gestão ambiental passa a ser uma difícil tarefa, já que a mesma não está preparada para a implantação e manutenção dessas iniciativas (BARBIERI, 2016).

Uma grande dificuldade para educação ambiental, assim como as outras áreas do ensino, é que ela seja inovadora, crítica e conscientizadora. Este ensino geralmente acontece de duas maneiras: da formal, que ocorre nas escolas com objetivos claros e específicos, podendo ainda proporcionar o desenvolvimento de competências variadas e não formal, que ocorre em outros espaços sociais com o objetivo de quebrar paradigmas e desenvolver o senso crítico para que, mesmo em longo prazo, a sociedade desenvolva uma cultura de responsabilidade ambiental (BRASIL, 1999; GOMES; VITORINO, 2017). Existem ainda pesquisadores que classificam a educação não formal em duas partes: a não formal que ocorrem em sindicatos, organizações não governamentais (ONGs), movimentos sociais, museus e outros e a educação informal que seria a educação familiar e de convívio social

(GOMES; VITORINO, 2017). Na figura 1, apresenta-se um exemplo de mensagem que pode aproximar estudos formais de problemas reais.

Figura 1 – Exemplo de educação informal. Ação voluntária na Praça Parque Amorim, Recife - PE.



Fonte: O autor, 2019.

A educação ambiental deve ser basicamente um ato político com interesse na transformação da sociedade. O seu foco deve buscar uma perspectiva totalitária que relaciona o homem à natureza, observando que os recursos naturais se esgotam, se tornam cada vez mais raros e o ser humano é o principal responsável pela degradação ambiental (JACOBI, 2003).

As dificuldades e carências encontradas nas escolas públicas, em geral, e nos processos educacionais do nosso país são inúmeras: falta de materiais, falta de água, falta de recursos, desinteresse crescente e dificuldades no ensino-aprendizagem, o que torna um desafio constante a procura por meios que as minimizem. O uso de materiais alternativos e suas diversas formas de aplicação, como as cartilhas e histórias em quadrinhos, pode ser um deles (IANESKO *et al.*, 2017; SANTOS NETO; SILVA, 2015).

O ambiente escolar possui grande importância na educação e na formação de cidadãos, não só pela apresentação dos conteúdos escolares, como também para política, saúde pública, questões sociais e ambientais por ser representado por pessoas da própria sociedade. Além disso, ele cria a oportunidade de aproximar a

escola e alunos de problemas existentes na comunidade e de associar este aspecto aos currículos escolares, oferecendo uma boa oportunidade de se trabalhar com crianças e adolescentes, que são mais susceptíveis para a mudança de comportamento comparado à atitude dos adultos (GOUW; BIZZO, 2009; SANTOS NETO; SILVA, 2015).

Mesmo com todo progresso dos meios de comunicação e quantidade de informações disponíveis, muitas pessoas ainda têm um entendimento distorcido sobre a permanência qualitativa dos recursos naturais e de sua preservação; ainda há muita desinformação sobre o tema. O desenvolvimento mundial com constante crescimento populacional e produtivo, associados ao consumo insustentável, está expondo a natureza a situações extremas, muitas vezes difíceis de serem revertidas ou até mesmo irreversíveis. Os corpos hídricos, entre eles os rios, são grandes exemplos disso. Mesmo com a necessidade crescente de água limpa, ainda é imensa a falta de consciência ambiental com este recurso, ocorrendo o aumento de lançamento de esgotos sem tratamento e da degradação.

A poluição vem trazendo preocupações desde a antiguidade. Existem registros de civilizações antigas que já possuíam algum sistema de esgotamento sanitário (ROCHA, 2016), mas a problemática ambiental relacionada à alta degradação e poluição do meio ambiente surgiu nas últimas décadas do século XX com o grande desenvolvimento populacional e continua até os dias atuais (LEFF, 2010).

A escassez de alimentos e a insuficiência de recursos naturais e energéticos levaram ao questionamento da racionalidade econômica dominante. Algumas perspectivas explicam tal crise: uma vertente pelo crescimento populacional extraindo os limitados recursos naturais do planeta e outras pela acumulação do capital e taxa de lucro. Essa lucratividade induz às formas de consumo e exploração da natureza, consumindo cada vez mais as reservas de recursos naturais, degradando a água e o solo e impedindo a recuperação dos ecossistemas. (LEFF, 2010).

No Brasil, em muitas bacias hidrográficas margeadas por populações densas e desordenadas, observa-se como está péssima a qualidade das águas, resultado da degradação generalizada dos recursos hídricos (SANCHES *et al.*, 2007). Dentre os vários rios com importância para o estado de Pernambuco, tais como Capibaribe, Beberibe, Botafogo, Jaboatão, Pirapama, entre outros, o rio Ipojuca foi selecionado

para implementação de um programa de saneamento ambiental, tendo em vista as notícias publicadas pelos jornais em 2013, classificando-o como o terceiro rio mais poluído do Brasil de acordo com os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável do IBGE, sendo este também o principal motivo da escolha deste rio para o comparativo na dissertação (CIESP, 2013; IBGE, 2010b).

O Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do Rio Ipojuca (PSA Ipojuca) foi planejado para desenvolver o saneamento ambiental na região, realizando a expansão dos serviços de coleta e de tratamento de esgotos, nas cidades que margeiam o rio. O Governo de Pernambuco buscou recursos junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), realizando uma parceria para desenvolvimento do Programa com duração de seis anos e entre outros objetivos esperava-se observar a melhoria da qualidade da água do rio.

Destes fatos, observa-se a importância de se debater, orientar, educar sobre este tema que é tão universal: uso da água e preservação ambiental associados a dados químicos de qualidade. Deve ser um processo de ensino-aprendizagem contínuo, onde a família, a escola e a comunidade devem se envolver. Por ser um processo crítico, construtivo e político que respeita a cultura do indivíduo, torna-se algo gradativo, e tem como preocupação a propagação de conhecimentos a partir da discussão e avaliação feitas pelas pessoas nas suas experiências individuais e sociais.

O que é a poluição? Como se mede o grau de poluição de um rio? Como os rios são poluídos? Quem são os poluidores? Será que alguém lucra com a poluição? Como posso ajudar? Será que está sendo realizado algum trabalho para sanar este problema? São perguntas que devem ser respondidas para contribuir com a preservação ambiental e aumentar o interesse dos estudantes pela química e meio ambiente. Conhecer quais parâmetros físico-químicos e biológicos nas águas dos rios que sofrem interferência com a poluição, impactando negativamente na sociedade, e o que cada pessoa pode fazer para contribuir com a preservação dos rios são pontos importantes a serem discutidos neste trabalho.

Diante do exposto, foi realizada uma análise de dados químicos sobre a qualidade da água de trechos do rio Ipojuca, mostrando as técnicas de análise, equipamentos, novas tecnologias e formas de tratamentos de efluentes como aspectos que podem contribuir para a popularização da química na educação básica, para a conscientização da importância da preservação ambiental e na

redução dos impactos ambientais. Foi verificada a eficácia das ações implementadas pelo PSA Ipojuca sobre a qualidade das águas do rio, realizando um comparativo entre os dados do monitoramento da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) realizados antes e durante as ações do Programa.

Este trabalho de dissertação está orientado por uma questão geral sobre como pode ser feita a articulação do desenvolvimento de projetos ambientais a processos educacionais e mais especificamente considera-se a seguinte questão de pesquisa: como a divulgação de dados de um programa de monitoramento do rio Ipojuca, localizado em Pernambuco, poderá suscitar discussões relevantes sobre qualidade das águas e preservação dos rios, nas aulas de química, em situações de ensino-aprendizagem?

Para responder essa questão de pesquisa, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é promover divulgação científica no ensino de química para a abordagem de temas sobre a recuperação e preservação ambiental dos rios, especificamente focando no monitoramento da qualidade do rio Ipojuca realizado pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) e nas percepções de sujeitos sobre a poluição de rios.

1.1.2 Objetivos específicos

- Levantar e analisar dados de qualidade de água do rio Ipojuca, em dez anos anteriores ao início do Programa PSA Ipojuca (2003 a 2012) e os dados obtidos durante a realização do mesmo (2013 a 2019), selecionando ainda, informações para o produto educacional;
- Discutir alguns parâmetros que apontam para a qualidade das águas na bacia, considerando as estações e limites estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.º 357/2005, bem como informações sobre

a situação ambiental da bacia;

- Analisar concepções e percepções de moradores de comunidades ribeirinhas e estudantes sobre a poluição e qualidade das águas dos rios, criando subsídios para produzir uma cartilha didática com os dados pesquisados;
- Produzir uma cartilha didática divulgando a importância da preservação ambiental e de alguns parâmetros químicos indicadores de qualidade da água;
- Propor uma forma de aplicação da cartilha em sala de aula, para estudantes da educação básica em aulas de química, divulgando a importância da preservação ambiental.

Para isso, foram feitos estudos de artigos, revisão da literatura e análise de dados organizados em cinco capítulos. No capítulo 2, na seção Divulgação Científica, Educação Ambiental e a Sala de Aula foram apresentados os aspectos da divulgação científica nas aulas para o ensino médio, levantando a importância de trazer uma maior quantidade de temas científicos para serem discutidos na educação básica. Foi feito um panorama da educação ambiental e maneiras de inseri-la no ensino de química. Na seção Desafios da Educação Ambiental na Região do Ipojuca foram apresentados os aspectos legais da educação ambiental e dados educacionais da região em que está inserido o rio Ipojuca. Na seção A Qualidade das Águas e Preservação dos Rios: uma Temática Relevante para Processos Educacionais foi discutida a importância da água e da preservação ambiental, em especial dos rios, para manutenção de uma boa qualidade das águas. Na seção Recuperação dos Rios no Mundo e no Brasil foi feito um panorama de alguns dos principais trabalhos de recuperação e revitalização de rios, alguns finalizados com sucesso, outros não. Projetos que ainda estão sendo realizados e quais mais investiram em conscientização e educação ambiental. Entre estes trabalhos desenvolvidos focamos no rio Ipojuca para análise dos parâmetros de qualidade, que entre os rios pernambucanos foi selecionado para a implantação de um programa de saneamento por ser o mais poluído do estado de Pernambuco segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram apresentados na seção Parâmetros de Qualidade das Águas as principais variáveis estudadas nos

rios pela CPRH, o que indicam e seus limites, e selecionadas algumas delas para serem observadas nos dados de monitoramento do rio Ipojuca, para avaliar se durante as ações do programa é possível observar melhorias na qualidade da água.

No capítulo 3, foi apresentada a Metodologia, dividida em quatro etapas: a análise dos dados de monitoramento para realização do comparativo dos parâmetros de qualidade; o levantamento da percepção dos moradores de comunidades ribeirinhas e estudantes, com aplicação de questionários com a intenção de levantar elementos para confecção do produto educacional; a escolha da cartilha como produto educacional com o desenvolvimento de uma história para deixá-la mais atrativa e selecionados os conteúdos didáticos que foram inseridos na história; e em um quarto momento foi feita uma proposta de utilização da cartilha em sala de aula.

No capítulo 4, foram expostos os Resultados e Discussão mostrando uma análise comparativa dos dados de monitoramento do rio Ipojuca, utilizando gráficos, observando seis variáveis de qualidade da água em oito estações de amostragem do rio Ipojuca. Para cada parâmetro foi realizado um comparativo com a Resolução CONAMA n.º 357/2005. Foi apresentado o levantamento das concepções dos moradores e estudantes através de gráficos estatísticos, comparando ainda com dados realizados pelo diagnóstico ambiental realizado em 2017 e selecionados quais elementos deveriam ser utilizados no produto educacional. Ainda neste capítulo, na seção Elaboração da Cartilha foram descritas as ideias, conteúdos didáticos e imagens para construção da história em quadrinhos. E finalmente, na seção Proposta para Aplicação da Cartilha em Sala de Aula foi feita uma sugestão de aplicação do produto educacional nas aulas de química.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA, EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A SALA DE AULA

Tradicionalmente, a divulgação científica ocorre por meio de publicações, congressos, fóruns ou espaços especializados. No entanto, esse tipo de divulgação ainda está muito distante da população, em geral, especialmente das comunidades que vivem no entorno dos rios, caso discutido nesta dissertação. A divulgação científica não deve ser apenas uma transferência de conhecimento unidirecional, mas uma atividade de diálogo que possibilite a troca de informações e a modificação da realidade, sendo a escola um bom local para realizar este exercício. O objetivo da divulgação deve ser de embasar cientificamente a população, possibilitando o desenvolvimento e estimulando a participação das pessoas da comunidade no processo democrático, de forma que possam participar e se posicionar sobre as questões que impactam diretamente seu cotidiano (VOGT; GOMES; MUNIZ, 2018).

As formas de comunicação devem ser discutidas e melhoradas, novas estratégias podem surgir para atrair um maior número de pessoas, aumentando o alcance das informações e para que o conhecimento produzido chegue até a população, principalmente para o público que não interage no processo científico, atuando como elemento transformador da ciência e, também, inserindo o indivíduo na cultura científica (VOGT; GOMES; MUNIZ, 2018). A mídia em geral e redes sociais tem um papel fundamental nessa mudança da divulgação científica, pois convivemos diariamente com estes meios de comunicação e a sociedade em geral quase não visualiza as publicações acadêmicas. Estes meios, *sites*, *blogs*, vídeos, *podcasts*, jogos ou redes sociais não devem ser as únicas formas de comunicação, mas podem funcionar como caminho para diálogo entre comunidade científica e sociedade (ESCOBAR, 2018; RIGHETTI, 2018).

As inovações nos sistemas de ensino quase sempre são vistas com desconfiança por muitas pessoas, pois de alguma forma aparentam ferir a normalidade das aulas tradicionais. Vive-se hoje em situações diferentes de épocas passadas, a tecnologia chega cada dia com mais força, trazendo mudanças nos processos de ensino-aprendizagem. Após a popularização dos aparelhos celulares, eles passaram a ser usados quase que continuamente pela maioria das pessoas, com as mais diversas utilidades: estudo, comunicação, trabalho, entretenimento e

informação. O uso do celular nas salas de aula pode atrapalhar e tirar a atenção dos alunos, além de ser proibido por lei em alguns municípios e estados. Mas nem sempre o uso desses aparelhos se torna prejudicial, e o mesmo pode ser utilizado como aliado no processo educacional, desde que tenha instrução adequada.

A quantidade de informações disponíveis na rede é incalculável e nem sempre são confiáveis, podendo trazer representações do mundo em conteúdos que carregam com eles princípios, perspectivas e interesses pessoais, devendo sempre ser bem avaliadas. Conteúdos que podem ser acessados instantaneamente por todos na palma da mão, e essas informações, após analisadas, podem se transformar em conhecimento (LEITE, 2014; PEZZO, 2018).

Muitos estudantes pensam: por que memorizar conteúdos escolares, se podem consultar a qualquer momento quando for necessário? Por que copiar o conteúdo, se podem registrar em uma fotografia? O mundo está se tornando cada vez mais prático e cômodo e será um grande desafio para os professores se adequarem a estas situações. Mas será que estas mudanças e inovações são positivas? Segundo Escobar (2018), graças à internet e às redes sociais todo pesquisador pode se comunicar diretamente com a sociedade, sendo dispensável os intermediários, mostrando para a mesma a importância da sua pesquisa. Existe a perspectiva que ocorra uma construção da autonomia dos estudantes, mesmo durante o ensino nas escolas será necessário que as práticas educativas se tornem cada vez mais dialogais e participativas (SANTOS NETO; SILVA, 2013).

A divulgação científica na sala de aula deve ser ampliada e discutida, envolvendo os alunos e aproximando-os de seus problemas sociais. Nesse contexto podem ser abordados temas como a poluição dos rios e preservação ambiental, divulgando dados de análises físico-químicas e biológicas. Os dados do monitoramento da Agência Estadual de Meio Ambiente são utilizados para embasar na tomada de decisões pelo governo de Pernambuco, priorizando áreas que necessitam de maiores investimentos e ações para preservação. Estes dados se caracterizam como uma pesquisa científica e seus resultados precisam alcançar a sociedade, sejam por divulgação dos órgãos públicos, entidades ambientais, membros da sociedade civil ou nas próprias escolas, para que a comunidade também possa participar dessa tomada de decisões.

Existem várias maneiras de realizar divulgação dos dados de monitoramento, tais como conversas, apresentações de relatórios, livros, cartilhas, histórias em

quadrinhos, experimentos, redes sociais, vídeos, aplicativos, realização de projetos ou visitas a locais específicos e o uso de celulares pode ser um aliado nessas atividades. Mostrar aos alunos que o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento em trechos de rios resulta no comprometimento da qualidade da água e inviabiliza o uso da água nas cidades seguintes ao lançamento, podendo causar problemas a saúde da população, também é uma boa opção.

As visitas técnicas ou mesmo em locais da própria comunidade são bons atrativos e geralmente agradam os estudantes por diferenciarem-se do ambiente escolar, podendo abordar conteúdos ambientais e químicos associados. Existem diversas possibilidades que podem ser desenvolvidas: visitas técnicas às estações de tratamento de água e esgoto; conhecer pontos de captação de água dos rios para consumo e o descarte de esgotos no mesmo; quais são as cidades a montante e jusante de um ponto de lançamento e se estas tratam seus esgotos; visitar as empresas coletoras de lixo e reciclagem; conhecer as atividades dos órgãos ambientais municipais, estaduais e federais; conhecer como são realizadas as análises nos laboratórios de água e efluentes e como verificam a qualidade nos pontos monitorados; associar relatórios de ensaio contendo dados físico-químicos com a qualidade das águas dos rios, mostrando a importância para a saúde e a relevância do papel de cada indivíduo na manutenção e preservação ambiental. Todos estes ambientes estão repletos de conteúdos químicos e informações científicas que podem ser trabalhados de maneira integrada com a educação ambiental nos diversos níveis de ensino.

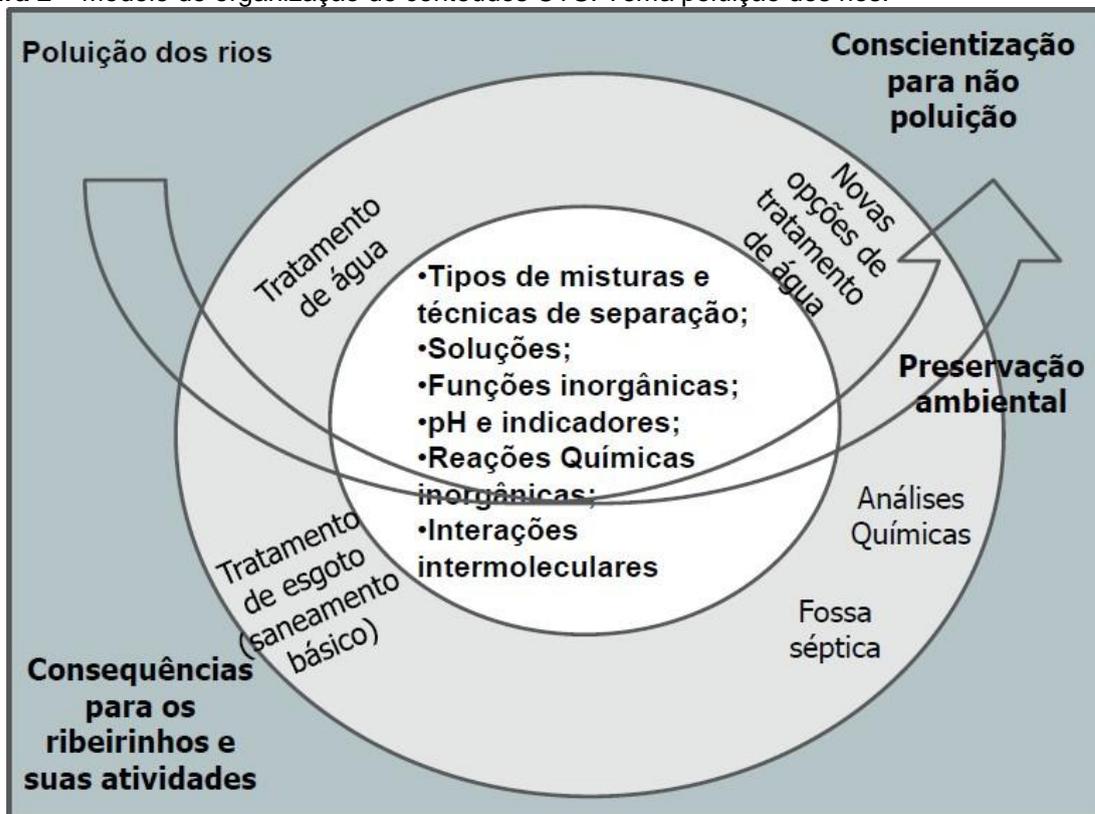
O ensino de química, quando associado ao ensino ambiental, pode se aproximar de uma área da educação conhecida como abordagem CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade), que trata das relações entre elas. A abordagem CTS traz uma proposta de ensino que incluem valores sociais, éticos e morais aos diversos conteúdos e conceitos químicos, assim como inserem os mesmos dentro de uma perspectiva interdisciplinar e que permite ao estudante compreender a presença da química na sua vida, no seu entorno ou na sua comunidade e não mais tão distante de sua realidade, resultando um indivíduo preparado para compreender e debater questões científicas e tecnológicas presentes na sociedade (VOIGT, 2019).

Esta abordagem pode ser uma das formas de ampliar a divulgação científica, expandindo a popularização da química, desempenhando o papel de transmitir conhecimentos científicos, tecnológicos ou outras informações em uma linguagem

mais adequada ao público que não está familiarizado com termos científicos ou técnicos.

Alguns conteúdos na abordagem CTS partem de temas sociais, exemplo do modelo metodológico na figura 2, que partiu do tema da poluição dos rios, remetendo aos conceitos químicos e habilidades científicas no círculo interno menor, permitindo a compreensão das questões tecnológicas, círculo externo maior, e retornam a uma compreensão mais ampla do problema social, sentido da seta, inicialmente proposto para discussão (SANTOS, 2012).

Figura 2 – Modelo de organização de conteúdos CTS. Tema poluição dos rios.



Fonte: UFRPE, PROFQUI, turma 2018.2. Alunos: Halana Rebeca, Jean Carlos, Newton Antas, Newton Pinheiro e Rinaldo Joaquim.

A divulgação científica pode estimular a valorização do conhecimento científico e das práticas científicas em contextos sociais, ambientais, econômicos, políticos e culturais; por isso é necessária que aconteça estabelecendo um diálogo entre a comunidade científica e a sociedade em geral (PEZZO, 2018). Segundo Simião (2018), a divulgação científica tem crescido muito nos últimos anos no Brasil, mas ainda existe a necessidade de uma melhor adaptação em tempos digitais. É preciso que estes novos desafios sejam superados, ter uma visão estratégica,

aprimorar a forma de divulgação e o foco nas mídias digitais parece ser uma boa opção.

Nos últimos anos, observa-se o maior desenvolvimento tecnológico e científico em toda a história. Concomitantemente cresceu a produção científica e a necessidade de divulgar esses conhecimentos. As escolas e universidades tem o papel institucional de levar esse tipo de informações às pessoas e vem se aliando aos meios de comunicação em massa, que estavam assumindo, em parte, a função de disseminação do conhecimento científico (MENDONÇA, 2008). Cresceu também a utilização de gêneros relativamente novos, por exemplo, as histórias em quadrinhos no ensino e na divulgação científica e as cartilhas educativas que vem incorporando a aparência de gêneros como os das histórias em quadrinhos. Atualmente é muito comum a utilização de histórias em quadrinhos em livros didáticos para transmissão de conteúdos (VERGUEIRO, 2014).

Segundo Mendonça (2008), a quadrinização é o desenvolvimento ou a adaptação de quaisquer gêneros para a linguagem dos quadrinhos, formada por imagens em requadros, no qual a fala ou pensamento dos personagens se localiza dentro de balões e cuja sequência e tempo da história é estabelecida pelos cortes entre as cenas. O uso da linguagem dos quadrinhos pode facilitar a disseminação de informações científicas de modo que possam ser assimiladas pelos leitores (BENEDETTI FILHO; CAVAGIS; BENEDETTI, 2019). O cotidiano das pessoas pode ser retratado no enredo, tornando a mensagem mais familiar e compreensível, conduzindo os leitores nesse universo, levando-os a identificar-se com os personagens e cenários, aproximando-os dos problemas sociais (SANTOS NETO; SILVA, 2013).

A cartilha segundo o dicionário é um compêndio de noções elementares sobre qualquer assunto, geralmente de caráter educativo. Ela vem sendo utilizada há tempos como material didático e ainda hoje, com todos os recursos digitais disponíveis, se apresenta como um instrumento de grande aceitação entre professores e alunos, nas mais diversas áreas do conhecimento. A cartilha educativa quadrinizada pode ter o caráter recreativo dos quadrinhos e pode envolver o leitor no enredo, aumentando o interesse dos alunos por temas científicos, contribuindo com a divulgação científica (CAVALCANTE *et al.*, 2015; MENDONÇA, 2008). Já as histórias em quadrinhos tem o enfoque principal de lazer e entretenimento, porém representam ferramentas promissoras para o ensino e a divulgação científica

(BENEDETTI FILHO; CAVAGIS; BENEDETTI, 2019; VERGUEIRO *et al.*, 2014).

Neste trabalho, optou-se por trabalhar com a produção de uma cartilha educativa quadrinizada para atingir o objetivo de aproximar o ensino de química a uma ação de monitoramento do rio Ipojuca, trazendo aspectos da preservação ambiental. Com isso, considera-se que pode ser gerada uma contribuição para a divulgação científica de um projeto técnico na área de preservação ambiental, com a intenção de articular os conceitos a serem ensinados a uma realidade que os estudantes podem observar ou vivenciar. O projeto técnico que foi alvo do interesse deste trabalho será descrito posteriormente. A seguir, será realizada uma discussão sobre os processos de educação ambiental que ocorrem associados ao projeto a ser apresentado.

2.2. DESAFIOS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO DO RIO IPOJUCA.

As leis brasileiras trazem a previsão do conteúdo educacional ambiental nas escolas; desde as leis federais até as municipais existe a preocupação da inclusão deste tema no ensino. A Constituição Federal de 1988, no seu art. 205, diz que a educação é um direito de todos, trazendo a importância da participação social. Ainda na Constituição Cidadã, temos no seu art. 225, que trata sobre meio ambiente:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, 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 (BRASIL, 2019, p. 68).

Destaca-se a importância da preservação ambiental para garantia das gerações atual e futura. Nesse mesmo artigo, temos em seu parágrafo primeiro a responsabilidade que cabe ao poder público: incentivar o ensino ambiental nos diversos níveis educacionais e a conscientização da população para a preservação do meio ambiente, ressaltando novamente a importância de educar para preservar (BRASIL, 2019).

A Lei n.º 9394/96 e suas alterações estabelecem as diretrizes e bases da educação nacional. Trata em seu artigo 26 que os currículos desde a educação infantil até o ensino médio e informa que a base nacional comum deve ser complementada, nas diversas fases do ensino e em cada unidade escolar, por uma

parte diversificada, de acordo com as características regionais, sociais, aspectos culturais, econômicos e do cotidiano dos alunos (BRASIL, 1996). A educação ambiental deveria ser abordada integralmente aos conteúdos obrigatórios, porém isso foi modificado pela Lei n.º 13.415/2017, que incluiu a educação ambiental em temas transversais, correspondendo a questões urgentes, importantes e presentes de várias formas na vida da sociedade, mas deixando a critério dos estabelecimentos de ensino a integralização do tema no currículo escolar (BRASIL, 2017).

Existem alguns projetos de leis em andamento, entre eles o Projeto de Lei n.º 5.604/2016, que pretende incluir a obrigatoriedade da educação ambiental como componente curricular obrigatório dos ensinos fundamental e médio. Este projeto justifica a inclusão de disciplina no sentido de destacar o conteúdo nas escolas, desenvolvendo uma maior consciência sobre as questões ambientais e melhorando as atitudes da sociedade, por meio de uma conduta ética, em conjunto ao exercício da cidadania (BRASIL, 2016). Outros projetos de leis que pretendem tornar obrigatória a divulgação científica ou aumentar sua atuação, como o Projeto de Lei n.º 3632/15 que pretende exigir dos alunos da graduação e pós-graduação que recebem bolsas de estudo a dedicar um certo número de horas mensais para participar em eventos em escolas públicas, para que mostrem aos estudantes sobre como é a vida de um pesquisador ou cientista (BRASIL, 2015). Em junho de 2020 ambos os projetos ainda não tinham sido aprovados.

Ainda no âmbito nacional, temos a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), discutida pela Lei n.º 9.795, de 27 de abril de 1999, onde temos:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Art. 2º A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal.

Art. 3º Como parte do processo educativo mais amplo, todos têm direito à educação ambiental (BRASIL, 1999, p.1).

Esta PNEA atribui ao poder público as principais ações de educação ambiental, dentre as quais a de definir políticas públicas que abranjam a dimensão ambiental, incentivando-a em todos os níveis de ensino, mas também lembra da

participação social na preservação e melhoria do meio ambiente (BRASIL, 1999).

Recentemente em Pernambuco, em decorrência do maior desastre ambiental ocorrido na região, no segundo semestre de 2019, que foi o derramamento de óleo nas praias de todo Nordeste, foi publicada a Lei n.º 16.688, de 6 de novembro de 2019 pelo governo de Pernambuco, que institui a Política de Educação Ambiental de Pernambuco (PEAPE), sendo regida pelos mesmos princípios da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), igualmente com os princípios da prevenção, precaução, informação e da participação popular, voltados para a sustentabilidade ambiental do estado (PERNAMBUCO, 2019).

Os objetivos da Política de Educação Ambiental de Pernambuco (PEAPE), em acordo com da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), são descritos no seu sétimo artigo e são:

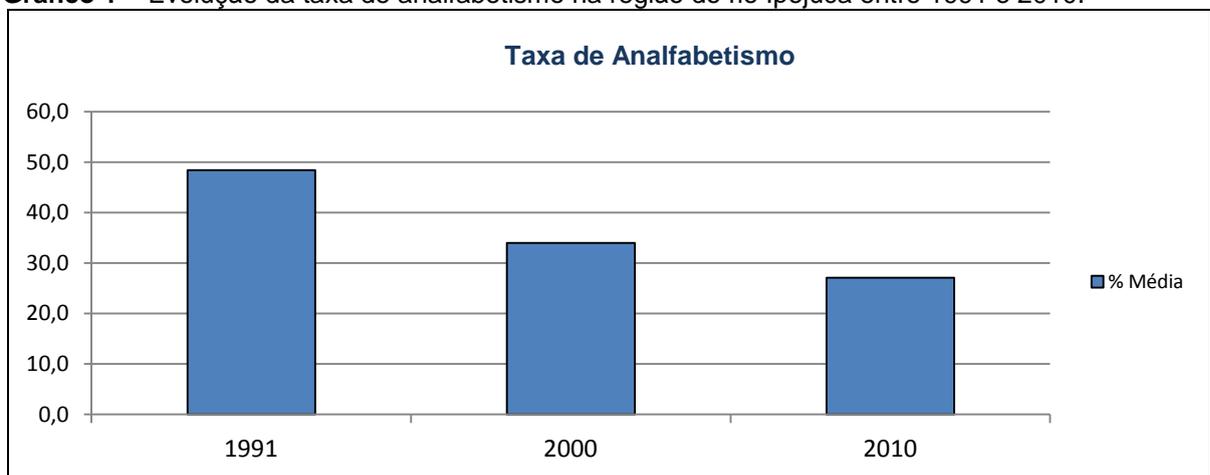
- I - estimular o diálogo entre os saberes científicos e os saberes filosóficos, artísticos, religiosos, tradicionais e empíricos com o intuito de construir conhecimentos e estratégias de ação comprometidas com a sustentabilidade ambiental local;
- II - contextualizar os problemas ambientais locais, vivenciados pelos grupos sociais, numa perspectiva inter/transdisciplinar, favorecendo o seu conhecimento e a sua compreensão;
- III - fortalecer a cidadania e a organização social, no contexto do envolvimento e da participação competente e responsável nas esferas de decisões e ações da gestão ambiental;
- IV - envolver povos e comunidades tradicionais e populações ribeirinhas, no debate e nas decisões da gestão dos recursos e bens naturais locais, bem como na repartição dos benefícios gerados por eles;
- V - fortalecer e estimular o conhecimento popular, nas diversas formas de uso dos recursos naturais, na perspectiva da sustentabilidade;
- VI - incentivar a interação inter/transdisciplinar e interinstitucional na construção de conhecimentos e na realização de ações para a proteção dos ecossistemas locais; [...]
- XI - estimular a criação e a publicação de materiais educativos relacionados às temáticas ambientais, com foco na educação ambiental;
- XII - realizar ações intersetoriais em prol da conservação, da preservação e da defesa dos recursos e bens naturais, bem como os construídos pela espécie humana;
- XIII - fomentar e aprimorar o desenvolvimento científico e tecnológico visando à promoção da preservação, da conservação e da recuperação do meio ambiente (PERNAMBUCO, 2019, p. 3-4).

Estes objetivos englobam, entre outros aspectos, a divulgação científica, problemas ambientais, interação popular, criação de materiais educativos relacionados ao meio ambiente e focam na importância da participação social na preservação ambiental, mostrando a necessidade da transdisciplinaridade não só da química com o meio ambiente, como também de várias outras áreas, para que os

alunos estabeleçam relações entre os conteúdos que aprendem e sua realidade. Ao conhecer os problemas ambientais na região onde mora, o estudante poderá compreender problemas que afetam a sua vida e sua comunidade e poderá participar da busca por soluções. Destaca-se entre estes objetivos, o de envolver a população e comunidades tradicionais e ribeirinhas nos debates e nas decisões na gestão dos recursos; estes debates fazem parte da divulgação científica e são instrumentos da conscientização e educação ambiental.

As dificuldades de realizar a divulgação científica nas escolas são imensas e vários outros aspectos contribuem para tornar os obstáculos ainda maiores. No Brasil, a taxa de analfabetismo média em 2010 foi de 9,6%, a taxa de Pernambuco ficou próxima do dobro, com 16,73%. Na bacia do rio Ipojuca esse indicador ainda é mais preocupante, pois apresenta uma taxa muito mais elevada, chegando a 27,1% (Gráfico 1), mesmo apresentando uma melhoria significativa quando comparado ao ano de 1991, com redução de 44%, mas ainda muito distante de alcançar a meta do Plano Nacional de Educação que era de erradicar o analfabetismo até 2020 (IBGE, 2010a).

Gráfico 1 – Evolução da taxa de analfabetismo na região do rio Ipojuca entre 1991 e 2010.



Fonte: IBGE, 1991, 2000 e 2010a.

Outro problema, ainda relacionado ao analfabetismo, é a preocupação com o analfabetismo funcional em seus diversos níveis, a incapacidade de compreender textos de diversos gêneros textuais. São indivíduos que não desenvolveram habilidades de interpretação de textos, até mesmo os mais simples e mais comuns no cotidiano (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2018). Segundo o IBGE (2010a), um em cada quatro brasileiros são analfabetos funcionais, considerando uma taxa de

analfabetismo absoluto aferida de 9,6% e fazendo uma correlação direta, considerando a proporção de analfabetos no Brasil e na bacia para o ano de 2010 na mesma proporção, pode-se estimar uma taxa de analfabetismo funcional superior a 50% para região da bacia (COMPESA, 2017).

Mesmo que estes números possam ser bastante preocupantes, não se pode dizer que estas pessoas não tenham cuidado com o meio ambiente ou preocupação com o rio, pois são pessoas que têm uma formação social e cultural, que molda comportamentos e atitudes. Freire colabora com esse entendimento quando fala:

Não podemos duvidar de que a prática nos ensina. Não podemos duvidar de que conhecemos muitas coisas por causa de nossa prática. [...] Desde muito pequenos aprendemos a entender o mundo que nos rodeia. Por isso, antes mesmo de aprender a ler e a escrever palavras e frases, já estamos “lendo”, bem ou mal, o mundo que nos cerca. Mas esse conhecimento que ganhamos de nossa prática não basta. Precisamos ir além dele (FREIRE, 2017, p. 85).

A maioria destes moradores são de comunidades carentes, com muitas dificuldades diárias, insegurança, desemprego, problemas com saúde e educação, alguns tem dificuldades até para garantir a alimentação diária. Muitos deles moram nas margens dos rios por necessidade e gostariam de poder morar em outras áreas mais distantes para não conviver com a poluição, os insetos e as enchentes. A vida próximo ao rio para muitos deles é necessária, não pela disponibilidade de água como antigamente, mas por ser um local de construção irregular e na maioria fruto de antigas invasões. Boa parte deles desconhecem os agentes poluidores e formas de combater a poluição, pois praticamente não frequentaram a escola, deixaram de ter uma educação formal e conhecer conteúdos relacionados ao tema.

Em 2007 foi desenvolvido no país o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), que agrupa em um único indicador os resultados de dois conceitos importantes para uma educação de qualidade: o fluxo escolar e as médias de desempenho nas avaliações, com objetivo de avaliar, acompanhar e subsidiar medidas e programas de melhoria para a qualidade da educação. O índice é um comparativo em nível nacional e varia de zero a dez (INEP, 2020). A tabela seguinte apresenta o IDEB dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (BHRI) no ano de 2017 (Tabela 1), são os dados mais atuais disponíveis no site do Órgão.

TABELA 1 – IDEB dos municípios da bacia hidrográfica do rio Ipojuca no ano de 2017.

Região	Município	IDEB 2017	
		8º Série/9º Ano	3º ano
Agreste Central	Agrestina	3,7	3,8
	Alagoinha	3,6	4,2
	Altinho	4,1	4,0
	Belo Jardim	3,8	4,0
	Bezerras	4,5	4,4
Agreste Meridional	Cachoeirinha	4,6	3,7
	Caruaru	4,0	4,1
	Gravatá	3,9	4,4
	Pesqueira	4,1	4,0
	Poção	4,7	4,6
	Riacho das Almas	3,6	4,4
	Sairé	4,2	4,6
	Sanharó	3,4	4,4
	São Bento do Una	4,7	3,6
	São Caetano	3,9	4,2
	Tacaimbó	4,0	3,9
	Venturosa	4,9	4,7
	Mata do sul	Amaraji	2,9
Chã Grande		3,1	4,0
Escada		3,5	3,6
Pombos		2,9	4,0
Primavera		3,3	3,5
Vitória de Santo Antão		3,5	4,1
Metropolitana	Ipojuca	3,3	3,9
Sertão do Moxotó	Arcoverde	4,7	4,3
Média		3,9	4,1

Fonte: O autor, 2020. Dados disponíveis em: <http://ideb.inep.gov.br>.

Um sistema educacional de qualidade semelhante aos países desenvolvidos possuem índices maiores que 6,0, por isso o Plano de Desenvolvimento da Educação estabeleceu como meta para 2022 este valor para todo o país. Atualmente o Brasil apresenta média de 4,7 para os anos finais do ensino fundamental e de 3,8 para o ensino médio. Pernambuco apresenta média de 4,1 para os anos finais do ensino fundamental e 4,0 para ensino médio, valores muito próximos das médias da BHRI (INEP, 2020).

A melhoria da qualidade do processo de ensino continua sendo um grande desafio, não só na região observada mas em todo país, com novas medidas e estímulos aos nossos estudantes e professores, para continuar com o aumento real desses índices. Os países que apresentaram melhores resultados nos programas de recuperação dos rios são países que possuem elevados índices na educação, uma boa divulgação científica, tornando a conscientização ambiental uma tarefa mais fácil

e efetiva. É nessa perspectiva que, neste trabalho, buscou-se uma temática ambiental sobre a qualidade das águas para propor a divulgação científica em processos de ensino e aprendizagem. Essa temática é relevante e tem sido muito utilizada no ensino de química, como será discutido a seguir.

2.3. A QUALIDADE DAS ÁGUAS E PRESERVAÇÃO DOS RIOS: UMA TEMÁTICA RELEVANTE PARA PROCESSOS EDUCACIONAIS.

A água é de grande importância na história da humanidade, o que é evidenciado pela observação de que os primeiros povos se desenvolveram as margens de rios, mares e lagos pela necessidade de alimento, banho, uso da água para irrigação e abastecimento das populações (FERREIRA; AOKI, 2016). Assim, os rios vêm sofrendo constantes alterações negativas produzidas pela sociedade, pois as relações dos homens com o meio vêm se modificando e a água vem se tornando escassa e de qualidade comprometida (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; SILVA, 2017). A água é indispensável para a sobrevivência da raça humana e demais seres vivos, sendo uma substância fundamental para vida, ecossistemas e também de grande importância para alterações climáticas do mundo.

Na sociedade atual, a relação humana com a água mudou bastante desde os antigos povos, em que a convivência com os rios era intensa: consumo, pesca, banho, limpeza e recreação, de forma que hoje, para muitas pessoas, a água é tida como um recurso disponível para saciar as vontades pessoais, parecendo ser suficiente chegar às torneiras, bastando, para isto, pagar a conta da empresa de abastecimento.

Uma quantidade mínima de água no mundo se encontra disponível para o consumo humano, sendo apenas aproximados 3% de toda água do planeta classificada como água doce e que, mesmo sendo um pequeno percentual, ainda não está totalmente disponível para o consumo, pois cerca de 2% está localizado em geleiras, havendo apenas menos de 1% em rios e aquíferos como forma disponível. O equilíbrio e o futuro do planeta dependem da preservação da água, pois ela não é um recurso inesgotável e os mananciais estão cada vez mais vulneráveis à poluição (FERREIRA; AOKI, 2016; VICTORINO, 2007).

À medida que se mantém e se propaga o pensamento equivocado sobre a infinidade da água, a mesma passa a ter um valor econômico maior, devido ao risco

de se esgotar. O custo da água também aumenta à medida que os processos para remoção dos seus contaminantes se tornam mais onerosos devido à baixa qualidade dos mananciais (SILVA, 2017). Algumas multinacionais já investem largamente na aquisição de áreas preservadas com disponibilidade de água limpa para garantir sua produtividade e obtenção de água com qualidade.

A Organização das Nações Unidas, em 1992, instituiu o dia 22 de março como “Dia Mundial da Água”, a data é destinada à discussão sobre os mais variados temas relacionados a este recurso e resaltar a importância da preservação (BORTOLON; MENDES, 2014). Este dia serve para evidenciar que a água faz parte do patrimônio do planeta e é condição essencial para a vida. Ferreira e Aoki (2016) alertam que os recursos naturais com disponibilidade de água para ser transformada em água potável, a um custo razoável, são limitados e que este bem deve ser utilizado com racionalidade.

O crescimento populacional desordenado e a falta de políticas ambientais, aliados a grande expansão econômica, ocasionam uma infinidade de problemas ambientais, e a relação do homem com a natureza tende a um limite crítico ainda maior, comprometendo a manutenção dos recursos naturais e ainda da própria espécie humana (LIMA, 2001).

Desde a década de 1980, o consumo de recursos naturais ultrapassa a capacidade de regeneração do planeta e a qualidade dos mesmos está cada vez menor. Muitos problemas em relação à qualidade de vida da sociedade são causados pela crescente exploração predatória dos recursos naturais para obtenção lucrativa e pela falta de preservação ambiental, o que gera grandes desastres ambientais (PHILIPPI JR.; ROMÉRO; BRUNA, 2014). Alguns dos problemas frequentes encontrados em ambientes poluídos são a disseminação de doenças provocadas pelo consumo de água bruta, sem tratamento adequado ou por contato com águas poluídas, o aumento do número de insetos e animais proliferadores de germes e bactérias, além da incapacidade de uso recreativo pelo risco de contaminação das águas.

A qualidade das águas é um tema de extrema relevância social e educacional, porque por mais que ainda existam pessoas que não se importem, têm pouco conhecimento sobre o tema ou mesmo evitam debater, ela é um recurso necessário para a manutenção da vida e sua má qualidade pode ser prejudicial para saúde e convivência de toda sociedade. Vários trabalhos foram e vem sendo realizados pelo

mundo, buscando a preservação e manutenção de uma qualidade mínima dos corpos hídricos, pois mesmo que seja submetida a um tratamento para que seja destinada ao consumo, dependendo da quantidade e dos tipos de poluentes, o tratamento se torna ineficaz ou até inviável em relação ao custo.

Há uma preocupação atual que as técnicas convencionais de tratamento de água já não garantam a retirada de todos os poluentes presentes na água. A poluição provocada por micropoluentes, medicamentos e agrotóxicos devem ser revistas periodicamente e atualizada na lista de parâmetros monitorados, onde novas técnicas de tratamento devem surgir. Muitos medicamentos, classificados como desreguladores endócrinos, são excretados na urina e podem contaminar as águas utilizadas para o abastecimento (LIMA *et al.*, 2017). Segundo Machado *et al.* (2010), não é fácil realizar a medição desses compostos, porque eles estão em quantidades muito pequenas na água e requerem análises específicas. Esses novos poluentes podem ter efeitos bem graves na saúde humana, sendo responsáveis por doenças como o câncer.

Vários países e em alguns locais do Brasil, por exemplo em Fernando de Noronha (Figura 3), utilizam a água do mar como fonte de água para abastecimento público, já que nos mares existe grande quantidade do recurso e aparentemente resolveria o problema da disponibilidade de água.

Figura 3 – Estação de dessalinização em Fernando de Noronha.



Fonte: <https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/escassez-de-agua/leis-e-propostas-quem-cuida-das-aguas/dessalinizar-a-agua-e-cada-vez-mais-viavel>.

Novas tecnologias e formas de tratamento permitem retirar o sal da água do mar tornando a água potável. A principal delas e mais utilizada é a técnica da osmose reversa. Existem algumas desvantagens nesse processo, sendo a principal o custo do tratamento, mas também a quantidade e a qualidade de água pura produzida, a quantidade de rejeitos e necessidade constante de manutenção do processo de membranas. A água obtida por osmose reversa ainda tem um agravante, pois não retira todos os sais dissolvidos na água do mar e mesmo que dentro dos limites estabelecidos para ser considerada potável, ainda pode interferir nos processos biológicos das pessoas que as consomem.

Nesse sentido, as águas dos rios e lençóis freáticos continuam sendo as melhores opções para abastecimento público, pela qualidade, custo e facilidade de tratamento com as tecnologias atuais, devendo ser protegidas e preservadas para manutenção desse recurso tão precioso. Há um bom tempo, vários países já haviam percebido a necessidade de preservação dos rios e alguns continuam buscando soluções para a manutenção da qualidade dos mesmos. Quando os rios são utilizados para despejos de esgotos, estes também chegam às praias inviabilizando o consumo das águas marinhas e prejudicando a pesca como já ocorre em vários locais.

Será que já é investido muito na preservação ambiental? Será que temos educação suficiente para agir com responsabilidade e consciência ambiental? Da mesma forma que se passaram milhares de anos para atingirmos aspectos culturais degradadores nos quais uma parcela da população parece não se importar com o meio ambiente, ou mesmo quando a sociedade se importa os recursos públicos parecem não ser suficientes para investir na preservação ou existem outras prioridades, não se consegue desconstruir anos de mentalidades culturais degradantes rapidamente. Será preciso muito tempo e investimento, muito terá que ser feito para melhorar a educação, o compromisso e visão ambiental das pessoas e termos uma sociedade consciente e responsável em relação ao meio ambiente.

Várias ações de preservação são desenvolvidas no Brasil e pelo mundo, trabalhos de educação ambiental são aplicados, copiados e melhorados, ações de conscientização no rádio, TV e internet, grupos nas redes sociais trabalham constantemente, chamando atenção para os problemas ambientais e vêm trazendo bons resultados (Figura 4). As prefeituras, estados, governo federal e órgãos ambientais buscam a conscientização ambiental e atividades escolares trazem como

um dos principais temas nas feiras de conhecimento. Projetos realizam mutirões de limpeza de trechos de rios, recolhimento e reciclagem de lixo, monitoram a qualidade da água das bacias hidrográficas, das praias e a utilizada no abastecimento público, também são atividades de caráter preservacional.

Figura 4 – Chamada do Grupo Pró-Capibaribe, realizada pelas redes sociais em agosto de 2019, na cidade de Recife para recolhimento do lixo no rio Capibaribe.



Fonte: Página do Instagram: @procapibaribe.

Mesmo reconhecendo a importância de todas essas ações desenvolvidas, os trabalhos de recuperação de ambientes poluídos ainda são pontuais e insuficientes, principalmente devido aos altos custos. Os trabalhos de conscientização também são de extrema importância, pois ajudam na preservação. Recuperar um local degradado é uma tarefa muito mais difícil que evitar sua degradação, então investir em educação passa ser a melhor opção. Isso pode ser verificado em projetos de recuperação de ambientes poluídos desenvolvidos em vários países e no Brasil, como será mostrado na seção seguinte.

2.4. RECUPERAÇÃO DOS RIOS NO MUNDO

Alguns trabalhos de recuperação e preservação ambiental levaram séculos para que a população observasse algum efeito positivo, alguns levaram anos e outros não obtiveram sucesso. O que poderia ter causado essas diferenças nos resultados de programas semelhantes se havia o desejo social de se ter um rio limpo? Foram abordados alguns programas de recuperação que obtiveram êxitos para observar alguns pontos importantes.

Um dos trabalhos pioneiros de recuperação ou despoluição ocorreu no rio Tâmisa, em Londres, Inglaterra (Figura 5). O rio possui extensão de quase 350 km e uma extensa história de poluição. As águas do rio deixaram de ser consideradas potáveis, próprias ao consumo humano, ainda em 1610. A água para abastecimento da população de Londres vem desse rio, sendo retirada na região a montante da cidade, ou seja, antes de receber a maior parte da poluição dos esgotos (HILL, 2010).

Figura 5 – Vista do rio Tâmisa em Londres, vista da Tower Bridge.



Fonte: Google Street View (Imagem: Reprodução/Google, captura da imagem agosto de 2013).

Na primeira metade do século XIX a população londrina dobrou para dois milhões de pessoas. Outro agravante nessa época foi a invenção da descarga sanitária, que se popularizou, e as fossas nas quais as pessoas costumavam

depositar seu esgoto no solo foram abolidas. Hill (2010) fala que este rio se tornou praticamente um grande esgoto a céu aberto, e que na década de 1850 mais de vinte mil pessoas morreram em uma grande epidemia de cólera. Por volta de 1800 as pessoas acreditavam que as doenças eram contraídas pelo mau cheiro que vinha do rio, chamado de miasmas, que eram tidos como maus cheiros provenientes de matéria orgânica em decomposição nos solos e rios contaminados, era a chamada teoria miasmática.

Em meados do século XIX, o Dr. John Snow percebeu que a cólera não era transmitida pelo ar e sim pela água, tratando a cólera como a doença dos intestinos, associando diretamente a poluição dos rios com os usos das águas contaminadas, evidenciando que a poluição deveria ser combatida e que a água para consumo deveria ser tratada. Muitos cientistas da época ofereceram soluções ao governo inglês para limpeza do rio, entre eles um dos mais conhecidos foi Michael Faraday (HILL, 2010).

Em 1850, reuniões do parlamento britânico necessitaram ser interrompidas por conta dos fortes odores das águas, o que direcionou os governantes a tentarem resolver o problema da poluição e tentar recuperar a vida do rio. Denominaram o ocorrido de “The Great Stink” (O Grande Fedor). Por causa do mau cheiro que vinham do rio, o parlamento perfumava suas cortinas e embebiavam em uma solução de hidróxido de cálcio, para tentar reduzi-los. Nessa época foi colocado em prática um programa de revitalização que não obteve sucesso, foram criadas redes coletoras de esgoto na cidade que despejavam os rejeitos recolhidos, sem tratamento, no mesmo rio a cerca de 20 km a jusante da cidade (HILL, 2010).

O Museu de História Natural de Londres realizou, em 1947, uma pesquisa sobre quais peixes existiam no rio Tâmis, chegando a conclusão que o rio estava praticamente morto. Os únicos peixes que sobreviviam no rio eram as enguias, porque elas conseguiam respirar o oxigênio do ar na superfície. Ainda hoje, as enguias são tidas como indicadores da qualidade da água, pois são os primeiros peixes que surgem na superfície do rio quando os valores de oxigênio dissolvido estão baixos (HILL, 2010).

Segundo Hill (2010), apenas entre 1964 e 1984, mais de cem anos após as primeiras ações, novos trabalhos de revitalização surtiram efeito. Foram feitos investimentos consideráveis em obras de tratamento de esgoto e criadas duas grandes estações de tratamento com investimentos de 200 milhões de libras em

vinte anos. Apesar do rio ter sido limpo, atualmente ele ainda possui uma coloração marrom, pois é um rio estuarino e carrega muita lama. Muitas pessoas consideram-no sujo devido a essa tonalidade, porém o rio Tâmis é hoje um dos rios urbanos mais limpos do mundo.

Outro grande projeto de recuperação ambiental dos rios aconteceu no rio Sena, em Paris, França (Figura 6). Um dos principais fatores da degradação foram os anos de poluição industrial em conjunto com o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, condição semelhante a outros rios europeus e brasileiros.

Figura 6 – Vista do rio Sena em Paris, França.



Fonte: Google Street View mostrando a Torre Eiffel (Imagem: Reprodução/Google, captura da imagem julho de 2014).

No início do século XVIII todo esgoto corria a céu aberto pelas ruas de Paris, e as condições de vida eram precárias. Em consequência disso, já se observava a necessidade, naquela época, de fazer algo para melhorar o tratamento de esgotos e o abastecimento de água. No início daquele século, mais de um milhão de pessoas morreram de doenças de transmissão hídrica. Foram feitas várias ações em conjunto com as indústrias e população, que conseguiram reduzir consideravelmente a mortalidade até o início do século XIX. Para implantação de um programa de recuperação do rio, partiram do princípio de que toda casa deveria ser ligada a uma rede coletora de esgoto (CASTEROT, 2010).

Casterot (2010) comenta que houve muito desprezo com o rio Sena, pois mesmo sofrendo por mais de três séculos, somente por volta de 1940 que o rio foi declarado como praticamente morto. Devido a sua condição deplorável, desde a década de 1920 o rio já estava no foco das preocupações ambientais. Mas foi apenas, quarenta anos depois que os franceses começaram a investir na recuperação do mesmo, construindo uma enorme quantidade de estações de tratamento de esgotos (ETEs). Em 1950, existiam onze ETEs na região e, em 2008, eram quase duas mil em funcionamento. Foi necessário muito investimento para implantar um sistema de tratamento eficiente e para obter resultados favoráveis levou quase vinte anos. Atualmente já encontram cerca de trinta espécies de peixes no Sena, e para obter estes resultados positivos foram muitos anos de trabalho e muito foi investido em educação (CASTEROT, 2010).

Foram criadas instituições ambientais para manter um programa de monitoramento dos rios da bacia, fornecendo dados para um sistema com cerca de quinze parâmetros, físico-químicos e biológicos, para definir qualidade e classificar o rio. Partindo do monitoramento da qualidade da água, são elaborados mapas que indicam suas classes, que vão desde excelente até muito ruim, semelhante a classificação brasileira. Analisando estes mapas, observa-se que a situação está melhorando constantemente. A qualidade da água está melhor em alguns pontos da bacia e vai diminuindo rio abaixo, de modo que ainda existem pontos ruins no Sena, mostrando que o cuidado com o rio deve ser constante (CASTEROT, 2010).

O rio Cheonggyecheon em Seul, Coreia do Sul, era um rio totalmente coberto por concreto, e sobre ele haviam vias para o tráfego de veículos. A cidade de Seul possui problemas ambientais comuns às cidades brasileiras, tais como trânsito, poluição e degradação ambiental. Segundo Noh (2010), os onze quilômetros do rio foram totalmente revitalizados e entregues limpos à população em prazo recorde, de apenas cinco anos. Hoje o rio é um ponto turístico e local de lazer para sociedade, contando com cascatas, fontes e muitos peixes.

Sua revitalização se iniciou em 2003, quando o governo da cidade iniciou as obras de demolição uma enorme avenida que ficava sobre o rio e, em paralelo, realizou um eficiente projeto de transporte público (Figura 7). Construiu ainda diversos parques com áreas verdes que acompanham o rio, aumentando a arborização na cidade. O programa teve um grande investimento cerca de 370 milhões de dólares. Com as melhorias ambientais, a temperatura diminuiu, devido às

águas correntes no centro de Seul, melhorando também a economia da cidade.

Finalmente, um dos objetivos do projeto foi de oferecer uma experiência de educação ambiental para milhões de cidadãos. O projeto foi desenvolvido acreditando que para ter uma melhor educação, as pessoas teriam interagir com o rio, sentindo a água, tornando as margens do rio um ponto de lazer e convívio social (NOH, 2010).

Figura 7 – Montagem comparativa com as três fases do projeto: antes, durante e depois da revitalização do rio.



Fonte: Foto: Namsung. <http://www.viveraviagem.com.br/cheonggyecheon/>

Outro projeto bem sucedido ocorreu no rio Reno, que nasce nos Alpes Suíços e percorre por seis países até encontrar o mar, na Holanda. O Reno, maior rio europeu, era conhecido no século passado como “rio de ouro” devido a grande abundância de peixes que lá existiam. Por muitos anos, recebeu esgotos das cidades e zonas industriais, e na década de 1970, ficou famoso como a cloaca a céu aberto da Europa (WEINGERTNER, 2010).

Um acidente ocorrido em 1986 causou grande contaminação no rio, provocando a mortandade de peixes e quase toda biota, cerca de 20 toneladas de substâncias tóxicas foram derramadas no Reno por uma empresa suíça durante a tentativa de apagar um incêndio. Após este fato, os governos das cidades inseridas na bacia do Reno se reuniram e desenvolveram o programa para recuperação do rio

Reno, na conferência de Estrasburgo, em 1987, investindo cerca de 40 bilhões de euros, incluindo as construções de ETEs. O plano se iniciou com uma batalha contra a poluição por mais de dez anos. Foi um programa importante que determinou em seu cronograma que o salmão deveria voltar ao rio até o ano de 2000, visto que o salmão é uma espécie sensível à poluição e prefere águas limpas. Os resultados alcançaram 95% dos esgotos das empresas tratados e o retorno das várias espécies de peixes, incluindo o salmão (WEINGERTNER, 2010).

Vários outros trabalhos foram ou vem sendo realizados por todo mundo, implantando programas semelhantes que tentam seguir esses exemplos de sucesso, sendo que nem todos esses projetos alcançam melhorias imediatas e nem todos obtiveram êxito. Foi o caso do rio Lis em Leiria, Portugal, cujo processo de recuperação do rio foi iniciado em 1988 após varias denúncias de mortandade de peixes depois de ocorrerem lançamentos de efluentes das suinoculturas, e mesmo com o grande investimento, a participação popular foi insuficiente para contribuir com a revitalização do rio.

A bacia do rio Lis é uma região muito conhecida, em Portugal, pela produção de suínos, prática que tem impactado negativamente a qualidade das águas. O programa foi um exemplo do insucesso das políticas de recuperação dos rios, em um contexto em que mesmo aumentando a visibilidade pública do problema e da intensidade das cobranças sociais não refletiu em soluções concretas. Os fatores sociais e políticos foram determinantes para explicar o insucesso das políticas de saneamento. Houve a criação de uma rede de interesses entre as comunidades, empregados, governo e suinocultores que, cada um com seu benefício, deixaram de lado a recuperação do rio (FERRÃO; HORTA, 2015).

Essas experiências internacionais apresentadas permitem enxergar que a revitalização dos rios é possível, havendo a participação social e dos governantes, sendo exemplos que devem ser seguidos. Como todos estes projetos conseguiram atingir ou estão conseguindo atingir seus objetivos? Além dos altos investimentos no tratamento de esgotos, todos tiveram grande mobilização social, educação e conscientização ambiental constante. Isso demonstra a importância da participação social na cobrança de melhores condições ambientais, na participação dos projetos e principalmente na satisfação em observar os resultados conquistados, obtendo um ambiente recreativo, visualizando o aumento da vida aquática, na pesca e paisagens

agradáveis e áreas para convivência social. A participação social é necessária e imprescindível e não é fácil de ser conseguida, muitos paradigmas devem ser quebrados e os conceitos de preservação devem ser incorporados à cultura popular.

2.5. RECUPERAÇÃO DOS RIOS NO BRASIL

No Brasil existem vários exemplos de projetos de recuperação ambiental, a maioria deles ainda em andamento, como no rio Tietê em São Paulo, no rio das Velhas em Minas Gerais, no rio São Francisco percorrendo seis estados brasileiros e no rio Ipojuca em Pernambuco. Os projetos foram desenvolvidos baseados em outros que obtiveram bons resultados pelo mundo. Conquanto, comparado a essas experiências internacionais, o Brasil ainda revela-se muito atrasado nessas ações. Algumas experiências brasileiras obtiveram bons resultados a um custo não muito elevado, como os casos dos rios das Velhas, que focou na participação social e pode servir de modelo para o desenvolvimento de outros projetos de revitalização. Outros ainda não obtiveram êxito, mesmo com muito investimento, como é o caso do rio Tietê.

O rio Tietê nasce em Salesópolis cidade paulista e deságua no rio Paraná, no Mato Grosso do Sul. Percorre todo o estado de São Paulo cruzando de leste a oeste, com extensão de 1.100 km e tem como principais tributários os rios Tamandateí e Pinheiros. Em sua jornada banha 62 municípios, em uma das regiões mais ricas da América Latina (OLIVEIRA, 2015).

Fotos antigas do rio Tietê, por volta de 1930, mostram que existiam lugares de lazer nos centros urbanos, onde as pessoas utilizavam a água do rio para consumo e recreação (Figura 8), nessa época o banho de rio era comum. Foi também nesta época que suas águas começaram a ser poluídas, quando ele passou a receber a maior parte dos esgotos da cidade. Apenas na região urbana, ele recebe cerca de 400 toneladas de esgoto diariamente. Na década de 1990 o rio já estava totalmente poluído e considerado biologicamente morto, com mau cheiro, pouco saneamento, enchentes e causando doenças, principalmente para a população que vive às suas margens (CARRELA, 2010).

Figura 8 – Rio Tietê na década de 1930, mostrando uso recreacional.



Fonte: <https://www.iguiecologia.com/historia-rio-tiete/>

Em 1992, após intensa pressão popular, com recolhimento de mais de um milhão de assinaturas em defesa do rio, o governo do estado se comprometeu a estabelecer um programa de despoluição, buscando recursos junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), e vem realizando o maior projeto de recuperação em andamento do país.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) iniciou um projeto na tentativa de melhorar a qualidade da água do Tietê, tratando o esgoto produzido por 18 milhões de pessoas. O projeto já está em sua terceira etapa, onde foram investidos R\$ 3,9 bilhões, e ainda não são observadas melhorias significativas. As principais ações da primeira etapa foram as construções de três grandes ETEs, havendo um investimento de R\$ 2,16 bilhões, e na segunda, de R\$ 982 milhões, ocorrida entre 2000 e 2008, havendo um aumento da rede de coletores e tubulações que margeiam o rio impedindo que o lixo seja despejado no mesmo (SABESP, 2019).

A SABESP, um dos órgãos que fornece as informações da qualidade das águas dos rios, divulgou em relatório que o lançamento de esgoto medido no Tietê foi reduzido pela metade em 10 anos. De acordo com a empresa, o objetivo é

recuperar o rio até 2025, realizando obras de coleta e tratamento de esgotos que serão desenvolvidas durante programa de recuperação do Tietê, observando os resultados até o momento esta meta parece difícil de ser alcançada. A despoluição do rio é um projeto de longo prazo e, para seus objetivos serem alcançados, é necessário o empenho contínuo de sucessivas gestões de governo e participação constante da sociedade. Além disso, existe a necessidade de fazer um amplo trabalho de educação junto a população (BUENO; HENKES, 2016).

Por que o rio Tietê ainda é tão poluído? O projeto de revitalização teve uma grande extensão da recuperação do rio e após mais de vinte anos de investimentos em tratamento de esgotos domésticos e industriais, diminuiu o lançamento de cerca de um bilhão de litros de esgoto diários, restando outro bilhão e a poluição difusa. A maior parte dos esgotos que vão hoje para o rio é de origem doméstica. Quando a recuperação começou, a quase trinta anos, cerca de 70% do esgoto residencial da região metropolitana de São Paulo era coletado e apenas uma pequena parcela disso, cerca de 17% do total, passava por algum sistema de tratamento. Segundo a SABESP (2019), atualmente na capital, 89% do esgoto é coletado e 78% do total tratado, uma taxa de saneamento maior do que a média brasileira. A média nacional de coleta de esgotos é de 61% nas áreas urbanas, com 43% tratados, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017).

Todas essas ações e investimentos ainda foram insuficientes para evitar a contaminação do rio Tietê, tendo em vista que o volume que segue para o rio sem tratamento ainda é muito grande. Uma grande dificuldade da despoluição é a grande quantidade de municípios envolvidos, 39 no total, tornando mais difícil conseguir o comprometimento de todas as prefeituras no tratamento dos efluentes e com o plano de uso e ocupação do solo. Outro grande problema é a falta de conscientização e participação da população, que lança seu esgoto diretamente no rio ou fazem ligações nas galerias de água pluvial.

Para as empresas de saneamento uma das maiores dificuldades, além dos investimentos, é a construção da rede coletora de esgotos. A ocupação desordenada impede ou prejudica a implantação das redes coletoras; a proximidade das construções irregulares com os rios deixa pouco espaço para execução das obras de saneamento. Nos bairros que já são consolidados, se torna difícil passar a tubulação por debaixo das ruas e prédios, impedindo que a empresa de saneamento consiga instalar a tubulação para captar os esgotos e levar até as estações de

tratamento. Nesses locais, na maioria das vezes, o esgoto produzido segue direto para os córregos ou para os rios e o mesmo acontece na maioria das cidades brasileiras.

Outro grande projeto brasileiro acontece no rio das Velhas, em Minas Gerais. Com 804 km de extensão, sua bacia atinge 51 municípios mineiros, sendo o principal afluente do rio São Francisco. Foi criado um projeto de recuperação ambiental para o rio das Velhas, chamado de Projeto Manuelzão. Organizado por iniciativa de professores de medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), o plano existe desde 1997, tendo como preocupações iniciais a saúde da população e prevenção de doenças, principalmente de origem hídrica (LISBOA, 2010).

Partindo da percepção de que os problemas relacionados a saúde não deveria ser apenas uma questão médica, foi traçado o plano do Projeto Manuelzão, que seria de lutar por melhorias nas condições ambientais para promover qualidade de vida (UFMG, 2019). O trabalho se destaca pela mobilização da sociedade, acompanhando e propondo ações em torno da revitalização do rio e optando por uma abordagem que contribui para sustentabilidade na gestão das bacias hidrográficas, estabelecendo ainda as ações prioritárias e indicadores de resultados, focando na volta de peixes aos trechos do rio mais degradados, assim como ocorreu no projeto do rio Reno.

A mobilização política e social, ao lado da educação ambiental realizada pelo Projeto com ação direta nas escolas e na sociedade, embasou a pedagogia escolar voltada ao desenvolvimento de um compromisso das escolas e sociedade com a solução de problemas do rio. Essas mobilizações foram fundamentais para que a partir de 2006 o estado de Minas Gerais implantasse a Meta 2010, que seria permitir a recreação, contato direto com a água, no trecho do rio das Velhas que corta a região metropolitana de Belo Horizonte. Assim, houve um grande investimento no tratamento de esgotos em todo o estado (LISBOA, 2010).

Em 2002 eram tratados, na bacia do rio das Velhas, 5 milhões de metros cúbicos de esgoto por ano, e cinco anos depois já eram tratados 80 milhões de metros cúbicos de esgoto por ano (UFMG, 2019). Para conseguir mobilizar a sociedade em prol do rio, o Projeto investe muito em educação, conscientização e participação social (Figura 9). Constantemente, convida a sociedade a participar das ações pelas redes sociais e leva as informações até a sociedade. À medida que as

peças percebem que o rio está melhorando, elas valorizam cada vez mais as ações do programa e toda a sociedade se beneficia com isso.

Figura 9 – Ônibus do Projeto Manuelzão nas ruas, levando educação ambiental nas comunidades.



Fonte: <https://manuelzao.ufmg.br/>. projetomanuelzao #Repost @carlawstane with @get_repost.

2.5.1 Rios em Pernambuco

O estado de Pernambuco possui vários rios de grande importância; o Pirapama que abastece boa parte da cidade do Recife; o Capibaribe e Beberibe que juntos formam o Oceano Atlântico como descrevia Gilberto Freyre no seu Guia Prático Histórico e Sentimental da Cidade do Recife (FREYRE, 2007) e mesmo sendo dois rios altamente poluídos ainda são utilizados para o abastecimento. O rio São Francisco, que marca algumas fronteiras do interior do estado e agora cruza o estado abastecendo várias cidades graças ao projeto de transposição, entre outros rios menores que cortam a maioria das cidades, fazendo parte da vida de muita gente. Vários desses rios já passaram, ou passam por intervenções na tentativa de recuperar-los.

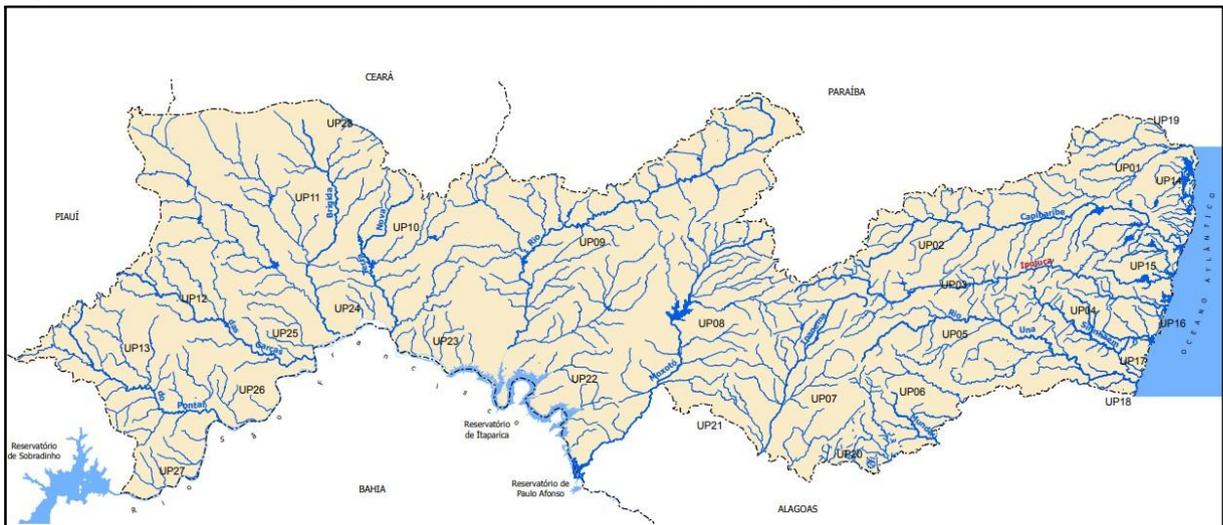
Existe um grande projeto em andamento, denominado Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do Rio Ipojuca (PSA Ipojuca), seguindo os mesmos moldes de projetos já desenvolvidos pelo mundo, com aportes do Banco

Interamericano de Desenvolvimento (BID) e executado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Segundo Silva, Nóbrega e Galvíncio (2009), o rio Ipojuca é um exemplo de degradação generalizada, cujas águas têm sido empregadas no abastecimento público dos municípios no seu entorno e exerce papel fundamental no desenvolvimento econômico da região, dando suporte às atividades agrícolas e industriais, porém com nenhuma destas cidades apresentando esgotamento sanitário adequado, acarretando no despejo de altas cargas de poluentes nas águas deste rio.

A bacia do rio Ipojuca corresponde à Unidade de Planejamento Hídrico 3 (UP3) e localiza-se em sua totalidade no estado de Pernambuco (Figura 10), entre as latitudes de 08° 09' 50" e 08° 40' 20" de latitude sul, e 34° 57' 52" e 37° 02' 48" de longitude oeste. Limita-se ao norte com a bacia do rio Capibaribe e o estado da Paraíba; ao sul com as bacias dos rios Una e Sirinhaém; a leste com os grupos de bacias de pequenos rios litorâneos 2 e 3 e o Oceano Atlântico; e a oeste com as bacias dos rios Ipanema e Moxotó e o estado da Paraíba. Abrange uma área de 3.435,34 km², correspondendo a 3,49% da área do estado (PERNAMBUCO, 2010).

Figura 10 – Mapa hidrográfico de Pernambuco, destaque para rio Ipojuca com nome em vermelho.



Fonte: http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/documentos/PDF_Mapas/RH/Hidrografia_geral_atlas2006.pdf

O rio Ipojuca apresenta extensão de cerca de 320km, cortando as regiões fisiográficas do agreste, mata sul e metropolitana de Pernambuco, tendo suas nascentes na Serra do Pau d'Arco, município de Arcoverde. É intermitente desde sua nascente até as proximidades de Caruaru e daí em diante torna-se perene

(CPRH, 2014). Abrange territórios de 25 municípios, dos quais 12 possuem sede dentro da bacia hidrográfica (Tabela 2), com cerca de 750.000 habitantes, correspondendo a 8,5% da população estadual, com Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) inferior à média estadual (IBGE, 2010a).

Tabela 2 – Municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

MUNICÍPIO	ÁREA NA BACIA (%)	MUNICÍPIO	ÁREA NA BACIA (%)
Agrestina	0,04	Pesqueira	17,42
Alagoinha	1,77	Poçoão *	5,34
Altinho	0,08	Pombos	1,95
Amaraji	1,76	Primavera *	2,60
Arcoverde	2,80	Riacho das Almas	0,24
Belo Jardim *	6,83	Sairé	2,25
Bezerros *	6,02	Sanharó *	7,12
Cachoeirinha	0,05	São Bento do Una	2,06
Caruaru *	11,31	São Caetano *	7,49
Chã Grande *	1,79	Tacaimbó *	4,10
Escada *	5,68	Venturosa	0,05
Gravatá *	5,55	Vitória de Santo Antão	1,14
Ipojuca *	4,45		

Fonte: Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca. *Municípios com sede dentro da bacia.

Dentre os municípios que margeiam o rio Ipojuca e que lançam seus esgotos no rio, o maior deles é Caruaru, cuja população estimada para o ano de 2019 foi de 361 mil habitantes. A origem dessa cidade deve-se ao rio Ipojuca. A família donatária Rodrigues de Sá construiu sua fazenda, em 1681, em função da proximidade com o rio que garantia o abastecimento para os moradores e os animais (IBGE, 2017). O rio Ipojuca foi o suporte para a economia, irrigação, criação de gado e para consumo humano por muitas décadas, além de espaço de lazer e extensão da vida doméstica para as antigas lavadeiras.

Com o passar do tempo, o que era solução de abastecimento passou a ser problema. O rio foi gradativamente perdendo o espaço e a mata ciliar para as casas que eram construídas de forma predatória e desordenada, de curso de águas cristalinas passou a ter coloração escura e odor desagradável. Isso após receber, em quantidades crescentes esgotos residenciais, despejos industriais e muito lixo,

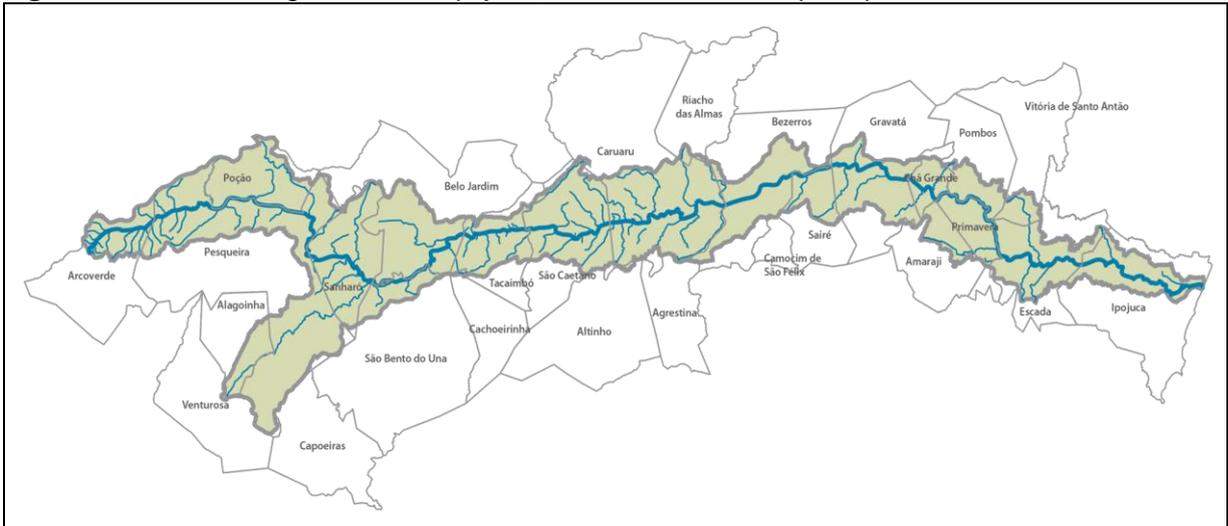
quanto mais crescia a cidade, maior o desenvolvimento sem planejamento, mais poluído se tornava. O rio Ipojuca retrata a imagem de uma sociedade predatória e irracional na relação com a natureza onde as facilidades e lucro são mais importantes, por isso passou de sustentáculo da economia para um grande esgoto a céu aberto (COMPESA, 2016).

Esta realidade se repete na maioria dos municípios, pernambucanos e brasileiros, onde o desenvolvimento econômico e crescimento desordenado tem relação direta com a qualidade da água e com a degradação ambiental. Observa-se, predominantemente, a falta de planejamento das cidades brasileiras, a população cresce rapidamente, ocupando de forma irregular áreas que não deveriam ser ocupadas. As ações das políticas públicas são mais lentas, não acompanham esse desenvolvimento e o meio ambiente vai sendo degradado e trazendo prejuízos para toda população. Uma das regras adotada no país é a construção de avenidas sanitárias, ou seja, o sistema viário predomina sobre o sistema ambiental. A viabilização do máximo de espaço ao sistema viário junto com a ocupação desordenada e combinada com a falta de vontade política geram um estrangulamento dos rios, aumentando ainda mais a poluição dos mesmos.

O rio Ipojuca recebe esgotos de várias cidades cujas sedes estão inseridas em sua bacia, apresentando as maiores taxas de degradação do estado. Com isto, o governo de Pernambuco selecionou a bacia do rio Ipojuca como zona prioritária para investimentos em saneamento básico, como forma de interiorizar o desenvolvimento socioeconômico, considerando que embora o abastecimento de água alcance cerca de 75% da população do estado, o grau de cobertura com serviços de coleta de esgotos é muito inferior, alcançando apenas 45% do total, com apenas 61% destes recebendo tratamento (ANA, 2017).

O PSA Ipojuca teve como um dos objetivos, o de desenvolver o saneamento ambiental na bacia do rio Ipojuca realizando o aumento dos serviços de captação e de tratamento de esgotos, principalmente nestas 12 cidades sedes de municípios que margeiam o rio (Figura 11). Com os objetivos que foram propostos esperava-se, ao longo dos seis anos do Programa, o aumento da qualidade da água, de acordo com os padrões nacionais, de 70% para 90% e observar a melhoria das concentrações do oxigênio dissolvido à jusante de Caruaru e Gravatá para 3,0 mg/L (COMPESA, 2016).

Figura 11 – Bacia hidrográfica do rio Ipojuca, mostrando os municípios que estão inseridos.



Fonte: http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/documentos/PDF_Mapas/Bacias/Ipojuca_atlas2006.pdf

O lançamento de esgoto domiciliar sem tratamento nos rios, além do impacto ambiental ocasionado, provoca a disseminação de doenças que estão relacionadas pela falta de saneamento básico. Essas doenças, em sua maioria, afetam principalmente populações de baixa renda que ocupam áreas irregulares e de risco, nas proximidades dos rios.

Observando os índices de esgotamento sanitário, na bacia do rio Ipojuca, de acordo com dados constantes no relatório do Sistema de Informações Operacionais (SIP) da COMPESA em 2015, constam que apenas quatro municípios possuíam algum serviço de esgotamento sanitário, mas os efluentes coletados quase nunca eram tratados e tinham como destino final o Ipojuca. Os municípios eram: Caruaru, Gravatá, Arcoverde e Vitória. Isso significava que apenas 16,0% dos municípios da bacia possuíam serviço de coleta de esgoto. Em relação à população, significava que 48,5% eram atendidos. Caruaru tinha o índice de esgotamento sanitário de 46,0%; Gravatá somente 1,3%; Arcoverde com 5,6% e Vitória de Santo Antão com 39,3% (COMPESA, 2016).

A falta de tratamento dos esgotos e a precária situação de saneamento contribuem para a proliferação de inúmeras doenças, especialmente as parasitárias e infecciosas, promovendo a degradação dos corpos hídricos e aumentando os gastos com saúde nos municípios. O lançamento inadequado de esgotos contamina a água e pode contaminar alimentos, animais e os seres humanos. Doenças como cólera, disenterias, hepatite e verminoses causam inúmeras mortes nos países pobres e no Brasil, sendo as principais vítimas as crianças. O excesso de matéria

orgânica proveniente dos esgotos causa a redução de oxigênio provocando a morte de peixes e demais organismos aquáticos (COMPESA, 2017).

Apesar das indústrias e lavanderias da região despejarem uma quantidade considerável de resíduos e efluentes contendo produtos químicos variados, e na maioria das vezes com tratamento ineficiente, o esgoto doméstico ainda é o fator mais preocupante pela quantidade e carga lançada (Tabela 3). Devido à ocupação irregular das margens com construções muito próximas ao rio, muitas casas têm as tubulações de esgotamento lançando diretamente no rio, sem nenhum tipo de tratamento.

Tabela 3 – Carga poluidora orgânica lançada no rio Ipojuca.

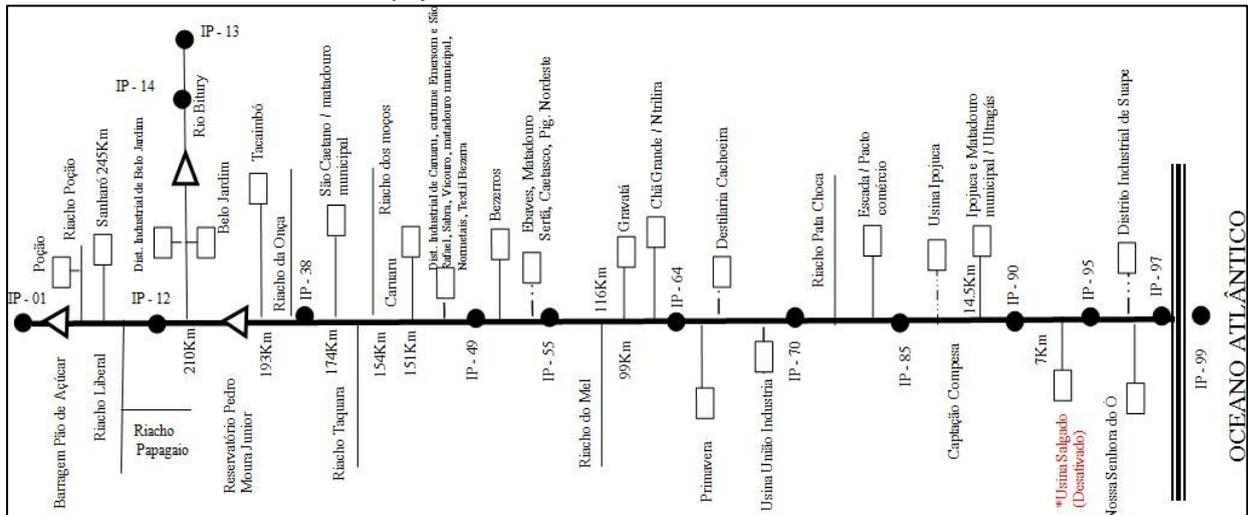
FONTE	Carga poluidora (t DBO _{5,20} / dia)	Carga remanescente	
		(t DBO _{5,20} / dia)	(%)
Doméstica	30,30	18,18	67,3
Industrial	5,58	1,63	6,0
Agroindustrial	71,98	7,21	26,7
Total	107,86	27,02	100

Fonte: CPRH, 2020.

As principais atividades industriais na bacia são: produtos alimentícios, sucroalcooleira, minerais não-metálicos, química, têxtil, metalúrgica, vestuário, tecidos, couros, bebidas, produtos farmacêuticos, veterinários, perfumes, sabões, velas, material elétrico, de comunicação, calçados, matéria plástica, agropecuária e borracha (CPRH, 2020). As leis exigem que todas as atividades industriais, comerciais e de serviços, como também, dos empreendimentos imobiliários e residenciais façam o licenciamento prévio ao funcionamento. O licenciamento ambiental estabelece regras e normas para proteção do meio ambiente, porém a falta de fiscalização acaba permitindo que boa parte destas atividades iniciem suas operações e posteriormente se regularizem. Algumas passam anos operando e causando prejuízos ao ambiente até que ocorra uma denúncia.

O acompanhamento da qualidade da água do rio é realizado pela CPRH, que monitora as diversas zonas homogêneas identificadas na bacia a partir de 14 estações de amostragem (Figura 12) e de acordo com os resultados observados, existe a necessidade de dar prioridade as ações de controle e fiscalização das fontes poluidoras, responsáveis pela condição atual das águas da bacia (CPRH, 2020).

Figura 12 – Diagrama unifilar contendo zonas homogêneas e estações de amostragem da rede de monitoramento da bacia do rio Ipojuca.



Fonte: CPRH, 2020.

O programa de monitoramento da CPRH teve início em 1984 para funcionar como ferramenta de gestão ambiental para proteção dos recursos hídricos e controlando as fontes potencialmente poluidoras com lançamento nos cursos d'água. Foi com essa intenção que foram definidas a localização de boa parte das estações de amostragem hoje monitoradas. Em 2004 ocorreu uma reestruturação do monitoramento onde as estações passaram a ser escolhidas por serem zonas homogêneas de uso e ocupação do solo, usos da água e fontes poluidoras. As zonas homogêneas são classificadas conforme o tipo de interesse e uso. Para o rio Ipojuca temos as zonas de interesse ambiental: IP - 01, 13, 14, 97 e 99; Pecuária leiteira: IP- 12; Pecuária de corte: IP-38 e IP-55; Urbana/Industrial: IP-49 e IP-85; Policultura: IP-64; Agroindústria: IP-70, IP-90 e IP-95.

A frequência de monitoramento passou a ser trimestral para todas as estações desde 2017, seguindo orientação da Agência Nacional de Águas (ANA). A ANA desenvolveu o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) com a intenção de ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no país. Padronizando, entre os estados brasileiros, os parâmetros mínimos de qualidade de água as técnicas de análise, as frequências de monitoramento, os procedimentos de coleta e técnicas de preservação; ampliando o controle de qualidade dos laboratórios envolvidos em análises de qualidade de água e capacitando o pessoal envolvido nos programas de monitoramento no país. O PNQA foi continuado por outro programa, o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (QUALIÁGUA), mantendo estes objetivos e incluindo

alguns novos (ANA, 2020).

O monitoramento da bacia é realizado trimestralmente nas estações indicadas no quadro 1, sendo que duas destas estações estão localizadas no rio Bitury, afluente do Ipojuca. Além desses pontos são monitorados mais cinco reservatórios que fazem parte da bacia.

Quadro 1 – Estações de amostragem na bacia do rio Ipojuca

Estação	Corpo d'água	Coordenadas	Local
IP-01	Rio Ipojuca	24L 0715883 UTM 9078429	Na nascente do Rio Ipojuca, no Sítio Pedreira, em Arcoverde.
IP-12	Rio Ipojuca	24L 0783755 UTM 9072046	Na ponte da PE-180 que liga Belo Jardim a São Bento do Una, antes do Exército, em São Bento do Una.
IP-13	Rio Bitury	24L 0781834 UTM 9087918	Nascente do Rio Bitury no sítio de Seu Joaquim na comunidade de Jussara, em belo Jardim.
IP-14	Rio Bitury	24L 0782556 UTM 9083566	Na ponte sobre o rio Bitury, a montante do reservatório, em Belo Jardim.
IP-38	Rio Ipojuca	24L 0813783 UTM 9078843	A montante da cidade São Caetano, próximo a Fazenda Pato Branco, no município de São Caetano.
IP-49	Rio Ipojuca	25L 0176590 UTM 9082760	Na ponte na Vila do Cedro (COAHB III), a jusante da cidade de Caruaru, no município de Caruaru.
IP-55	Rio Ipojuca	25L 0212690 UTM 9091204	Em píer a 500m da ponte da BR-232 pelo rio, a montante de Gravatá, no município de Gravatá.
IP-64	Rio Ipojuca	25L 0230094 UTM 9086868	Na ponte a jusante da cidade de Chã de Grande, no município de Chã Grande.
IP-70	Rio Ipojuca	25L 0241956 UTM9075493	Na ponte a jusante da Usina União Indústria, no município de Primavera.
IP-85	Rio Ipojuca	25L 0255634 UTM 9074778	Na ponte BR-101 a jusante da cidade de Escada, no município de Escada.
IP-90	Rio Ipojuca	25L 0272422 UTM 9070370	Na ponte PE-60 a jusante da Usina Ipojuca, no município de Ipojuca.
IP-95	Rio Ipojuca	25L 0278544 UTM 9070386	A jusante da Usina Salgado, no município de Ipojuca.
IP-97	Rio Ipojuca	25L 0282161 UTM 9070183	No estuário dos rios Ipojuca e Merepe, ao sul do CIP-SUAPE e ao largo, no município de Ipojuca.
IP-99	Rio Ipojuca	25L 0285284 UTM 9069646	No mar, próximo à desembocadura artificial dos rios Ipojuca e Merepe, no município de Ipojuca.

Fonte: CPRH, 2020.

As estações do rio Ipojuca eram monitorados em frequências diferentes até 2017. As estações IP - 01, 38, 49, 55 tinham frequência anual entre 2005 a 2016, pois estão localizadas nas áreas onde o rio é intermitente e a amostragem era realizada no período chuvoso. As estações IP - 12, 97 e 99 tinham frequência semestral, no mesmo período, com uma amostragem no período seco e outra no chuvoso. As estações IP - 64, 70, 85, 90 e 95 tinham frequência bimestral entre 2003 a 2016 quando foi reduzida para trimestral, estas últimas cinco são as estações com mais resultados disponíveis.

Em 2009 o governo de Pernambuco firmou contrato, através da Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE), o Consórcio Projotec e BRL Ingénierie, com recursos do Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (PROÁGUA Nacional) / Banco Mundial para desenvolvimento do Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (PHA Ipojuca). O PHA foi desenvolvido entre junho e novembro de 2010 (COMPESA, 2017).

O PHA foi dividido em eixos contendo metas socioambientais, de infraestrutura hídrica e para gestão de recursos hídricos. Algumas das ações previstas foram as seguintes: implantação de parques urbanos, elaboração de planos de conservação, estudos para conservação, estudos para criação de unidades de conservação das nascentes, recuperação de áreas degradadas e trechos críticos susceptíveis a enchentes, melhoria do esgotamento sanitário, plano de monitoramento hidroambiental entre várias outras ações que buscavam a melhoria da preservação e das condições do rio Ipojuca.

O PHA Ipojuca foi um precursor do PSA Ipojuca e norteou um conjunto de ações que deveriam ser realizadas na bacia do Ipojuca com a finalidade de reduzir o passivo ambiental e propiciar a sustentabilidade. A ideia inicial de promover a revitalização e sustentabilidade, concebida pelo PHA, foi aperfeiçoada e estruturada e se transformou no PSA Ipojuca. Em agosto de 2013 o governador Eduardo Campos assinou o contrato, com vigência de seis anos, com o BID, agente financiador do Programa, no valor de US\$ 330 milhões, sendo US\$ 200 milhões oriundos do BID e US\$ 130 milhões de contrapartida estadual. (COMPESA, 2016). Os objetivos do PSA foram:

- Promover o saneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca por meio da ampliação da cobertura de esgotamento sanitário e dos índices de tratamento de esgotos nas 12 cidades sedes municipais que margeiam o rio, de modo a melhorar a qualidade ambiental da Bacia;
- Implantar ações voltadas à preservação e proteção ambiental, a exemplo da recuperação das matas ciliares e entornos dos reservatórios implantados dentro da Bacia;
- Promover o fortalecimento institucional da Compesa, Secretaria de Desenvolvimento Econômico, APAC e CPRH, instituições diretamente envolvidas no PSA Ipojuca (COMPESA, 2016, v.1, p. 39).

Igualmente a outros programas de revitalizações de rios observados, o PSA Ipojuca focou no saneamento ambiental e aumento da capacidade de tratamento de esgotos, não deixando de lado aspectos de melhoria da qualidade da água e

recuperação ambiental, nem tampouco ações para conscientização da população (COMPESA, 2016).

O projeto de saneamento implantado é muito importante, pois proporciona a melhoria da qualidade ambiental, da qualidade de vida das pessoas nas comunidades envolvidas e o fornecimento de dados concretos e atuais para subsidiar a tomada de decisões frente à situação da qualidade das águas da bacia e estimativa de melhorias futuras, considerando o diagnóstico quanto ao uso e ocupação do solo, fontes poluidoras e qualidade das águas. Por se tratar de um rio na região metropolitana de Recife, com os mesmos problemas da maioria dos outros rios pernambucanos, aproxima os estudantes da problemática local e podem buscar o desenvolvimento de ações para resolução de problemas sociais.

A falta de saneamento na bacia do rio Ipojuca não é uma exclusividade dele. O saneamento básico no Brasil é historicamente deficiente e não se tem soluções práticas ou eficazes em curto prazo que mudem este cenário. Ações de saneamento melhoram gradativamente a qualidade de vida nas comunidades e são essenciais na melhoria da saúde pública.

De acordo com a Lei n.º 11.445/07 e suas modificações, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, no seu artigo terceiro define o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais, conforme segue:

- a) abastecimento de água potável, constituído pelas atividades, pela disponibilização, pela manutenção, pela infraestrutura e pelas instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e os seus instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário, constituído pelas atividades, pela disponibilização e pela manutenção de infraestrutura e das instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até a sua destinação final para a produção de água de reuso ou o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbanas; e
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, de 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 (BRASIL, 2007, p. 2).

A lei apresenta o saneamento básico como sendo um conjunto de serviços

que contribuem para a saúde pública e para o meio ambiente. Contudo, quando se trata de saneamento básico no Brasil, se observa um aumento de projetos para viabilizar o abastecimento de água potável, o que não deixa de ser muito importante, embora sejam deixados de lado os demais pontos, principalmente o esgotamento sanitário (BRASIL, 2007).

Em decorrência desse fato se observam as consequências, como o descaso com o despejo irregular de esgoto, tanto domiciliar quanto industrial, a falta de políticas públicas no que tange à limpeza pública e drenagem urbana e os crescentes problemas de saúde pública decorrentes destes fatores. Muitos municípios brasileiros não possuem tratamento de esgoto adequado ou sequer possuem algum tipo de tratamento, os lançamentos desses efluentes nos rios comprometem a qualidade das águas, causando implicações negativas à saúde pública e ao equilíbrio do meio ambiente.

Além do tratamento de esgotos, ações de monitoramento, aumento da fiscalização e conscientização constante da população para preservação, existem outros instrumentos que colaboram com o meio ambiente. A realização do zoneamento ambiental ou zoneamento ecológico-econômico (ZEE) é um deles. O zoneamento é um instrumento de organização territorial, que consiste na delimitação de zonas e uma consequente definição de usos e atividades passíveis de serem realizadas conforme as características de cada área, controlando os usos e atividades. Ele estabelece padrões de proteção ao meio ambiente, bem como a garantia da conservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e do solo, permitindo ou não a utilização, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável da economia e oferecendo melhores condições de vida para a população (BRASIL, 2002).

A situação atual tende ao limite, onde milhões de pernambucanos convivem com epidemias dissipadas por águas poluídas, em um meio ambiente profundamente degradado, agravado pelas consequências da crise hídrica persistente e convivência com as secas. Em contexto tão adverso, a promoção da qualidade de vida das pessoas nunca foi tão urgente. Para alcançar esta promoção muito deve ser feito com investimentos no saneamento básico e educação ambiental (COMPESA, 2016).

Os governantes não podem permitir que alguns empreendimentos econômicos e empresas de saneamento poluam o meio ambiente, pois a sociedade

sente os efeitos negativos e a parte mais carente da população é que mais sofre com isso, principalmente na proliferação de doenças e outros fatores. É necessário que os municípios, estados e a União invistam mais na proteção ambiental, sendo mais rígidos no controle do meio ambiente e não flexibilizando leis ambientais, pois não tem sentido que a sociedade seja prejudicada para que pequenos grupos lucrem com isso. Destruir um rio é muito fácil; recuperá-lo é muito difícil. (MACHADO *et al.*, 2010).

Para ter rios mais limpos é essencial que ocorra um monitoramento contínuo e permanente das águas dos rios associado a processos de educação das comunidades para manter as águas com bom padrão de qualidade. Parâmetros químicos, biológicos e toxicológicos são usados para esse monitoramento e, considerando o propósito de aproximar o ensino de química à educação ambiental, neste trabalho, será feita uma discussão sobre como esses parâmetros apontam para a qualidade das águas dos rios.

2.6. PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

A água, seus diversos usos e a falta dela fazem parte do cotidiano da maioria dos alunos, assim como a convivência com sistemas de esgotamento sanitário precários. Mostrar como é mensurado o nível de qualidade das águas para abastecimento, águas naturais ou efluentes sanitários passa pela apresentação dos parâmetros de qualidade, selecionados de acordo com o tipo de material e destinação ou uso. Como se comporta cada variável nas águas, das limpas às poluídas, e quais as variações naturais encontradas de acordo com o ambiente e com as variações climáticas não é uma tarefa fácil e requer anos de estudo, observações e análises. Para se analisar uma amostra de água é necessário ter conhecimento de sua composição química natural inicial, e a partir de quais valores máximos estes parâmetros possam ser considerados de contaminação ou poluição.

A norma que classifica os rios do país é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, que aborda a classificação dos corpos de água e as diretrizes para o seu enquadramento para comparar a qualidade das águas. Esta Resolução é complementada pela Resolução n.º 393/2007, e alterada pelas Resoluções n.º 370/2006; n.º 397/2008; n.º 410/2009 e n.º 430/2011. Esta última estabelece os padrões de lançamento de efluentes

buscando a proteção dos mananciais (BRASIL, 2005).

As águas são enquadradas em cinco classes, sendo a primeira das águas de classe especial, que devem possuir sua condição natural, nas quais não são permitidos o lançamento de efluentes, mesmo que sejam tratados. Para as demais classes, mesmo que o ideal seria seguir o mesmo padrão anterior, de acordo com os usos das águas são admitidos níveis crescentes de poluição, sendo a classe 1 com os menores níveis e as classes 2, 3 e 4 com maiores níveis de poluição, como se pode observar na figura 13 (ANA, 2020).

Figura 13 – Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.



Fonte: ANA, 2020.

O monitoramento dos rios deve ocorrer em períodos variados para que possam ser observadas as variações naturais como: secas, chuvas, interferência de marés, sol forte, florações, desequilíbrios ecológicos, entre outros. Em um mesmo dia pode-se ter resultados bem diferentes para o mesmo parâmetro (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Como por exemplo, temos o potencial hidrogeniônico (pH), que pode variar com a temperatura durante vários períodos do dia. Por isso, deve ser feito um planejamento de amostragem que considere os diversos aspectos que podem gerar interferências, para minimizá-las e permitir que os resultados obtidos sejam mais significativos.

As variações naturais acontecem o tempo todo, porém ocorrem na maioria das vezes mais lentamente e dificilmente causam danos à biota, já as interferências antropogênicas podem ser muito prejudiciais. Os lançamentos de efluentes líquidos nos rios resultam em variações de suas características, prejudicam a qualidade da

água e a vida aquática (SILVA, 2017). A diminuição dos teores de oxigênio dissolvido é um dos principais efeitos da poluição orgânica em um curso d'água e um dos principais fatores responsáveis pela mortandade de peixes.

No tratamento do esgoto por processo aeróbio, é fundamental para que os microrganismos realizem seus processos metabólicos o fornecimento de oxigênio. Assim, foi desenvolvida a técnica de medir a intensidade da poluição de um efluente pelo consumo de oxigênio que ele provocaria. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO) são parâmetros que informam, indiretamente de acordo com o consumo de oxigênio, a matéria orgânica presente na água (SPERLING, 2014).

A seguir serão abordados os parâmetros mais comuns analisados nas águas dos rios em Pernambuco.

2.6.1 Temperatura

A temperatura da água indica a intensidade de calor que é absorvido pela lamina de água, ou seja, expressa a energia cinética das moléculas de água. Nos rios a temperatura normalmente varia conforme a sazonalidade, sendo ela relacionada às estações do ano, períodos secos ou chuvosos e até mesmo às variações que ocorrem durante o dia pela influência solar. Por isso geralmente é medida em conjunto com a temperatura do ar. A temperatura afeta diretamente os processos químicos, físicos e biológicos, os quais influenciam outras variáveis de qualidade da água (ANA, 2020; SILVA, 2019).

2.6.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) representa o cologarítimo da concentração de íons hidrogênio em uma solução, sendo expresso numa escala variando de 0 a 14 (BRANDÃO *et al.*, 2011). O pH nos rios ou outros recursos hídricos influencia no equilíbrio de compostos químicos, pode indicar a contaminação por efluentes industriais, além de poder indicar a proliferação de algas (SPERLING, 2014). A Resolução CONAMA n.º 357/2005 estabelece que para a garantia da vida aquática o pH deve estar entre 6,0 e 9,0 para as águas doces; entre 6,5 e 8,5 para as águas salinas e salobras de classe 1 e 2; entre 5,0 e 9,0 para as águas salobras de classe

3 (BRASIL, 2005). Enquanto Resolução CONAMA n.º 430/2011 determina para o lançamento de efluentes o valor de pH entre 5,0 e 9,0 (BRASIL, 2011).

2.6.3 Cor

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em pequenas partículas finamente dispersas, provenientes de diversos materiais. Geralmente provocada pela matéria orgânica, ácidos húmico e fúlvico, taninos, metais como o ferro e manganês elevados e/ou resíduos industriais. A cor em sistemas públicos de abastecimento de água é permitida em escalas muito baixas e esteticamente indesejável (CETESB, 2016; FUNASA, 2013). A coloração da água, porém, não pode ser atribuída apenas à poluição, é comum muitos rios e outros corpos d'água bem preservados apresentarem colorações variadas, dependendo da composição dos solos e rochas sobre os quais o rio percorre ou permanece, crescimento de algas, entre outros.

2.6.4 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica indica o potencial da água em conduzir corrente elétrica, e é dada pela presença de substâncias dissolvidas, geralmente sais, que se dissociam formando íons. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior será a condutividade (CETESB, 2018). Enquanto as águas limpas apresentam valores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos residenciais ou industriais os valores podem passar de 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ou seja, é um parâmetro que pode indicar ambientes impactados (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

2.6.5 Turbidez

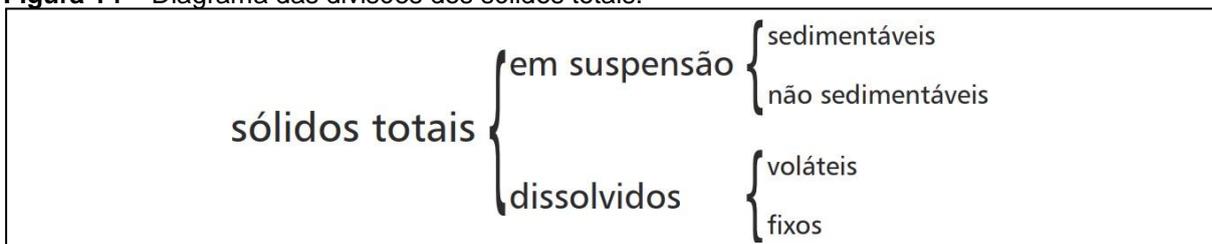
A turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através de uma amostra de água, causado pela presença de materiais suspensos que provocam a sua difusão e absorção (SPERLING, 2014). Materiais como argila, sedimentos, matérias orgânicas e inorgânicas e outros organismos microscópicos aumentam a turbidez. Este parâmetro pode dar indicativo da concentração de

sólidos suspensos nas águas. Água com turbidez elevada pode dificultar a ação dos agentes desinfetantes nas estações de tratamento de água (FUNASA, 2013). A maioria dos rios brasileiros possui águas naturalmente turvas em razão das características geológicas das bacias de drenagem e da ocorrência frequente de chuvas. Além das características naturais, a turbidez da água pode ser modificada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

2.6.6 Sólidos totais (ST)

Os sólidos totais são compostos por toda matéria que resta como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a determinada temperatura e tempo (CETESB, 2018). Esse parâmetro é utilizado não só no controle da poluição de águas naturais, como também na determinação de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Muito embora os parâmetros turbidez e sólidos totais estejam associados, eles não são absolutamente equivalentes. Os sólidos podem provocar danos aos peixes e à vida aquática, pois quando se sedimentam no fundo dos rios, podem destruir e obstruir organismos que fornecem alimentos e podendo danificar, ainda, os locais de desova de peixes (CETESB, 2018). Os sólidos existentes na água ou efluentes podem estar distribuídos da seguinte forma:

Figura 14 – Diagrama das divisões dos sólidos totais.



Fonte: (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

2.6.7 Salinidade

A salinidade da água representa o teor de sais dissolvidos ou em suspensão, os mais comuns sendo os cloretos de sódio, magnésio e cálcio, os sulfatos de magnésio, potássio e cálcio e os carbonatos e nitratos de cálcio e magnésio (SILVA, 2019). A salinidade interfere na capacidade de dissolução do oxigênio e segundo a

resolução do CONAMA n.º 357/2005 as águas são classificadas em três classes de acordo com a salinidade: em águas doces, as águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰; em águas salobras, com salinidade entre 0,5 ‰ e 30 ‰ e em águas salinas, com salinidade igual ou superior a 30 ‰ (BRASIL, 2005).

2.6.8 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é a medida da quantidade do gás oxigênio (O_2) presente nas águas. A biota aquática pode ser formada por organismos aeróbios e/ou anaeróbios. Enquanto os primeiros utilizam o oxigênio dissolvido para sua respiração, os anaeróbios respiram consumindo o oxigênio presente em moléculas de vários compostos, como por exemplo, nos nitratos (NO_3) e sulfatos (SO_4^{2-}) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

As águas poluídas apresentam baixas concentrações de OD podendo chegar a zero, pois o mesmo é utilizado na ação de decomposição da matéria orgânica proveniente dos esgotos. Já as águas limpas apresentam concentrações de OD mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L, exceto quando existem outras condições naturais que ocasionem a diminuição da concentração deste parâmetro (ANA, 2020). A temperatura e a pressão atmosférica interferem diretamente na concentração de OD, pois a elevação da temperatura da água diminui a solubilidade de gases (CETESB, 2018; SPERLING, 2014).

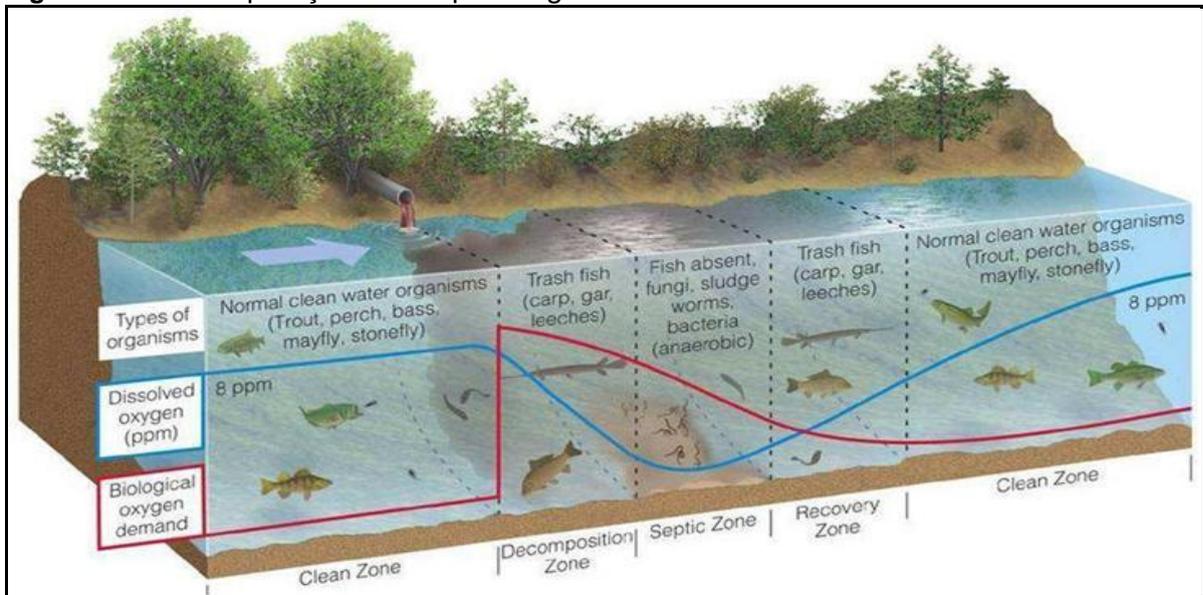
Uma água subterrânea pode ser deficiente em oxigênio dissolvido, mesmo não estando poluída, pois o oxigênio pode ter sido consumido pela oxidação de minerais dissolvidos, da mesma forma que a atividade fotossintética das plantas aquáticas pode elevar os níveis de oxigênio dissolvido, mesmo estando poluído, então é um parâmetro que não deve ser avaliado individualmente (SILVA, 2019). Um rio submetido à pressão de uma atmosfera e com a temperatura de 20 °C possui aproximadamente 9 mg/L de O_2 , concentração de saturação (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

2.6.9 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A DBO indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica que está presente na água no processo da decomposição aeróbica. A

DBO_{5,20} é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C (CETESB, 2018). Valores altos de DBO em um rio são geralmente provocados pelo lançamento de cargas orgânicas, oriundas de esgotos sanitários, processos agrícolas e industriais. O aumento dos valores deste parâmetro favorece a diminuição da concentração de OD na água, podendo provocar a morte de peixes e de outros organismos aquáticos (ANA, 2020). A interrupção ou diminuição do lançamento de esgotos em um ambiente facilita a autodepuração do corpo hídrico (Figura 15), que é a capacidade do meio restaurar suas características ambientais naturalmente, com diminuição da DBO e aumento da concentração de OD (SILVA, 2017).

Figura 15 – Autodepuração em corpos d’água.



Fonte: <https://guiaecologico.wordpress.com/2011/07/18/voce-sabe-como-funciona-a-autodepuracao-em-rios/>.

2.6.10 Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO é definida como a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação química da fração de todo material orgânico, sendo ele biodegradável ou não, em condições enérgicas, em meio ácido e por ação de um agente químico oxidante, que pode ser permanganato de potássio, dicromato de potássio ou outro oxidante forte. Assim, pode-se dizer que a DQO, em conjunto com a DBO, fornecem evidências do potencial de biodegradabilidade do material orgânico presente nas águas (SILVA, 2019).

2.6.11 Série nitrogenada

O nitrogênio em recursos hídricos pode se apresentar de diversas formas, como: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), nitrogênio molecular (N_2) e nitrogênio orgânico. É elemento indispensável para o crescimento de algas, e quando em grande quantidade pode levar a um processo de eutrofização de lagos e represas que pode prejudicar o sistema de abastecimento público, preservação da vida aquática e a recreação. Os nitratos em altas concentrações são tóxicos aos seres humanos e podem causar uma doença chamada metemoglobinemia em crianças, que se não for tratada pode ser letal (ANA, 2020).

Os compostos nitrogenados tendem a se oxidar e se transformar em outros compostos da série, o nitrito (NO_2^-) é o estado intermediário entre a amônia (NH_3) e o nitrato (NO_3^-). Altas concentrações de nitrito podem significar uma grande atividade bacteriana e baixa nos níveis de oxigênio dissolvido. As principais fontes de nitrogênio são provenientes do lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas os fertilizantes também são uma boa fonte desse elemento e com o escoamento das chuvas contribui para o aumento da concentração deles nos corpos d'água, assim como a drenagem de águas da chuva em áreas urbanas (SILVA, 2019).

2.6.12 Fósforo total

Fósforo total, assim como o nitrogênio, é um importante nutriente para os processos biológicos. A eutrofização provocada pela presença excessiva de nutrientes causa o crescimento acelerado de algas, conferindo odor desagradável, gosto ruim e biotoxinas à água. As principais fontes de fósforo são os esgotos domésticos, pela grande quantidade do elemento presente nos detergentes superfosfatados e, também, provenientes do próprio material fecal. O escoamento pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo, pois seguem para os ambientes aquáticos. Entre os efluentes industriais os mais importantes são das indústrias de fertilizantes, alimentícia, de laticínios, pesticidas, frigoríficos e abatedouros. A presença de fósforo, também, está associada a processos naturais como dissolução de minerais e rochas, carreamento de solo e na

decomposição de matéria orgânica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

2.6.13 Coliformes

Os coliformes totais são um grupo de bactérias, bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não esporulados, oxidase-negativos, capazes de crescer em meios de cultura contendo sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de gás, ácido e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24 a 48 horas, e que podem desenvolver atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*, conquanto vários outros gêneros e espécies são pertencentes a este grupo (FUNASA, 2013).

Devido à grande diversidade de microrganismos patogênicos, em geral de origem fecal, presentes nos esgotos e que podem chegar nas águas naturais, a avaliação da qualidade microbiológica da água pode ser bastante complexa, para identificá-los individualmente. Em função dessa dificuldade foi adotada a técnica de verificar a presença de organismos indicadores, sendo a *Escherichia coli* um dos principais e mais pesquisados (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Segundo a CONAMA n.º 357/2005, os coliformes fecais ou termotolerantes são bacilos gram-negativas, oxidase-negativos, e determinados pela atividade da enzima β -galactosidase. Se desenvolvem na presença de agentes tensoativos e fermentam a lactose de 44° a 45°C , produzindo gás, ácido e aldeído. Estão presentes nas fezes humanas e de outros animais, e encontrados também nos solos, plantas ou outras matrizes ambientais mesmo que não tenham entrado em contato com material fecal. Sua principal representante, a *Escherichia coli*, é de origem exclusivamente fecal.

2.6.14 Toxicidade

A ecotoxicologia consiste em utilizar organismos vivos para verificar o nível de toxicidade de uma amostra de água. Atualmente são muito utilizados, pois permitem levantar possíveis compostos intermediários que não seriam observados pelos testes físico-químicos padrões. Salienta-se, porém, a necessidade de levantar qual o melhor organismo para a amostra a ser analisada, onde são observadas diversas

características, entre elas a taxonomia da espécie, distribuição geográfica da amostra, facilidade de observação por não especialistas, baixa variabilidade genética, ecologia conhecida, possibilidade de uso em ensaio laboratorial, longo ciclo de vida e preferencialmente ser de tamanho grande.

Um estudo realizado com as espécies *Aliivibrio fischeri*, *Daphnia magna* (Figura 16) e *Scenedesmus subspicatus* para levantar qual organismo é mais indicado para análise de toxicidade aguda de efluente têxtil concluiu como melhor organismo a ser utilizado a *Daphnia magna*. No entanto, para estudos de toxicidade é interessante ter dois níveis tróficos para melhor análise (JERONIMO *et al.*, 2019).

Figura 16 – *Daphnia magna*, utilizada nos testes de toxicidade.



Fonte: <https://www.amazon.com/Generic-1000-Live-Daphnia-Magna/dp/B07YX9396K>

As medições destes e outros parâmetros de qualidade das águas descritos são realizadas em laboratórios, seguindo metodologias validadas, como as presentes no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017), metodologias analíticas testadas em vários laboratórios pelo mundo, para que haja uma padronização dessas medições.

Alguns desses parâmetros podem ser verificados no próprio local de amostragem, utilizando sondas multiparamétricas (Figura 17), o que seria ideal devido as pequenas variações que ocorrem nas amostras devido ao transporte e que variam muito com o tempo e temperatura. Estas sondas possuem sensores específicos, eletrodos, para medição de vários parâmetros ao mesmo tempo e em um *display* onde são observados os valores medidos: temperatura, pH, turbidez, OD,

condutividade, entre outros (BRANDÃO *et al.*, 2011). Em locais de difícil acesso estas sondas podem ser instaladas em estações fixas, enviando os resultados das medições periodicamente via satélite e diminuindo os custos de deslocamento das equipes até os locais.

Figura 17 – Sonda multiparâmetro EXO 1.



Fonte: O autor, 2020. Equipamento utilizado nas medições de campo pela CPRH.

2.6.15 Divulgação dos dados de qualidade

A poluição gerada pelos despejos indústrias e domésticos pode ser observada facilmente quando já estão sendo lançadas em grande escala pela mudança de coloração e odores nas proximidades dos rios. Porém, quando se conhece as características dos mesmos, podem ser observadas ainda em pequena escala analisando-se os dados físico-químicos e biológicos de qualidade das águas. Por isso a importância de se manter um bom programa de monitoramento dos rios. Ações de fiscalização e prevenção podem ser melhor direcionadas baseadas na observação destes dados.

O controle realizado por este tipo de estudo é de alto custo, requer uma equipe treinada e em número suficiente e demanda muito tempo, pois as variações dos parâmetros nos rios podem ocorrer de forma natural, mesmo sem indícios de poluição, havendo a necessidade de um estudo inicial e contínuo para se estabelecer os limites de variações para estes parâmetros por região.

A CPRH monitora as bacias hidrográficas de Pernambuco em cento e trinta e oito estações de amostragem distribuídas nas diversas bacias do estado, entre rios e reservatórios, há mais de trinta anos, verificando os limites de variações naturais, observando o enquadramento dos rios e acompanhando o tratamento e a disposição final de efluentes sanitários e industriais. O laboratório desta Agência realiza análise de diversos parâmetros nas águas naturais, em geral nos monitoramentos dos rios são verificados em média quinze parâmetros, por local de amostragem, a cada três meses, com intuito de observar as variações que ocorrem ao longo do tempo.

No *sítio* da CPRH são divulgados os resultados dos monitoramentos dos rios no formato de relatórios anuais. Existe a necessidade de uma maior divulgação desses resultados tanto para a comunidade, quanto para os estudantes, para que se desperte o interesse em conhecer a qualidade das águas que consomem ou recreiam, ocorra uma conscientização para preservação ambiental e para que a comunidade participe das ações de conservação e proteção dos rios.

Com o saneamento básico muito precário na região Nordeste e racionamento constante no abastecimento de água, tentar mostrar aos estudantes a importância de projetos de recuperação ambiental baseados em dados de monitoramento passa a ser um grande desafio e uma necessidade. Como mostrar que dados químicos possam interferir diretamente na vida das pessoas? Observamos na figura 18 o exemplo da variação da DBO durante o percurso de um rio, podendo ainda ser relacionado com outros parâmetros de qualidade da água, como a diminuição da concentração de OD e o aumento de coliformes termotolerantes no mesmo percurso.

Figura 18 – Exemplo de um parâmetro químico e sua variação na água com o descarte de efluentes.



Fonte: <http://atlasegotos.ana.gov.br/>

Pode-se realizar atividades que despertem o interesse dos estudantes na busca por melhores condições ambientais como, por exemplo, a apresentação de todo ciclo do uso de água nas cidades: captação no rio, tratamento de água, análises químicas e biológicas, armazenamento, distribuição, utilização, captação de esgotos, tratamento de esgotos, descarte dos rejeitos nos rios e como variam os parâmetros de qualidade durante esse processo.

A educação ambiental deve ser constante e incorporada às outras disciplinas escolares, nas ciências, química ou biologia, em todas as faixas etárias e ir além dos espaços de ensino alcançando toda sociedade, resgatando temas já vistos e propondo novas ações de preservação. A utilização de uma cartilha no ensino médio vem tentar suprir a lacuna de outros anos do ensino básico ou mesmo despertar o interesse por conceitos já vivenciados ou trazer novos conceitos e ajudar na caminhada para ter uma população esclarecida e disposta a resolver os seus problemas ambientais.

A preservação dos rios e mananciais tem objetivo de garantir a qualidade das águas que serão utilizadas pela própria população, pois a água para ser consumida não pode conter substâncias prejudiciais dissolvidas em altos níveis e muito menos microrganismos causadores de doenças. O ensino ambiental com conscientização da população deve ser praticado por todos para que seja incorporado aos aspectos culturais.

Os parâmetros de qualidade da água ainda são pouco abordados no ensino médio nas escolas pernambucanas. De acordo com os Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco que tem como objetivo orientar o processo de ensino-aprendizagem e também as práticas pedagógicas nas salas de aula da rede estadual de ensino, para a disciplina de química alguns deles se encontram diluídos em outros temas, mas não diretamente ligados à qualidade da água (PERNAMBUCO, 2013). Em geral, quando são apresentados nas aulas, ocorre de forma interdisciplinar a critério dos professores. Um exemplo é a medição do pH, que é um conceito obrigatório nas teorias de acidez e basicidade, mas nem sempre é associado à qualidade da água.

Frequentemente os parâmetros de qualidade são trabalhados em projetos ou feiras de ciências com temática ambiental, seguindo uma abordagem CTS, em temas como poluição, importância da água ou tratamento de água, mas não de forma obrigatória. Comumente, os professores fazem a inserção da base teórica

para as atividades práticas que podem ser desenvolvidas junto à comunidade, como o acompanhamento da qualidade da água fornecida para a escola, para a comunidade, ou pesquisas em rios e correios para verificar os níveis de poluição, porém são trabalhos pontuais que não abrangem toda a comunidade escolar. Foi nesse sentido que foi proposto o desenvolvimento de um produto educacional, abrangendo os parâmetros de qualidade, visando a educação ambiental durante o ensino de química.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho, foi adotada uma perspectiva de pesquisa qualitativa e quantitativa, uma vez que dados determinados em uma dimensão quantitativa para os parâmetros das águas do rio Ipojuca, foram analisados com um olhar qualitativo, no sentido de produzir subsídios para um ensino de química contextualizado.

O objetivo principal desta pesquisa foi de promover divulgação científica no ensino de química para a abordagem de temas sobre a recuperação e preservação ambiental dos rios, especificamente focando no monitoramento da qualidade do rio Ipojuca realizado pela CPRH e nas percepções de sujeitos sobre a poluição de rios. Como objetivos específicos temos: Levantar e analisar dados de qualidade de água do rio Ipojuca, anteriores e durante o programa PSA Ipojuca; Comparar alguns dos parâmetros que apontam para a qualidade das águas na bacia com limites estabelecidos pelo CONAMA n.º 357/2005; Analisar concepções e percepções de moradores de comunidades ribeirinhas e estudantes sobre a poluição e qualidade das águas dos rios; Produzir uma cartilha didática com os dados pesquisados divulgando a importância da preservação ambiental; Fazer uma proposta para aplicação da cartilha em sala de aula.

Para que os objetivos pretendidos fossem alcançados, a metodologia foi dividida em quatro etapas: a análise dos dados do programa de monitoramento dos rios da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH); o levantamento de concepções de moradores de comunidades ribeirinhas e estudantes; a elaboração de uma cartilha contendo algumas das concepções observadas; e apresentação de um planejamento de aula para discussão da cartilha em sala de aula.

Este trabalho contempla aspectos relacionados com as situações dos recursos hídricos e qualidade das águas na bacia do rio Ipojuca, considerando as ações do Programa de Saneamento Ambiental PSA Ipojuca. Os marcos de referência para tal estudo foram o Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (2010), da Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE) do estado de Pernambuco, e o Diagnóstico da Situação Ambiental Atual da Bacia do Rio Ipojuca (2017), elaborado no âmbito do Programa.

Na primeira etapa, foram avaliados os dados disponíveis nos bancos de dados governamentais acerca da qualidade da água e recursos hídricos, verificou-se a atualização do mapeamento da bacia, levantamentos de uso e ocupação do solo e

a coleta e análise de dados de qualidade das águas nos dez anos anteriores ao início do Programa, de 2003 a 2012, nos anos contemplados pelo Diagnóstico Ambiental realizado, de 2013 a 2017, e os anos de 2018 e 2019.

Os estudos foram elaborados partindo dos levantamentos das informações e dados existentes, relativos aos constituintes físico-químicos e biológicos, correlacionando os resultados com os diversos usos de água e os limites estabelecidos pelo CONAMA n.º 357/2005, identificando o comprometimento da qualidade e sua adequação para os usos atuais, assim como aspectos sanitários. Os parâmetros de monitoramento avaliados foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e coliformes termotolerantes. Elaborou-se gráficos padronizados e que utilizam pacotes gráficos de softwares estatísticos e tabelas que auxiliem na compreensão e interpretação dos dados coletados.

Na segunda etapa, foi aplicado um questionário para 53 pessoas das comunidades ribeirinhas da zona urbana e zona rural de Pernambuco, pessoas que residiam próximo ao rio Ipojuca com profissões e idades variadas, que responderam as questões no formato de entrevista com gravação dos áudios, e mais 41 estudantes do ensino médio responderam ao questionário de forma escrita, aplicado pelo professor, com tempo para as respostas de 40 minutos. Foram alunos da modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA) do segundo módulo que é equivalente ao segundo ano do ensino médio, com idades entre 18 e 20 anos, em uma escola pública estadual, localizada no bairro da Ilha do Leite, que atende muitos estudantes residentes próximos ao rio. A intenção de investigar este público foi de observar as percepções relativas aos problemas causados pela poluição dos rios nas pessoas mais impactadas por ela, por residirem próximo ao rio. Alguns dos elementos obtidos na aplicação desse questionário foram utilizados na elaboração da cartilha, a fim de dirimir dúvidas, melhorar a conscientização e percepção química e ambiental e trazer novas ideias para preservação ambiental.

O questionário foi elaborado contendo dez questões, abrangendo o tema da poluição dos rios e se encontra nos apêndices desta dissertação. Foram evitadas questões longas e complexas para não confundir as pessoas de menor grau de escolaridade, sendo observados os princípios da clareza, com questões claras, concisas e unívocas; da coerência, com a intenção da própria pergunta; e o da neutralidade, na tentativa de não induzir as respostas. O questionário foi do tipo

misto, com quatro questões fechadas, apenas para caracterização do sujeito e identificar a interação deste com o rio, e seis questões abertas, permitindo a liberdade de expressão dos entrevistados e maior profundidade das respostas. A aplicação do questionário visou recolher uma amostra dos conhecimentos, atitudes e valores em relação ao rio, servindo como fonte de dados para o desenvolvimento do produto educacional. O questionário utilizado neste levantamento encontra-se nos apêndices desta dissertação (Apêndice A).

Para a produção da cartilha, terceira etapa, foram utilizados alguns dos aspectos observados nas respostas ao questionário e dados de monitoramento do rio Ipojuca, observando a variação de alguns parâmetros de qualidade da água analisados periodicamente pela CPRH e inseridos em uma história em quadrinhos com imagens conjugadas com textos, utilizando a linguagem cotidiana local. A cartilha tem como tema central a poluição dos rios, as ações que são colocadas em prática em prol da preservação e também contém sugestões de atividades que podem ser realizadas para colaborar na conservação ambiental.

Dentre as várias formas de difusão da química trabalhadas conjuntamente com conceitos de preservação ambiental, a cartilha quadrinizada foi escolhida como produto educacional pelo fato da abrangência, facilidade para leitura, aceitação dos estudantes e por fazer parte do cotidiano de crianças, jovens e adultos. Ela colabora positivamente em processos educacionais que estabelecem conexões transversais, inter e transdisciplinares (SANTOS NETO; SILVA, 2013; VERGUEIRO, 2014). Pode ser utilizada em aplicativos nos celulares, convertida em vídeo ou *slides* e em atividades variadas tanto na sala de aula como em outros espaços sociais.

As cartilhas são recursos utilizados para comunicar as pessoas e, muitas vezes, ao utilizarem imagens, textos didáticos e informativos, são consideradas como instrumentos facilitadores, atuando como ferramenta mediadora entre o educador e aluno, as quais têm a possibilidade de abordar uma realidade específica e questões ambientais (BACELAR *et al.*, 2009). Apesar da relevância do uso de cartilhas como boa ferramenta para a educação ambiental, a literatura que analisa esse material é ainda escassa. Elas podem ser entendidas como objetos culturais, que de certa forma fortalecem os significados e representações de grupos de pessoas de cada época nos aspectos culturais que se situam (TRINDADE, 2012), podendo ainda influenciar no desenvolvimento de um padrão de comportamento ambientalmente correto (BACELAR *et al.*, 2009).

Utilizou-se um aplicativo disponível no Google Play, o Comica, para transformar fotos em quadrinhos e aumentar a identificação dos alunos com ambientes e histórias de modo a tornar a leitura mais atrativa e prazerosa. Segundo Vergueiro (2014), as histórias em quadrinhos aumentam o interesse e senso crítico dos estudantes colaborando no processo didático. Foi observada a riqueza do material, tanto em caráter pedagógico, ou seja, a apresentação de diferentes ferramentas para atingir o público-alvo, quanto em caráter informativo, a depender da quantidade e da organização das informações inseridas na cartilha, conforme indicado por Marteis, Steffler e Santos (2011). Ainda para construção da cartilha didática, foram considerados: sua estrutura física; número de páginas e tamanho; tópicos relacionados à sua aparência, como cores, formatos e imagens; explorados aspectos quanto à linguagem empregada, dando preferência por um linguajar simples; problemática ambiental envolvida; conceitos relacionados com a química; bem como tópicos da pesquisa abordada.

A linguagem técnica e conceitos foram explicados com exemplos e figuras, visto que a aprendizagem só ocorre quando as mensagens são apropriadamente recepcionadas e incorporadas pelo aluno. Os textos foram escritos utilizando-se um estilo de letras simples e de fáceis leituras. As falas presentes nas cartilhas foram breves de acordo com o nível dos leitores e com introdução de termos técnicos (SANTOS, 2005). Quanto à aparência na confecção da cartilha, observou-se a eficácia das imagens em transmitir parte do que está escrito no texto, fazendo com que o leitor compreenda e conserve a informação (MARTEIS; STEFFLER; SANTOS, 2011).

Optou-se por ideias que se encaixaram melhor com a realidade da comunidade, sendo simples e acessível ao público-alvo para o qual foi destinada, trazendo curiosidades ou novas informações de forma a refletir o cotidiano da população e seus aspectos, impactos ambientais específicos e o que pode ser feito para modificar o cenário atual. Quanto maior for a identificação da comunidade com a problemática envolvida, maior deverá ser o sucesso da cartilha nos seus objetivos. A cartilha quadrinizada, produto educacional desenvolvido, encontra-se nos apêndices desta dissertação (Apêndice B).

Na quarta etapa, foi realizado um planejamento de aula como proposta para a aplicação da cartilha, para discussão em turmas do ensino médio nas aulas de química. O momento de utilização das cartilhas deve ter duas funções: uma

oportunidade na qual novos conceitos devem ser apresentados e desenvolvidos, bem como um momento para sensibilizar os estudantes frente as questões da preservação ambiental. Além disso, pode servir de orientação para os estudantes quanto às ações direcionadas para a resolução dos problemas ambientais vivenciados por eles.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram discutidos em quatro tópicos, abrangendo os objetivos propostos e a metodologia aplicada. Nesta primeira seção foi observada a variação de seis parâmetros de qualidade, aferidos em oito estações de amostragem no rio Ipojuca que foram selecionadas de acordo com as obras realizadas, com a intenção de observar se as ações desenvolvidas pelo Programa PSA Ipojuca resultaram em melhoria na qualidade da água.

4.1. ANÁLISE DOS DADOS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO IPOJUCA

Visualizar a degradação ambiental do rio em alguns locais pode ser de fácil percepção: coloração escura, odor desagradável e muito lixo. A degradação é a alteração das características do meio ambiente, processo que diminui a capacidade de determinado ecossistema de sustentar a vida (BRASIL, 1981). Nem sempre o lançamento de um efluente, principalmente se for tratado, provoca degradação e para se ter certeza das condições ambientais do meio são realizadas análises periódicas dos parâmetros de qualidade da água do rio.

O PSA Ipojuca programou a construção de sete novas estações de tratamento de esgotos (ETEs) e a ampliação da conexão do número de domicílios ligados à rede de esgotos de cerca 31 mil para 143 mil nos municípios envolvidos. Foram previstos também, a recuperação de 258 hectares de trechos às margens do rio Ipojuca e entorno de reservatórios para proteção de mananciais, ações que impactam diretamente na qualidade da água. O cronograma de construção das ETEs, foi programado conforme o quadro 2, porém a maioria delas não foram concluídas no prazo estabelecido.

De acordo com a localização de implantação das ETEs, podemos observar quais as estações de monitoramento, no percurso do rio, estão mais próximas e onde, provavelmente, poderiam ser visualizadas algumas variações nos parâmetros de qualidade mais significativamente, como foram indicadas na quarta coluna do quadro 2.

Quadro 2 – Municípios previstos para realização das obras do PSA e estações de interesse.

ETE	PRAZO		ESTAÇÕES
MUNICÍPIO	PRAZO PREVISTO DA OBRA	ATRASSO	PRÓXIMAS
Sanharó	Junho de 2016 a novembro de 2017	Previsto para 2020	-
Belo Jardim	Agosto de 2017 a abril de 2019	Previsto para 2020. Funcionando parcial desde 2019	IP - 12
Tacaimbó	1ª etapa - janeiro de 2015 a novembro de 2016 2ª etapa - maio de 2017 a abril de 2018	NÃO	IP - 38
Bezerros	Setembro de 2017 a abril de 2019	Previsto para 07/2021	-
Caruaru	Março de 2017 a junho de 2019	Previsto para 2020. Funcionando parcial desde 2018	IP - 49 IP - 55
Gravatá	Janeiro de 2016 a dezembro de 2017	Previsto para 01/2020 Funcionando parcial em 30% desde 2019	IP - 64 IP - 70
Escada	Fevereiro de 2017 a setembro de 2018	Previsto para 12/2020	IP - 85 IP - 90

Fonte: O autor 2020. Dados: COMPESA, 2016 e <https://servicos.compesa.com.br/psa-ipojuca/>

As estações de amostragem seguem números crescentes desde a nascente do rio até sua foz. Das catorze estações monitoradas têm-se algumas considerações a serem observadas: para os pontos IP - 01, 13 e 14 não foram realizadas obras que impactassem diretamente nos mesmos, pois estão localizados a montante das obras realizadas. Para os pontos IP - 01 e 13 que são nascentes estão previstas ações de reflorestamento dos entornos que ainda não foram executadas. Dos pontos iniciais até o ponto IP - 55 o rio é intermitente, por isso possui menos resultados de monitoramento, pois em algumas campanhas se encontravam secos, ou com volume de água insuficiente ou sem representatividade.

Os pontos finais, IP - 95 e 97 podem sofrer alterações, pois estão localizados a jusante das obras realizadas, porém estas estações são locais que sofrem fortes interferências das marés e a salinidade interfere diretamente em alguns parâmetros, tornando mais difícil essa análise. O ponto IP - 99 fica em alto mar, cerca de 2 km da costa e próximo ao Porto de Suape, sendo difícil associar modificações provenientes das intervenções realizadas, por ter outras dezenas de contribuições e o mesmo foi monitorado até 2017 devido a dificuldades de embarcação para acesso ao local de amostragem. Restando, portanto, oito pontos de amostragem em que podem ser observadas melhorias, devido à proximidade com as obras e suas localizações a jusante delas, diminuindo outras possíveis fontes de interferência. Essas

considerações são importantes para se observar melhor as variações que possam ocorrer nos parâmetros de qualidade.

Outro aspecto, ainda mais relevante e que deve ser levado em consideração são os prazos de término das obras, três delas tinham término previsto para o ano de 2019 e atrasaram. O Programa PSA Ipojuca estava planejado para ocorrer até o final de 2019 e em decorrência aos atrasos das obras teve que ser prorrogado por mais um ano. Para a análise dos dados disponíveis dos monitoramentos na base de dados da CPRH, os resultados disponíveis vão até o final de 2019, coincidindo com a previsão inicial de término de algumas das obras. Verificou-se que das sete estações de tratamento propostas, apenas uma, a ETE Tacaimbó foi concluída e outras três estavam funcionando parcialmente desde 2018 e 2019. A ETE concluída se encontra na área intermitente do rio. Devem ser observados, ainda, outros prazos de início das operações, prazo para estabilização da eficiência do tratamento e o tempo de autodepuração dos rios.

Os parâmetros selecionados para análise apresentam limites estabelecidos na Resolução CONAMA n.º 357/2005, de modo que se possa observar, também, a variação com os padrões estabelecidos. Segundo a mesma Resolução no seu artigo 42, tem-se:

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente (BRASIL, 2005, p. 32).

Portanto todas as estações de amostragem são classificadas como classe 2, pois ainda não foram enquadradas pela CPRH e não possuem condições melhores que a classe. As águas doces de classe 2 são águas que podem ser destinadas para: abastecimento público, após tratamento convencional; à proteção das espécies aquáticas; à recreação de contato primário tais como natação, mergulho e esqui aquático, observando ainda a Resolução CONAMA n.º 274/2000, que trata da balneabilidade; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais a população possa entrar em contato direto; à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005).

Diante das considerações expostas foram selecionadas oito estações (Figura 19) para a verificação da variação dos parâmetros de qualidade: IP - 12, 38, 49, 55, 64, 70, 85 e 90. Os dados analisados são de fevereiro de 2003 a novembro de 2019.

Figura 19 – Estações de amostragem no rio Ipojuca, selecionadas para verificação dos parâmetros de qualidade.



Fonte: O autor, 2020.

Todos gráficos foram desenvolvidos no programa Excel da Microsoft, com o parâmetro estudado no eixo Y e datas das amostragens no eixo X, os limites estabelecidos na Resolução CONAMA n.º 357/2005 estão representados por linhas horizontais, representados nas legendas dos mesmos, se limite mínimo e/ou máximo. Alguns parâmetros têm medições iniciando em 2003 outros em 2004 pois possuíam frequência diferentes. Junto a cada gráfico foram apresentadas as quantidades de medições, a média, os menores e maiores valores alcançados, o desvio padrão, o percentual de medições que ficaram fora das especificações e uma previsão para o ano de 2020. A previsão é quantitativa, baseada nos dados dos três últimos anos e calculada pela fórmula do Excel. O cálculo é feito por probabilidade estatística utilizando séries temporais e intervalo de confiança de 95%. Foram apresentados os seus valores e a tendência porém não foram representados graficamente.

Foi realizada a identificação de *outliers* e decido, após análise em conjunto com o desvio padrão e tipo de parâmetro, pela eliminação de valores muito discrepantes. Os *outliers* são valores que se diferenciam muitos dos demais e pode ser resultados de erros ou aumento na variabilidade. Foi utilizado o método baseado na amplitude interquartil, Interquartile Range (IQR), que é a diferença entre os quartis 3 e 1 do conjunto de dados. Os quartis foram calculados pelo Excel, utilizando a fórmula do programa e estabelecidos os limites inferiores e superiores para série de dados baseados nos valores médios (LIMA, 2016).

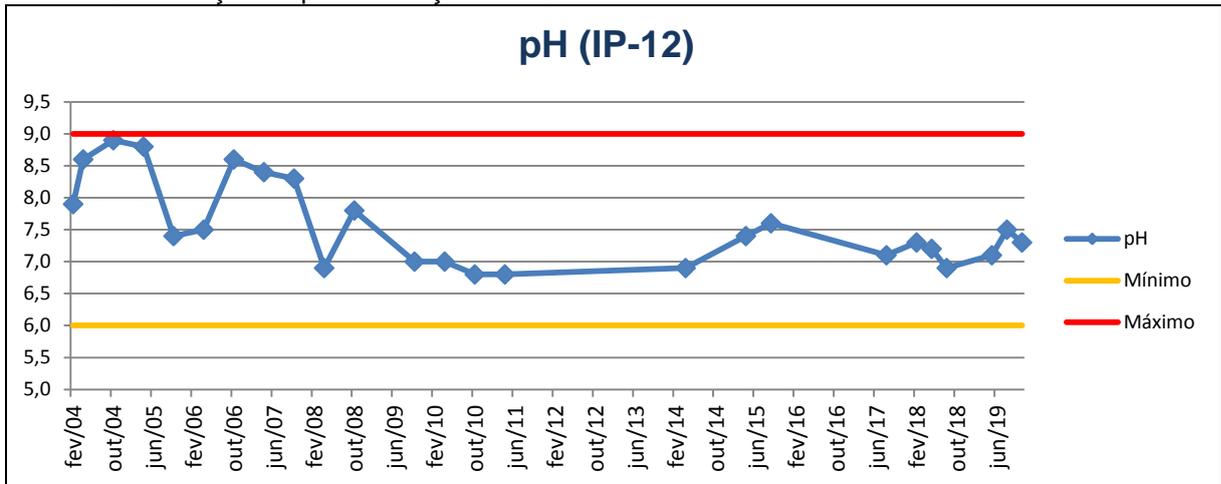
A seguir serão apresentadas as avaliações do comportamento dos parâmetros de qualidade nas estações selecionadas durante o período estudado.

O parâmetro temperatura não foi representado graficamente, pois a temperatura da água variou entre 16 a 34°C em todo o período, com valor médio de 27°C, nas estações do rio Ipojuca. Na legislação não consta valores mínimos ou máximos estipulados para esta variável, entretanto, os resultados obtidos para este parâmetro estão dentro da normalidade esperada para a região. Temperaturas mais baixas são observadas em locais de maior altitude, nas primeiras horas da manhã, como em Arcoverde e Gravatá.

4.1.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Na estação de amostragem IP - 12 foram realizadas um total de 25 medições, com valor médio 7,6; menor valor 6,8 e maior valor 8,9. Desvio padrão 0,67. Todas as medições ficaram dentro das especificações (Gráfico 2). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 7,3.

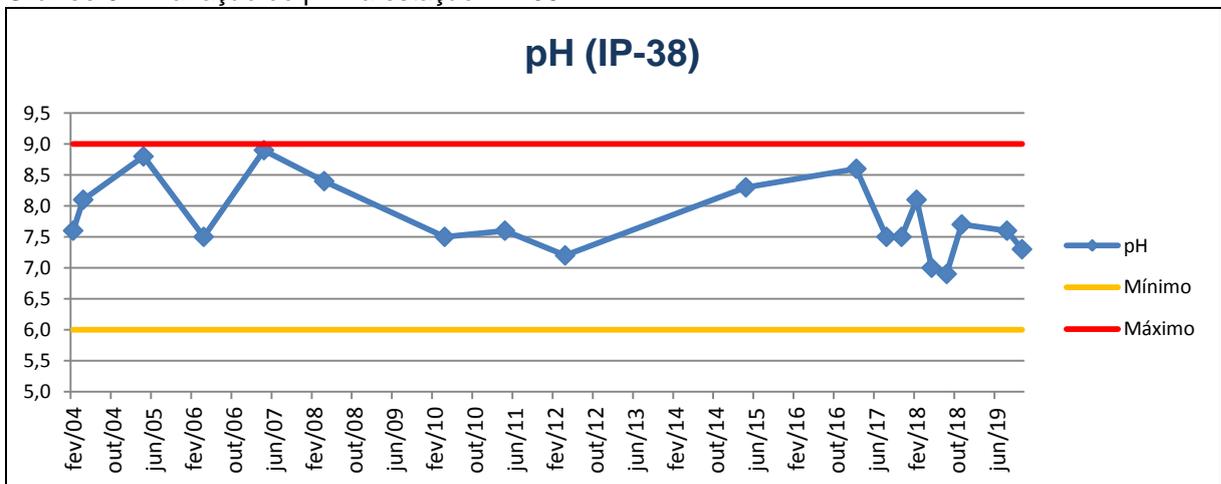
Gráfico 2 – Variação do pH na estação IP - 12



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 38 foram realizadas um total de 19 medições, com valor médio 7,8; menor valor 6,9 e maior valor 8,9. Desvio padrão 0,59. Todas as medições ficaram dentro das especificações (Gráfico 3). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 7,0.

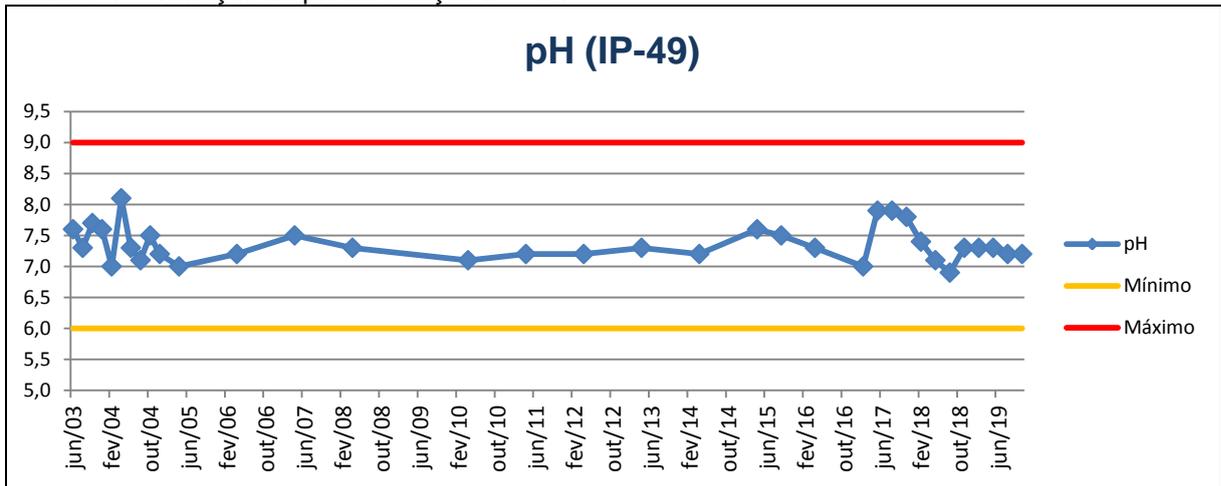
Gráfico 3 – Variação do pH na estação IP - 38.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 49 foram realizadas um total de 34 medições, com valor médio 7,4; menor valor 6,9 e maior valor 8,1. Desvio padrão 0,29. Todas as medições ficaram dentro das especificações (Gráfico 4). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 7,0.

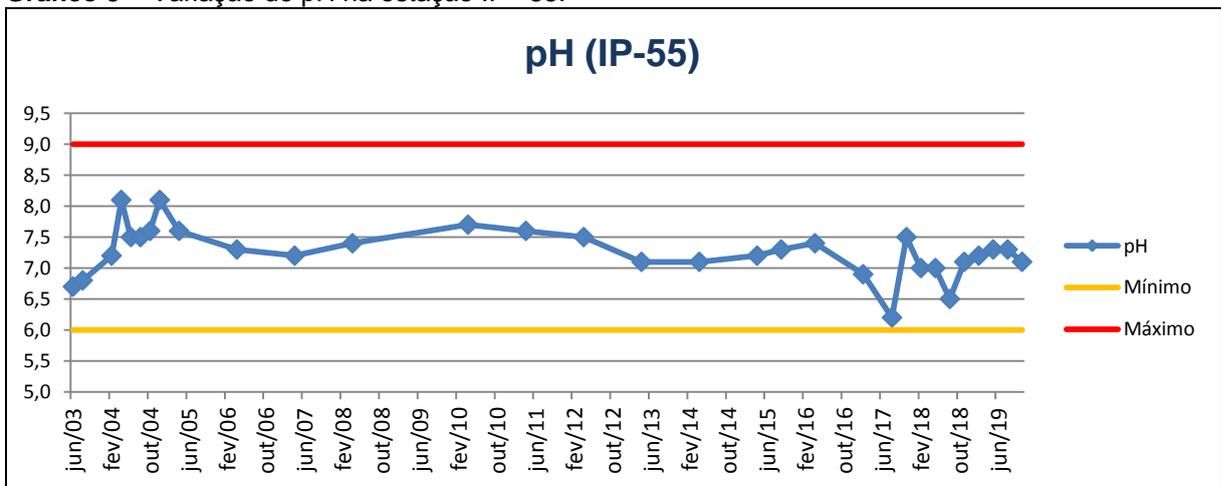
Gráfico 4 – Variação do pH na estação IP - 49.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 55 foram realizadas um total de 32 medições, com valor médio 7,2; menor valor 6,2 e maior valor 8,1. Desvio padrão 0,41. Todas as medições ficaram dentro das especificações (Gráfico 5). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 7,5.

Gráfico 5 – Variação do pH na estação IP - 55.

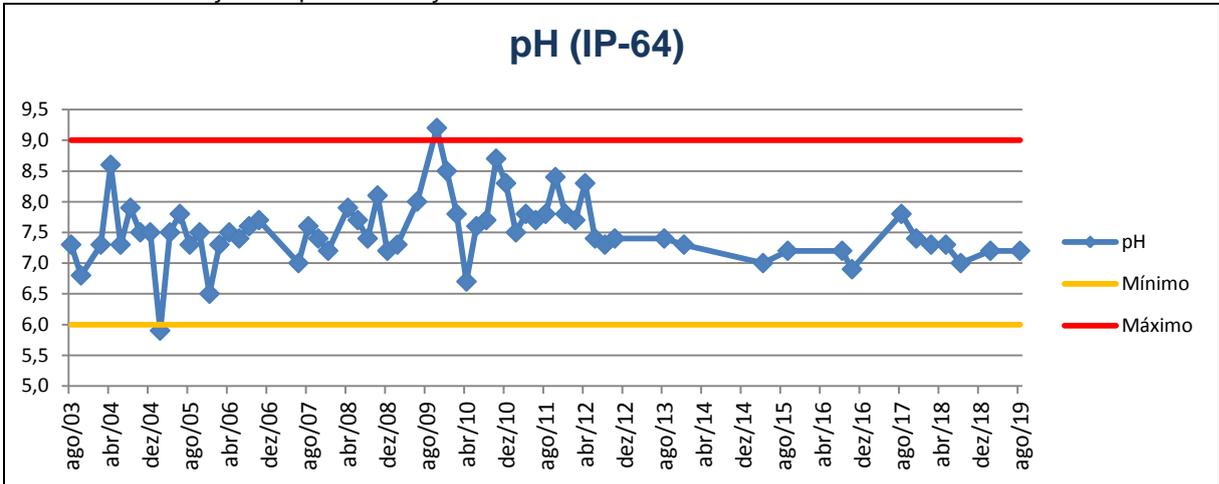


Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 64 foram realizadas um total de 62 medições,

com valor médio 7,5; menor valor 5,9 e maior valor 9,2. Desvio padrão 0,53. Medições que ficaram fora das especificações 3,3% (Gráfico 6). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 6,9.

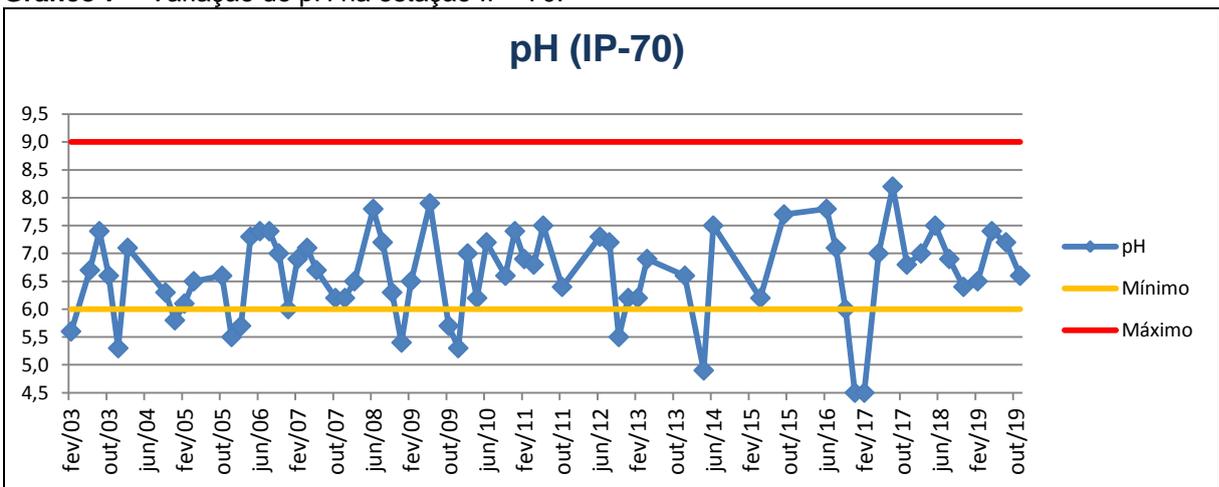
Gráfico 6 – Variação do pH na estação IP - 64.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 70 foram realizadas um total de 68 medições, com valor médio 6,6; menor valor 4,5 e maior valor 8,2. Desvio padrão 0,80. Medições que ficaram fora das especificações 17,6% (Gráfico 7). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 7,0.

Gráfico 7 – Variação do pH na estação IP - 70.

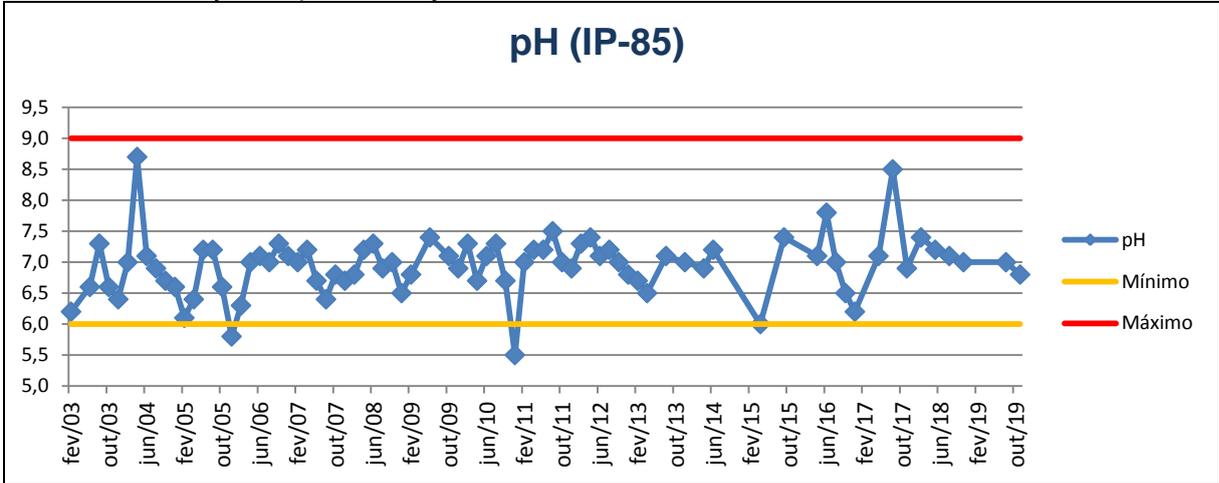


Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 85 foram realizadas um total de 79 medições, com valor médio 6,9; menor valor 5,5 e maior valor 8,7. Desvio padrão 0,48.

Medições que ficaram fora das especificações 2,5% (Gráfico 8). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 7,0.

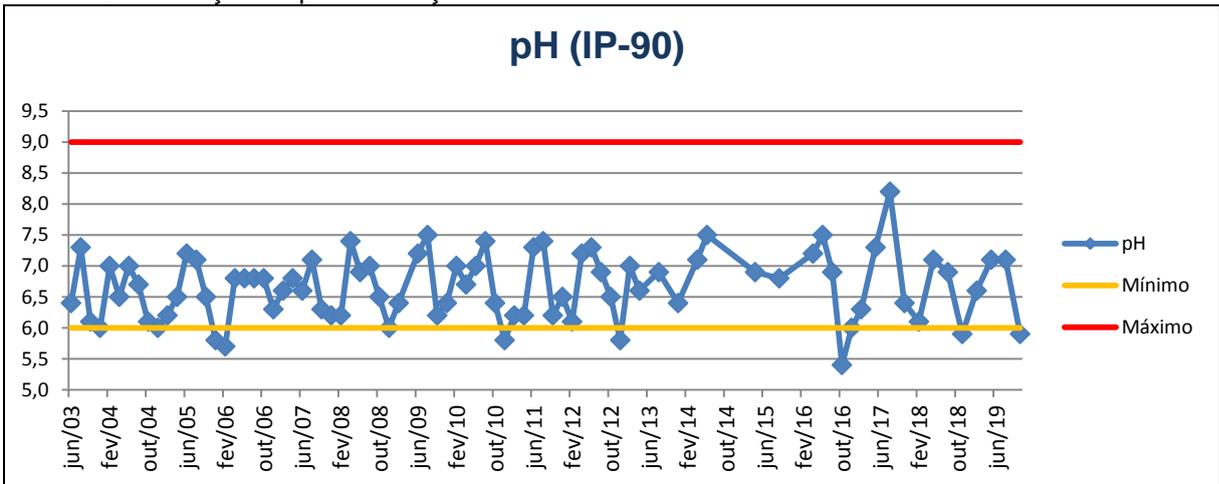
Gráfico 8 – Variação do pH na estação IP - 85.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 90 foram realizadas um total de 82 medições, com valor médio 6,7; menor valor 5,4 e maior valor 8,2. Desvio padrão 0,53. Medições que ficaram fora das especificações 8,5% (Gráfico 9). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de elevação no primeiro semestre com valores próximos a 7,5 e leve baixa no segundo semestre para valores próximos a 6,0.

Gráfico 9 – Variação do pH na estação IP - 90.



Fonte: O autor, 2020.

O pH teve uma grande variação nas estações monitoradas, mas a maioria das medições se manteve dentro das especificações do CONAMA n.º 357/2005, de 6,0 a

9,0 (BRASIL, 2005). Nas estações iniciais, trecho intermitente do rio, a variação do pH ocorreu com valores mais elevados. A descontinuidade do rio forma, em seu leito, pequenos lagos que acumulam efluentes e provocam maior variação dos parâmetros de qualidade.

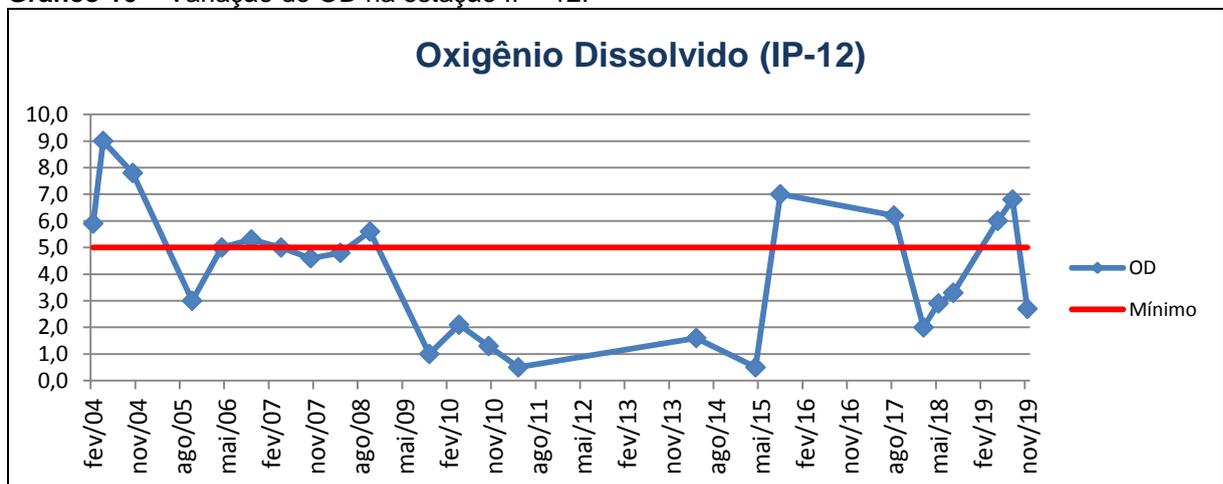
As estações iniciais, da IP - 12 a IP - 55 ficaram com todas as medições dentro das especificações. A estação que mais apresentou resultados insatisfatórios foi a IP - 70, com 17,6% das medições fora dos limites estabelecidos no período. A estação de amostragem IP - 38 fica a montante da cidade de São Caetano e está a menos de 20 km de distância da ETE Tacaimbó, única obra concluída do Programa em 2018. As cinco últimas medições nessa estação, de 2018 e 2019, mostram uma discreta diminuição da variação, de 6,9 a 7,7, comparada a períodos anteriores.

Em geral observa-se uma discreta diminuição da variação nos últimos dois anos, em todos os gráficos, não podendo ser atribuída melhoria da qualidade da água por este parâmetro isoladamente, nem melhorias relativas ao Programa PSA Ipojuca, pois as oscilações gerais relativas a 2019 são notadamente semelhantes às de anos anteriores.

4.1.2 Oxigênio dissolvido (OD)

Na estação de amostragem IP - 12 foram realizadas um total de 24 medições, com valor médio 4,2; menor valor 0,5 e maior valor 9,0. Desvio padrão 2,41. Medições que ficaram fora das especificações 54,2% (Gráfico 10). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 3,5.

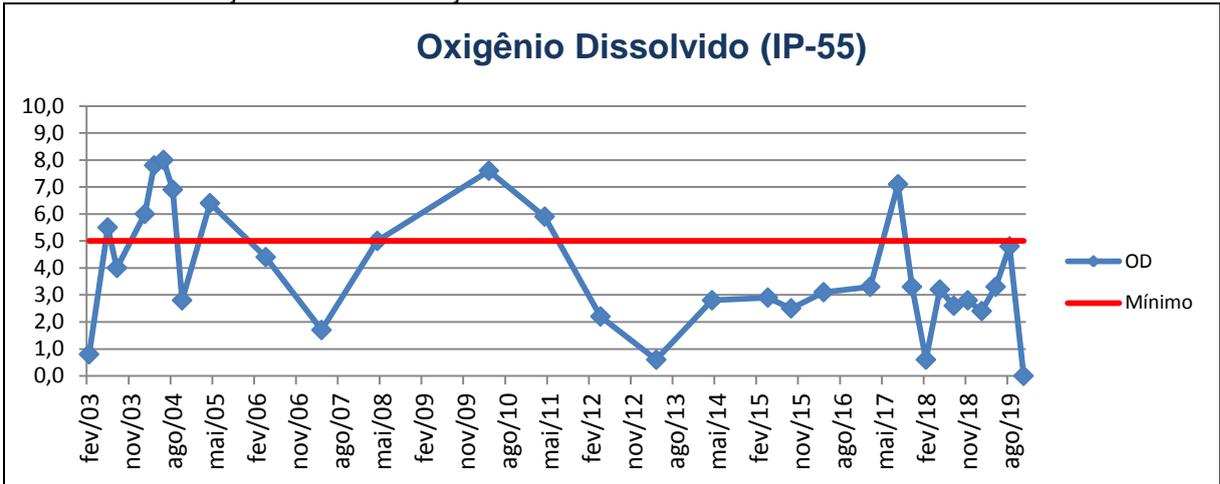
Gráfico 10 – Variação do OD na estação IP - 12.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 55 foram realizadas um total de 31 medições, com valor médio 3,9; menor valor 0,0 e maior valor 8,0. Desvio padrão 2,25. Medições que ficaram fora das especificações 67,7% (Gráfico 13). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de elevação no primeiro semestre com valores próximos a 3,0 e baixa no segundo semestre para valores próximos a 0,0.

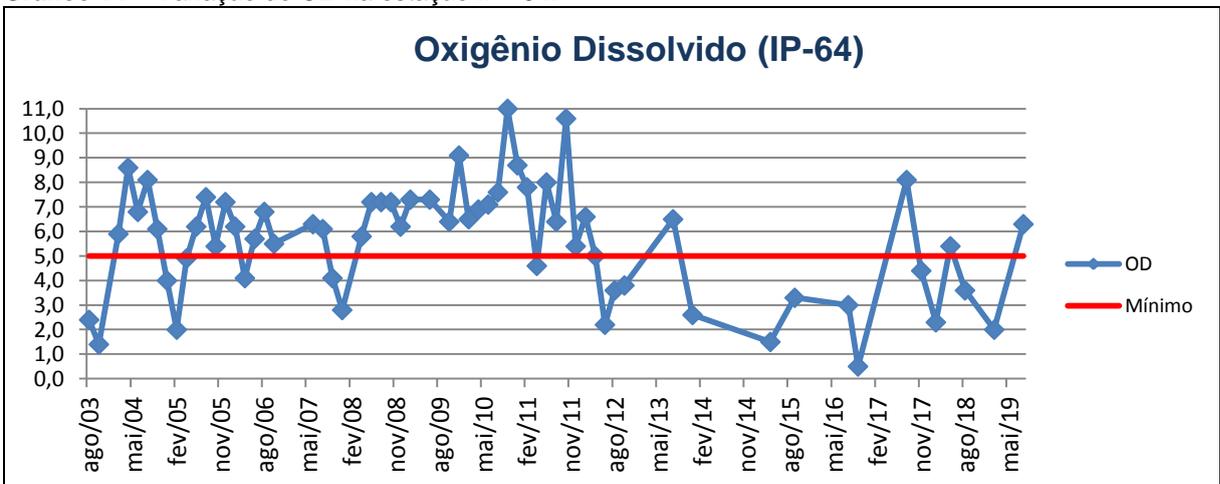
Gráfico 13 – Variação do OD na estação IP - 55.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 64 foram realizadas um total de 62 medições, com valor médio 5,6; menor valor 0,5 e maior valor 11,0. Desvio padrão 2,27. Medições que ficaram fora das especificações 33,9% (Gráfico 14). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 5,0.

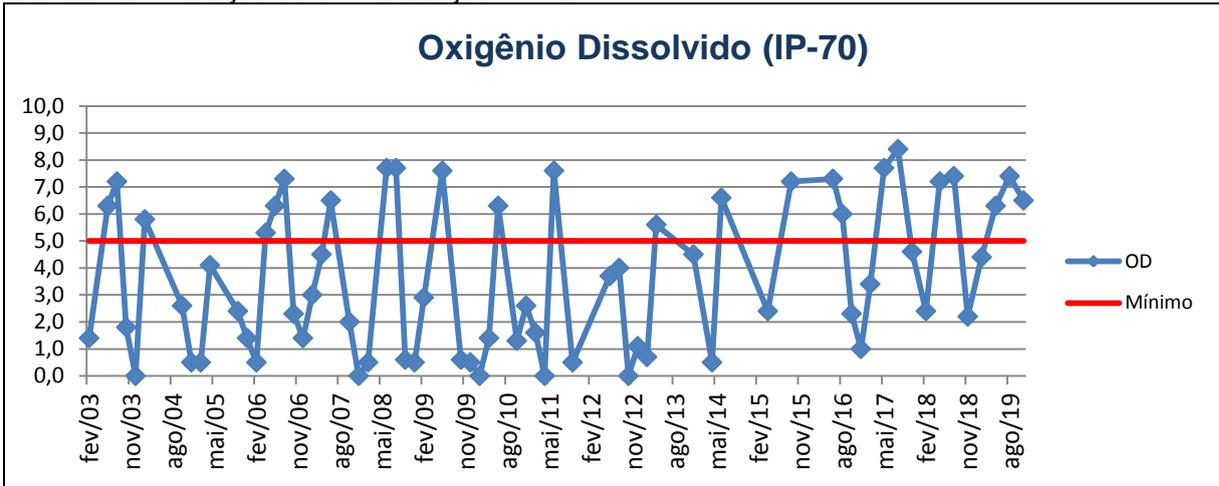
Gráfico 14 – Variação do OD na estação IP - 64.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 70 foram realizadas um total de 68 medições, com valor médio 3,6; menor valor 0,0 e maior valor 8,4. Desvio padrão 2,74. Medições que ficaram fora das especificações 64,7% (Gráfico 15). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de elevação no primeiro semestre com valores próximos a 8,0 e baixa no segundo semestre para valores próximos a 4,0.

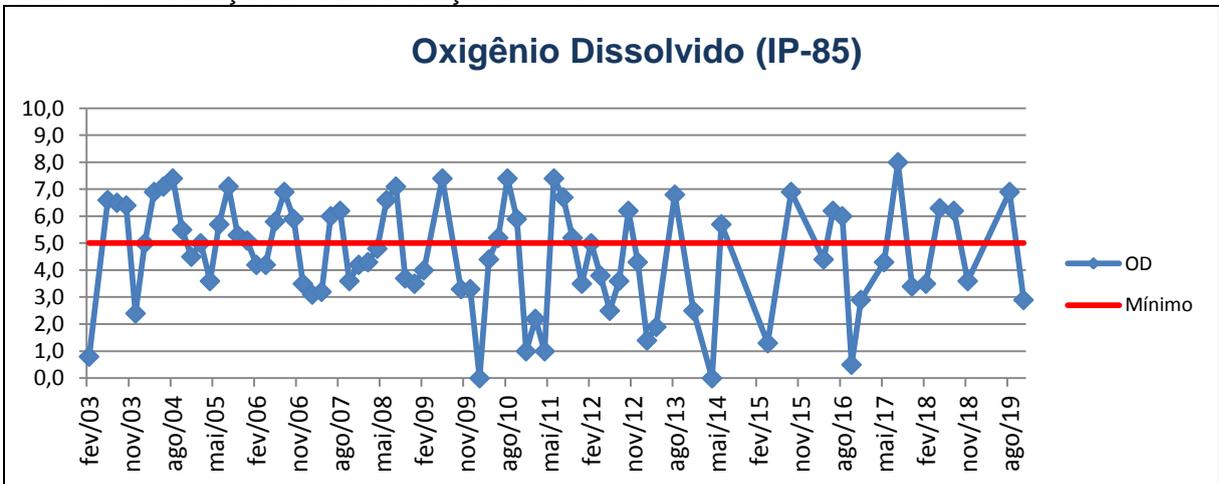
Gráfico 15 – Variação do OD na estação IP - 70.



Fonte: O autor, 2020.

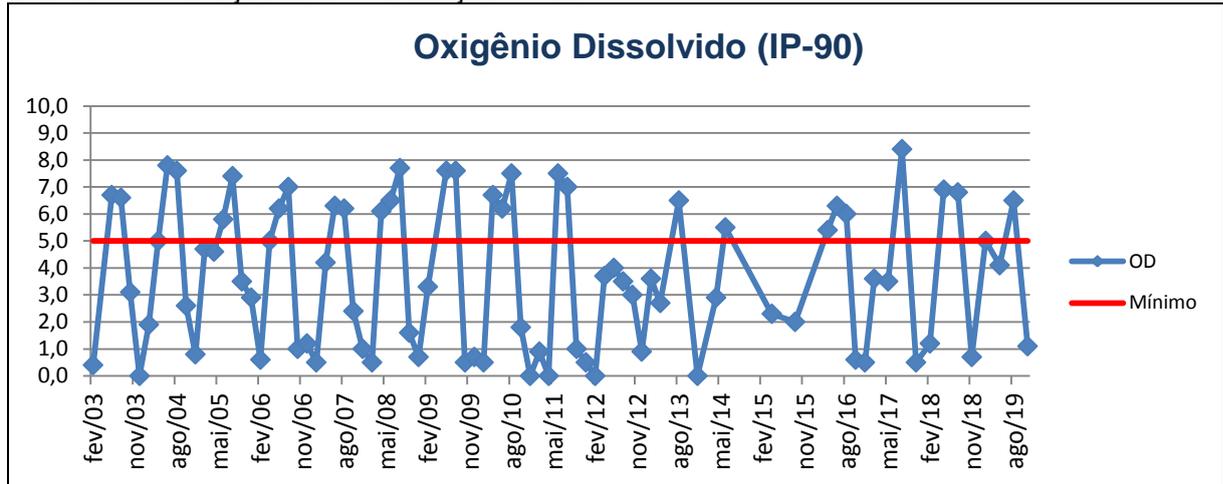
Na estação de amostragem IP - 85 foram realizadas um total de 79 medições, com valor médio 4,6; menor valor 0,0 e maior valor 8,0. Desvio padrão 1,99. Medições que ficaram fora das especificações 51,9% (Gráfico 16). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de elevação no primeiro semestre com valores próximos a 8,0 e baixa no segundo semestre para valores próximos a 4,0.

Gráfico 16 – Variação do OD na estação IP - 85.



Na estação de amostragem IP - 90 foram realizadas um total de 83 medições, com valor médio 3,7; menor valor 0,0 e maior valor 8,4. Desvio padrão 2,66. Medições que ficaram fora das especificações 60,2% (Gráfico 17). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de elevação no primeiro semestre com valores próximos a 7,5 e baixa no segundo semestre para valores próximos a 2,0.

Gráfico 17 – Variação do OD na estação IP - 90.



Fonte: O autor, 2020.

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros mais significativos utilizados no controle dos níveis de poluição nas águas, pois a baixa concentração de oxigênio dissolvido acusa a presença de material orgânico e consequentemente, fontes de poluição domésticas ou industriais.

Para os rios de classe 2 é estabelecido na Resolução CONAMA n.º 357/2005, o limite mínimo de 5,0 mg/L para as águas doces (BRASIL, 2005). Avaliando as variações de oxigênio dissolvido nos gráficos, nota-se a grande variação no rio Ipojuca e que por várias vezes se encontra abaixo do limite mínimo para um rio de classe 2, chegando a 0,0. É um dado muito preocupante pois compromete toda a biota aquática.

O PSA Ipojuca esperava observar melhorias das concentrações do oxigênio dissolvido a jusante de Caruaru e em Gravatá para valores de 3,0 mg/L, valor estabelecido para classe 4 segundo a mesma Resolução. Porém em Caruaru, IP - 49, o valor ficou próximo a zero com média 0,9 mg/L. Os valores de oxigênio dissolvido nesta estação são críticos desde de 2011, sendo a estação com os piores resultados entre todas as monitoradas, com 97,1% das medições fora dos padrões estabelecidos e a previsão para 2020 aponta a permanência desta situação. Em

Gravatá, IP - 55, a média foi de 3,9 mg/L; nesta estação vinha sendo observada uma discreta melhora, no entanto houve uma queda brusca na última medição anual, chegando novamente a concentrações próximas de zero e ficando com 67,7% das medições abaixo do limite mínimo estabelecido. A previsão para esta estação em 2020 foi de leve melhora no primeiro semestre, seguida novamente por valores próximos a 0,0 até o final do ano.

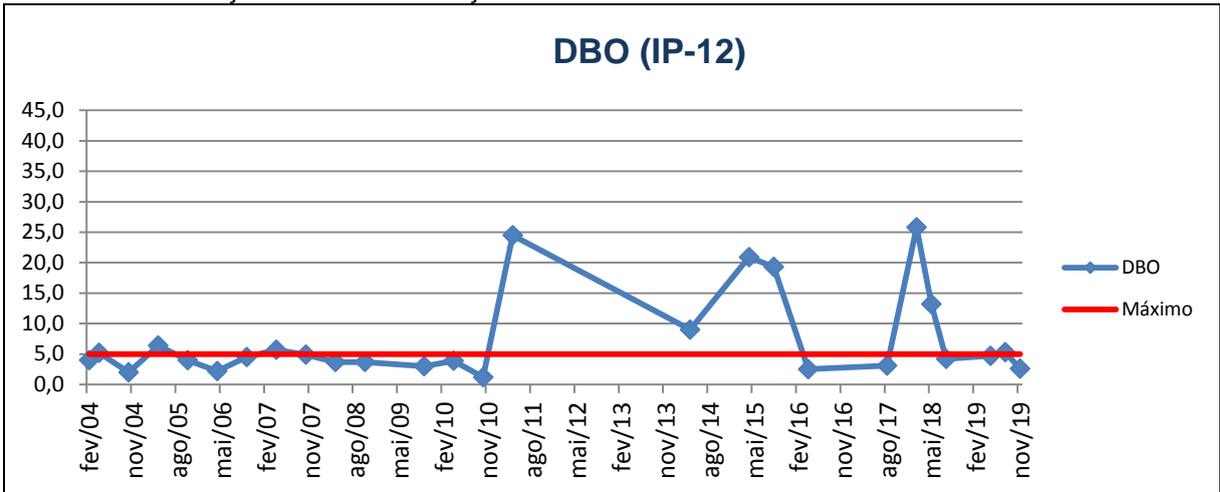
Em geral não se observa melhorias nas outras estações, inclusive houve queda deste parâmetro na maioria das medições feitas em 2019. Na estação IP - 38, que fica a jusante da obra concluída, em quatro medições ocorreu ligeira estabilização, seguida de uma queda e as previsões para 2020 ainda não são boas, mas são dados insuficientes para determinar uma melhora relativa ao Programa.

Outro dado importante deste parâmetro é que as melhores medições, superiores a 5,0 mg/L, coincidiram com períodos chuvosos, cruzando dados do monitoramento pluviométrico da APAC com os meses de amostragem dos rios. Em 2019, cerca de 64% das medições acima de 5,0 mg/L ocorreram em períodos chuvosos, meses com precipitação acumulada acima de 100mm (APAC, 2020b). As chuvas aumentam o volume de água dos rios, aumentam a vazão e aumentam a oxigenação tanto pela chegada de uma quantidade de água mais limpa e com maior concentração de oxigênio, como pelo impacto com a superfície do rios, provocando uma turbulência e melhorando os níveis de oxigênio. A diminuição da temperatura em dias chuvosos também proporciona uma melhor solubilidade do oxigênio, pois águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio (SPERLING, 2014; CETESB, 2018).

4.1.3 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Na estação de amostragem IP - 12 foram realizadas um total de 26 medições, com valor médio 7,3; menor valor 2,0 e maior valor 25,8. Medições que ficaram fora das especificações 38,5% (Gráfico 18). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve baixa e estabilização com valores próximos a 0,0.

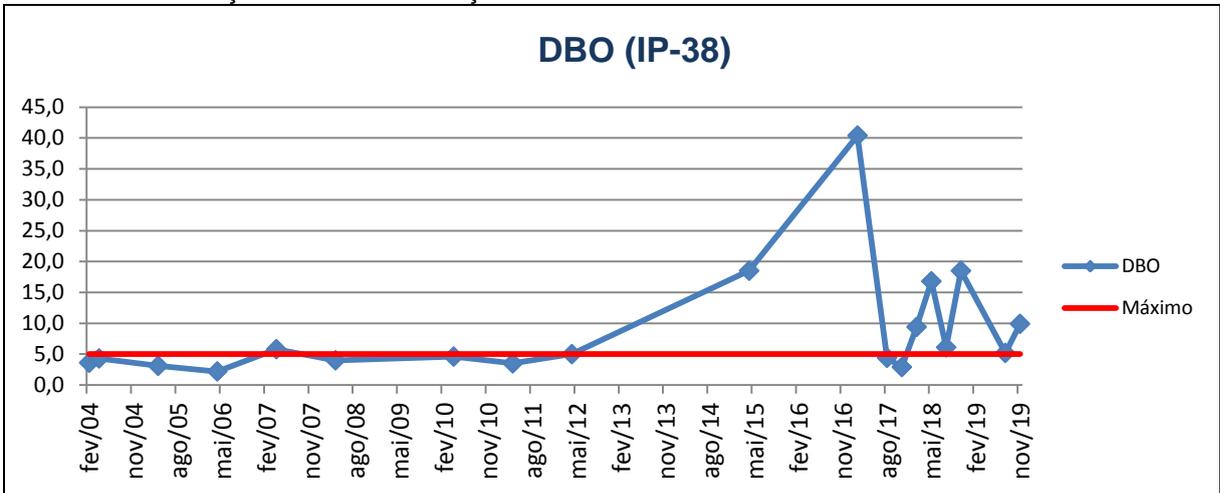
Gráfico 18 – Variação da DBO na estação IP - 12.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 38 foram realizadas um total de 19 medições, com valor médio 8,9; menor valor 2,2 e maior valor 40,4. Medições que ficaram fora das especificações 47,4% (Gráfico 19). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve baixa e estabilização com valores próximos a 5,0.

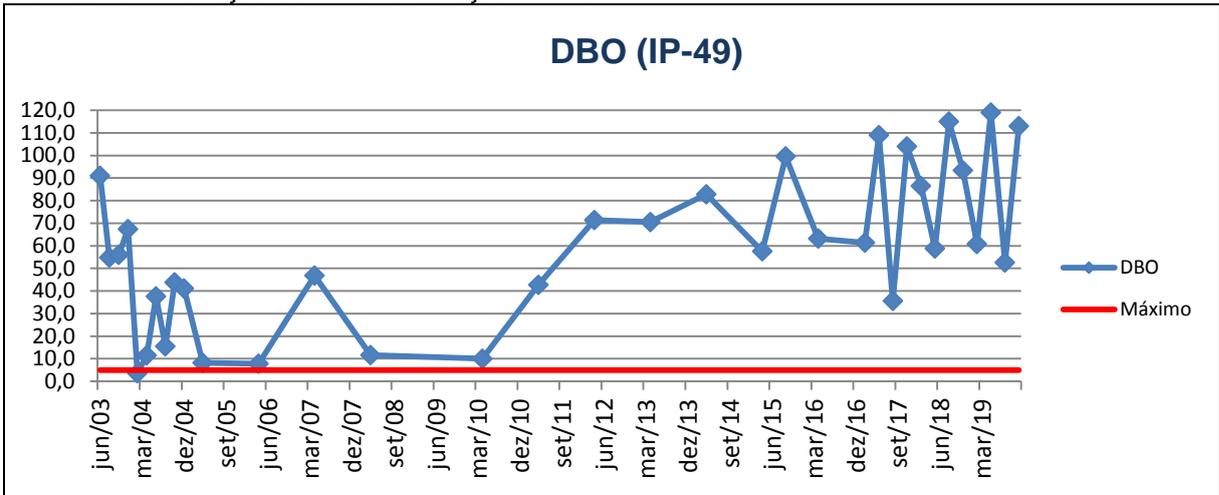
Gráfico 19 – Variação da DBO na estação IP - 38.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 49 foram realizadas um total de 34 medições, com valor médio 58,9; menor valor 3,6 e maior valor 119,0. Medições que ficaram fora das especificações 97,1% (Gráfico 20). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 100,0.

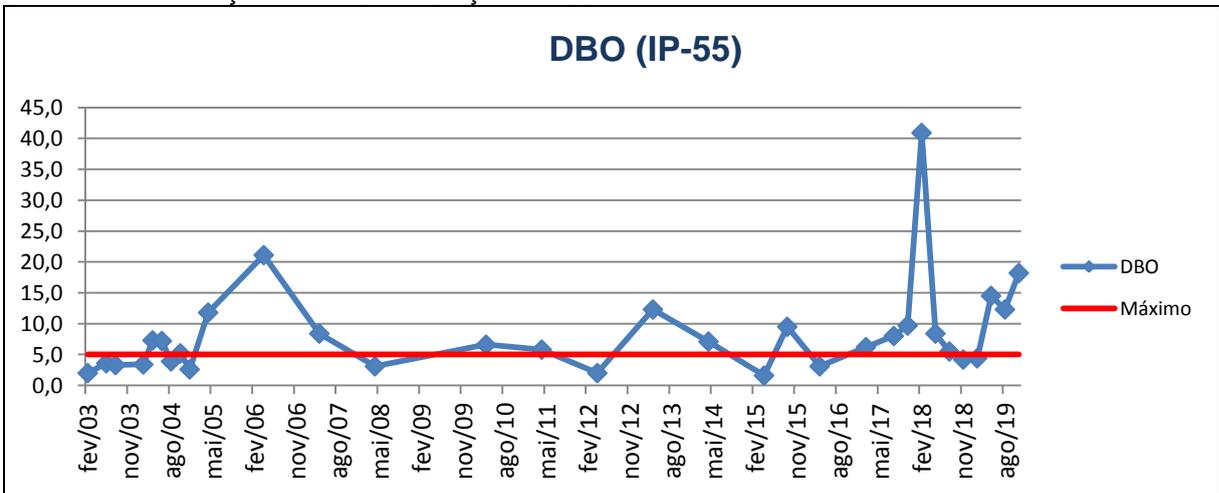
Gráfico 20 – Variação da DBO na estação IP - 49.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 55 foram realizadas um total de 32 medições, com valor médio 8,2; menor valor 2,0 e maior valor 40,9. Medições que ficaram fora das especificações 62,5% (Gráfico 21). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 10,0.

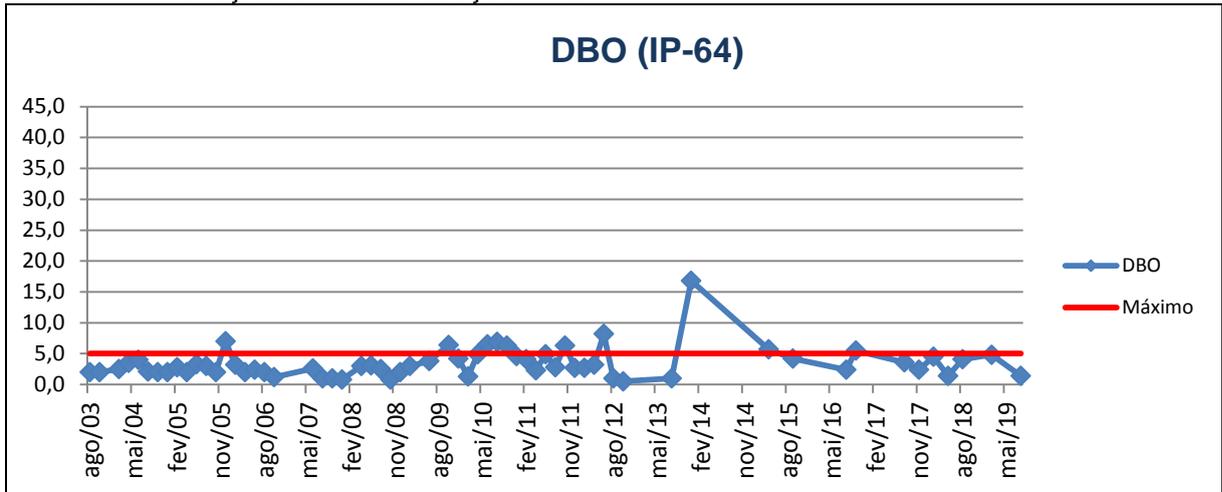
Gráfico 21 – Variação da DBO na estação IP - 55.



Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 64 foram realizadas um total de 62 medições, com valor médio 3,4; menor valor 0,5 e maior valor 16,8. Medições que ficaram fora das especificações 16,1% (Gráfico 22). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve elevação e estabilização com valores próximos a 3,0.

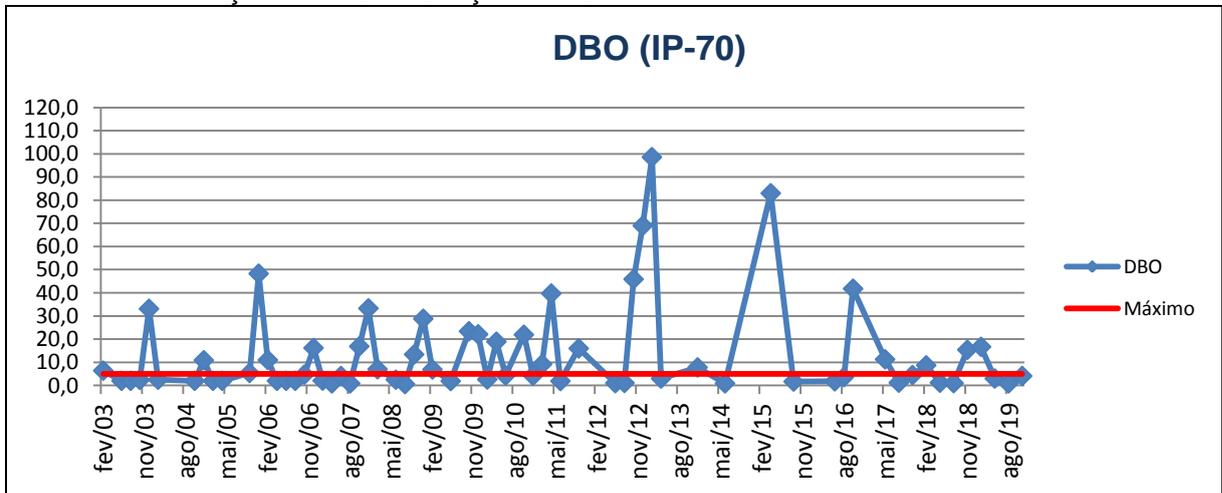
Gráfico 22 – Variação da DBO na estação IP - 64.



Fonte: O autor, 2020.

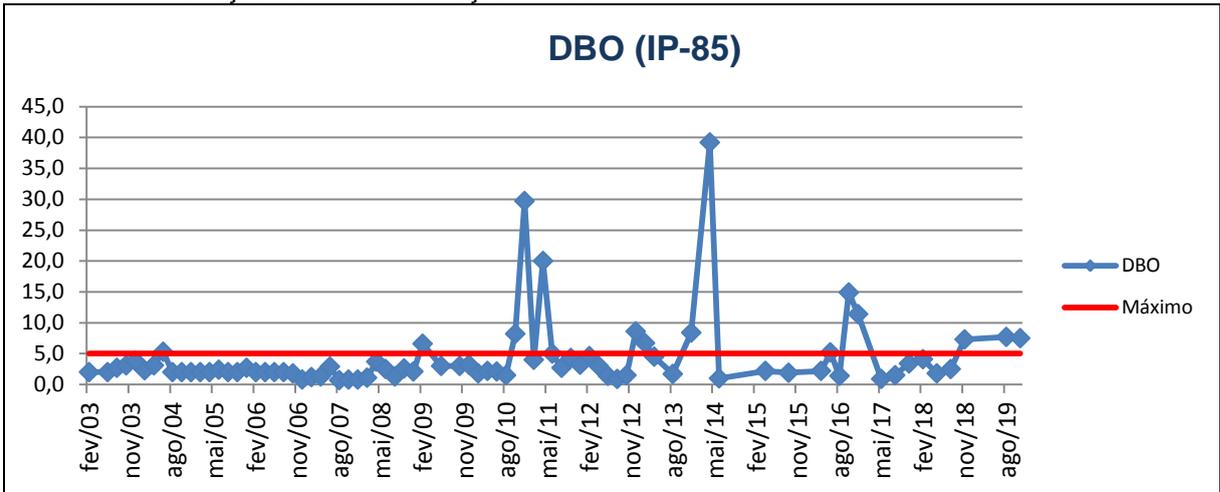
Na estação de amostragem IP - 70 foram realizadas um total de 66 medições, com valor médio 13,2; menor valor 0,6 e maior valor 98,6. Medições que ficaram fora das especificações 45,5% (Gráfico 23). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 0,0.

Gráfico 23 – Variação da DBO na estação IP - 70.



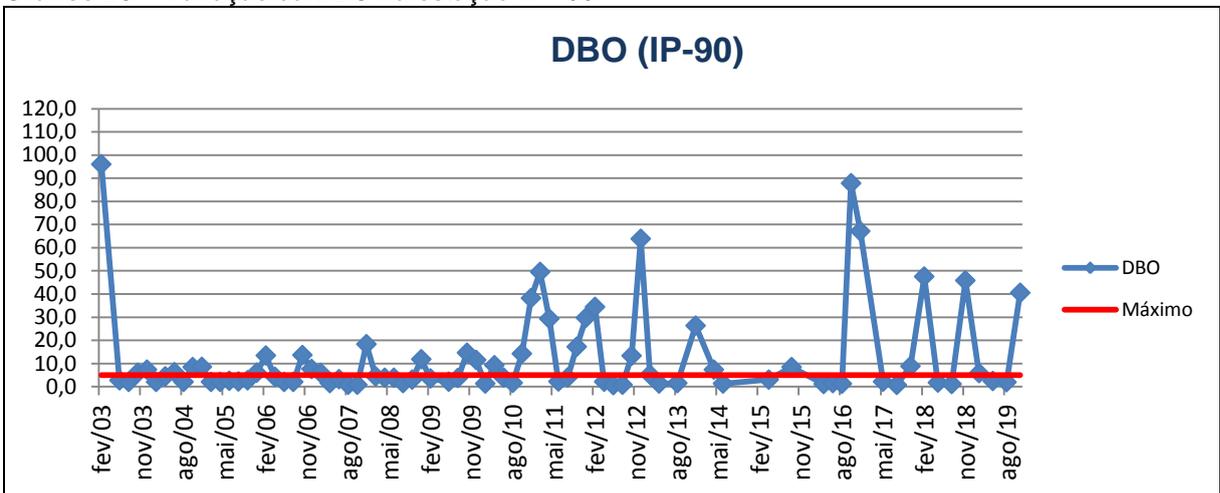
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 85 foram realizadas um total de 79 medições, com valor médio 4,2; menor valor 0,7 e maior valor 39,2. Medições que ficaram fora das especificações 19,0% (Gráfico 24). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 7,5.

Gráfico 24 – Variação da DBO na estação IP - 85.

Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 90 foram realizadas um total de 82 medições, com valor médio 12,0; menor valor 0,6 e maior valor 96,0. Medições que ficaram fora das especificações 42,7% (Gráfico 25). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de baixa no primeiro semestre com valores próximos a 0,0 e elevação no segundo semestre para valores próximos a 30,0.

Gráfico 25 – Variação da DBO na estação IP - 90.

Fonte: O autor, 2020.

Para os rios de classe 2 é estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, para DBO 5 dias a 20°C o limite máximo de 5,0 mg/L para as águas doces (BRASIL, 2005). Avaliando-se as variações da DBO nos gráficos, observa-se o comprometimento do rio Ipojuca, que por várias vezes se encontra acima do limite máximo permitido. Devido a variação da DBO ser muito acentuada, devido à quantidade de efluentes lançados, sem tratamento, em períodos secos e chuvosos,

os desvios padrões não foram apresentados.

O aumento da DBO nos rios são consequência de despejos de origem predominantemente orgânica, como esgotos sanitários ou resíduos da agroindústria. A Resolução CONAMA n.º 430/2011 estabelece que os efluentes sejam tratados com remoção mínima de 60% da DBO, para que possam ser lançados nos corpos d'água. A mesma Resolução ainda prevê que este limite mínimo poderá ser reduzido no caso de realização de um estudo comprovando a autodepuração do corpo hídrico (BRASIL, 2011).

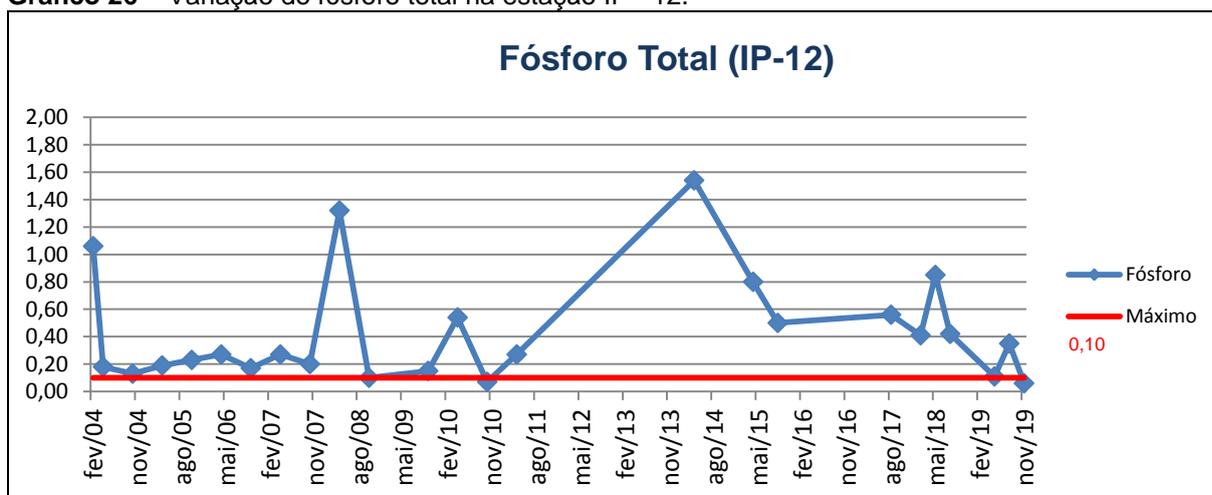
A estação mais comprometida foi a IP - 49, a jusante de Caruaru, com 97,1% das medições fora do limite estabelecido, com média de 58,9 mg/L, valor maior cerca de 1000% do limite permitido e a previsão para 2020 aponta para permanência de altos valores. A estação com maioria dos resultados dentro dos limites esperados foi a IP - 64 com apenas 16,1% das medições acima do limite estabelecido.

As chuvas também interferem na DBO, pois o maior volume de água dilui a quantidade da matéria orgânica. Em 2019, comparando com dados do monitoramento pluviométrico da APAC com os meses de amostragem dos rios, cerca de 50% das medições abaixo de 5mg/L correspondem com períodos chuvosos (APAC, 2020b).

Novamente não foi possível visualizar melhoras na qualidade da água do rio devido às ações do PSA Ipojuca, relativas a este parâmetro, inclusive no IP - 38 com as cinco últimas medições variando acima do limite, mas com previsão de estabilidade próximo ao limite em 2020. Quase todos os gráficos tiveram elevação nos níveis de DBO nas últimas medições e se mantiveram com variações semelhantes a de períodos anteriores.

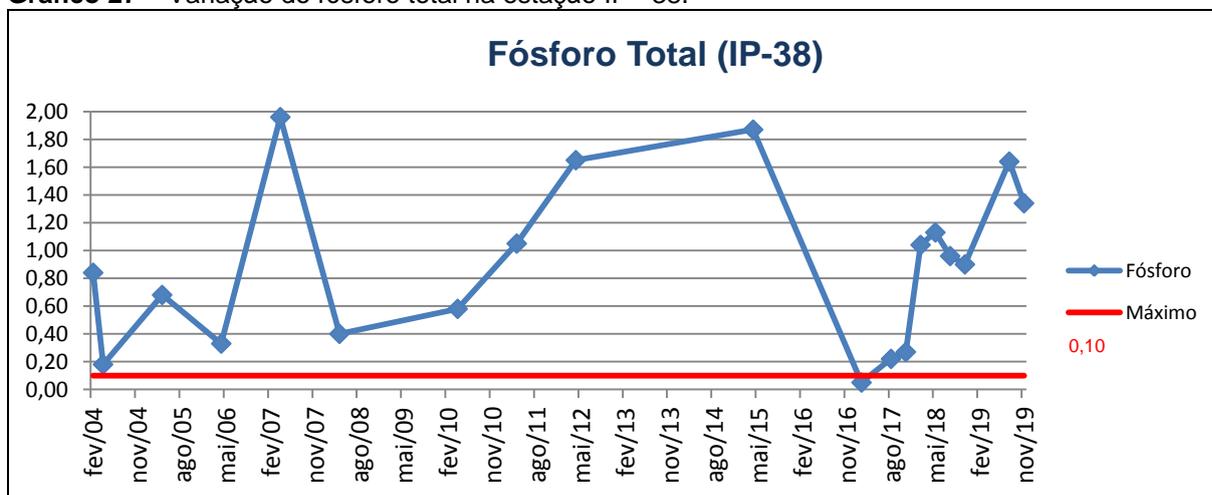
4.1.4 Fósforo total

Na estação de amostragem IP - 12 foram realizadas um total de 25 medições, com valor médio 0,43; menor valor 0,06 e maior valor 1,54. Desvio padrão 0,40. Medições que ficaram fora das especificações 88,0% (Gráfico 26). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve baixa para valores próximos a 0,00.

Gráfico 26 – Variação do fósforo total na estação IP - 12.

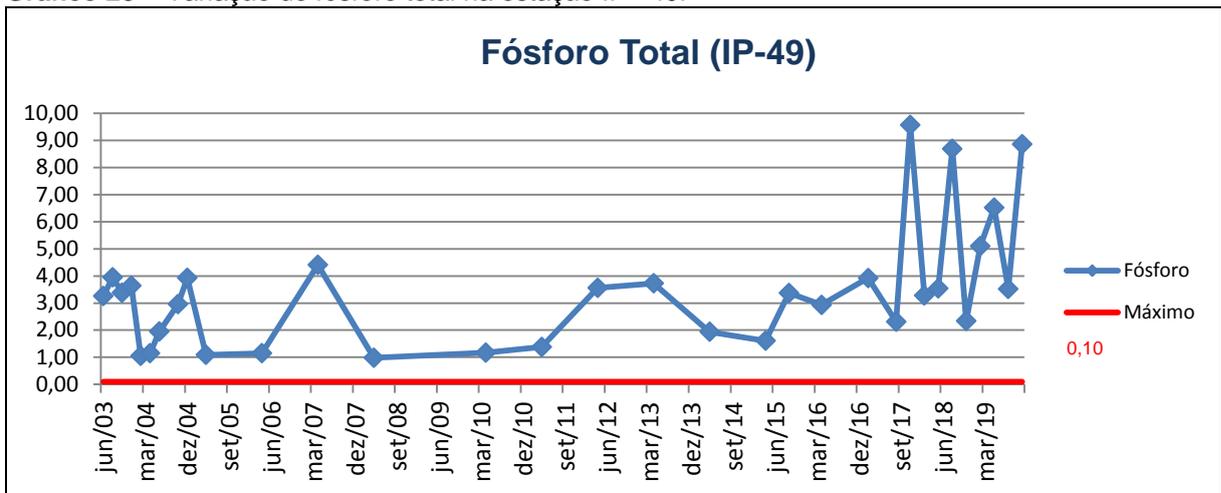
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 38 foram realizadas um total de 19 medições, com valor médio 0,90; menor valor 0,05 e maior valor 1,96. Desvio padrão 0,59. Medições que ficaram fora das especificações 94,7% (Gráfico 27). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de elevação para valores próximos a 2,00.

Gráfico 27 – Variação do fósforo total na estação IP - 38.

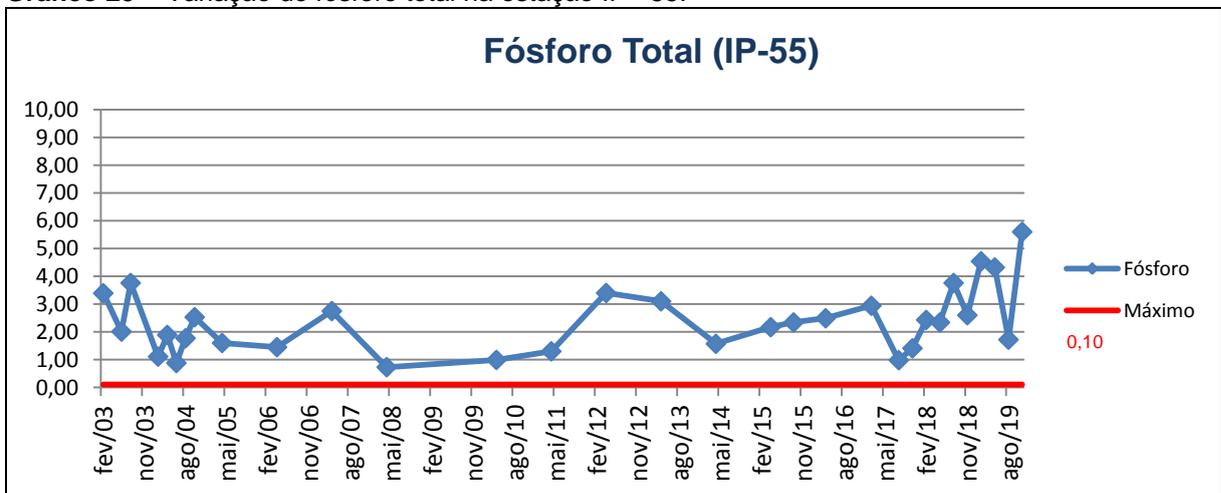
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 49 foram realizadas um total de 32 medições, com valor médio 3,45; menor valor 0,98 e maior valor 9,57. Desvio padrão 2,25. Todas as medições que ficaram fora das especificações (Gráfico 28). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de baixa no primeiro semestre com valores próximos a 7,0 e elevação no segundo semestre para valores próximos a 10,00.

Gráfico 28 – Variação do fósforo total na estação IP - 49.

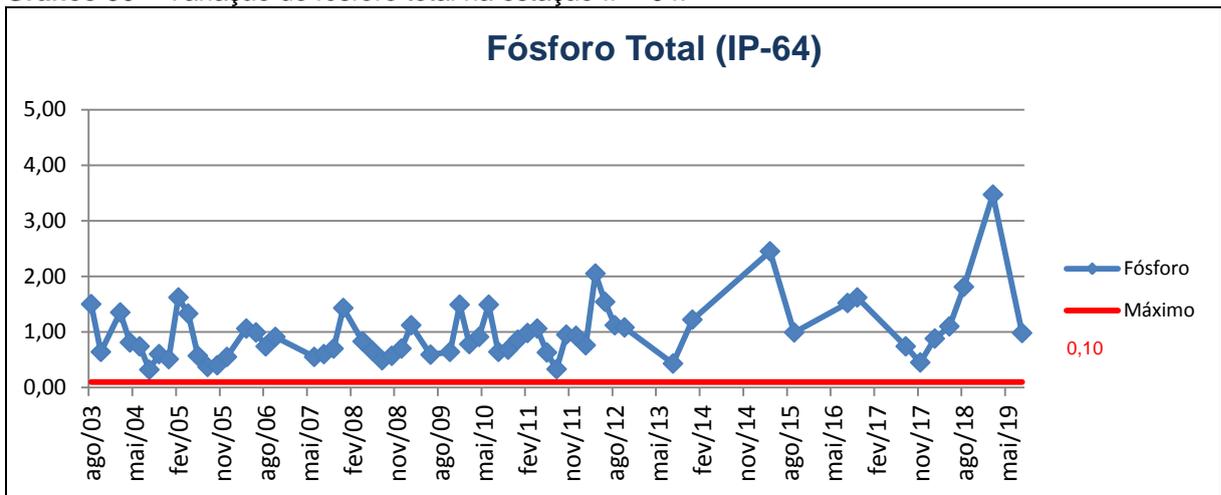
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 55 foram realizadas um total de 31 medições, com valor médio 2,38; menor valor 0,73 e maior valor 5,60. Desvio padrão 1,18. Todas as medições que ficaram fora das especificações (Gráfico 29). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 5,00.

Gráfico 29 – Variação do fósforo total na estação IP - 55.

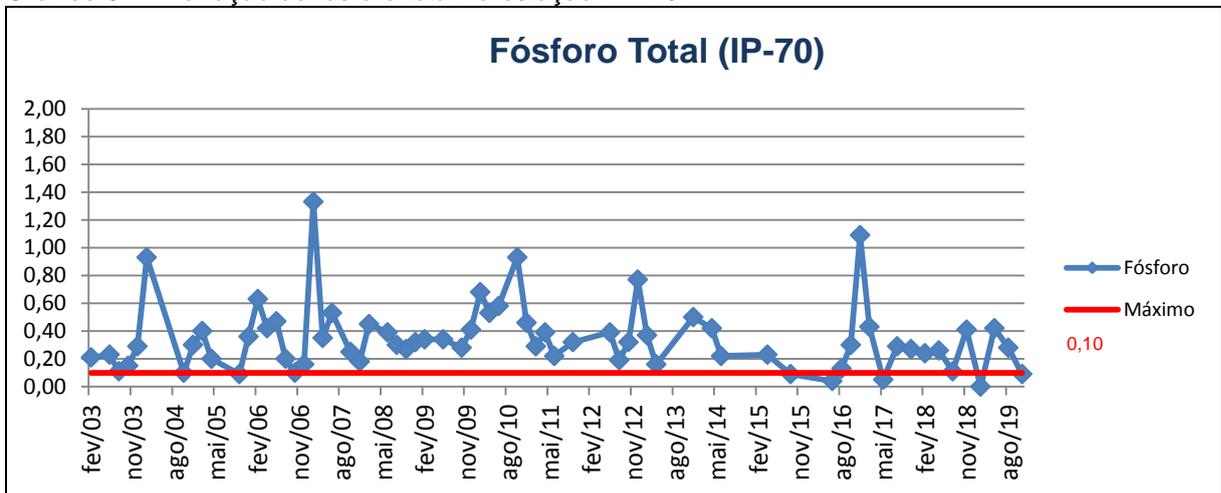
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 64 foram realizadas um total de 61 medições, com valor médio 0,98; menor valor 0,32 e maior valor 3,47. Desvio padrão 0,55. Todas as medições que ficaram fora das especificações (Gráfico 30). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de elevação para valores próximos a 1,80.

Gráfico 30 – Variação do fósforo total na estação IP - 64.

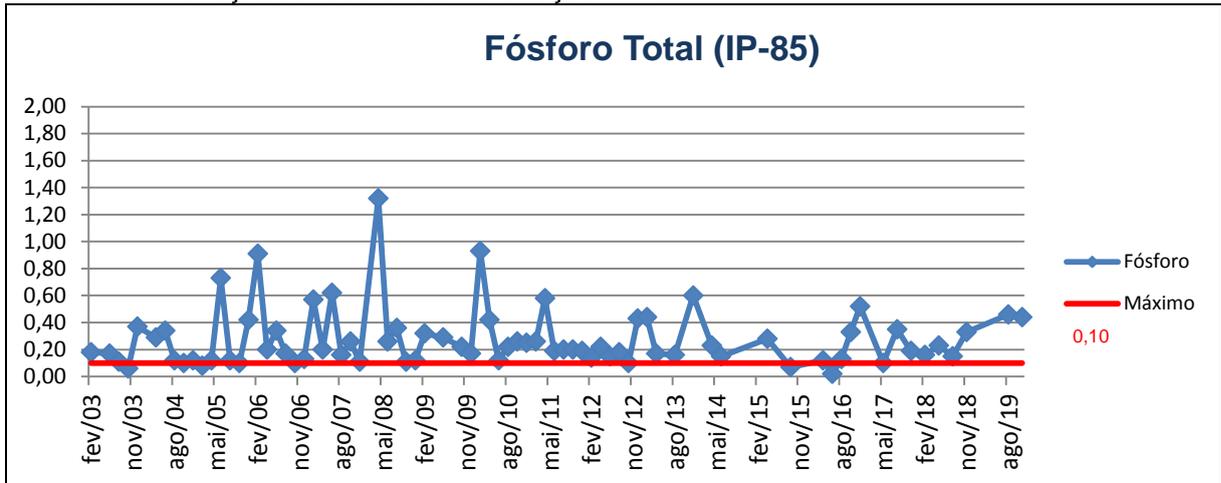
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 70 foram realizadas um total de 68 medições, com valor médio 0,35; menor valor 0,00 e maior valor 1,33. Desvio padrão 0,24. Medições que ficaram fora das especificações 88,2% (Gráfico 31). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve elevação e estabilização com valores próximos a 0,20.

Gráfico 31 – Variação do fósforo total na estação IP - 70.

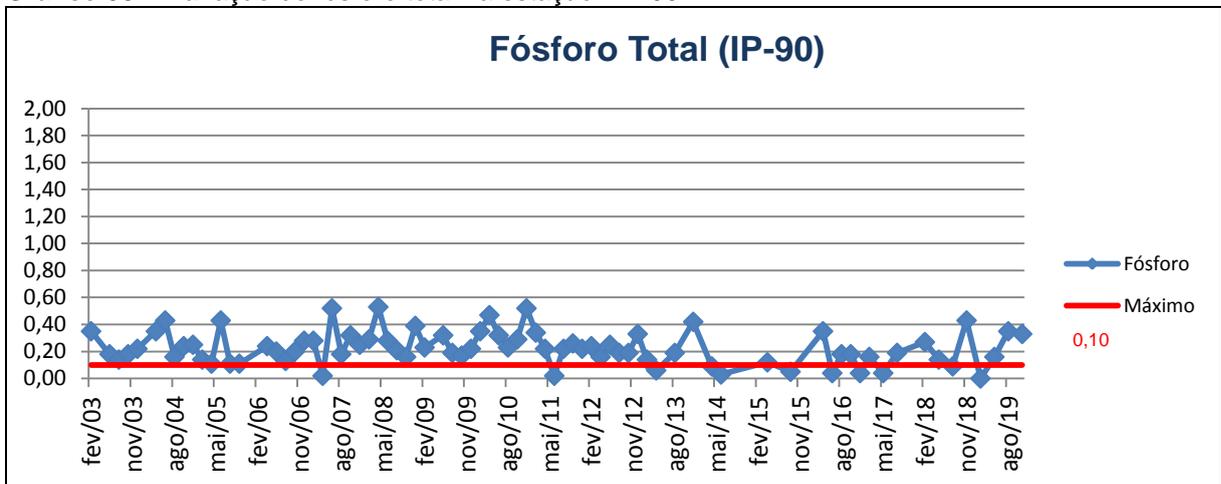
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 85 foram realizadas um total de 77 medições, com valor médio 0,27; menor valor 0,02 e maior valor 1,32. Desvio padrão 0,22. Medições que ficaram fora das especificações 89,6% (Gráfico 32). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve elevação e estabilização para valores próximos a 0,45.

Gráfico 32 – Variação do fósforo total na estação IP - 85.

Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 90 foram realizadas um total de 79 medições, com valor médio 0,23; menor valor 0,00 e maior valor 0,53. Desvio padrão 0,12. Medições que ficaram fora das especificações 86,1% (Gráfico 33). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a 0,30.

Gráfico 33 – Variação do fósforo total na estação IP - 90.

Fonte: O autor, 2020.

O fósforo total variou muito acima do limite máximo permitido em todas as estações segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005, para as águas doce de classe 2. Em ambientes lótico e tributários de ambientes intermediários, deve ser menor que 0,1 mg/L (BRASIL, 2005). Os valores encontrados, também são muito superiores até para uma classe 3 que é de 0,15 mg/L, pois a classe 4 não possui limite para esse parâmetro.

Em todas as estações a variação permaneceu muito acima do limite, com

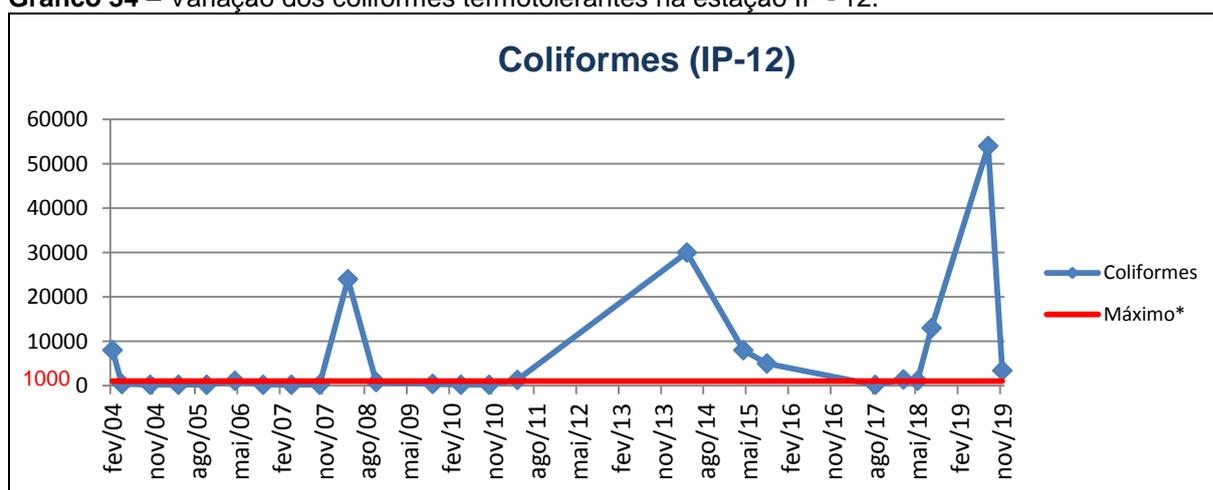
mais de 85% das medições acima do valor permitido. Os valores médios do fósforo crescem nas estações iniciais, IP - 12 até IP - 49 trecho intermitente, depois começam a declinar até a estação IP - 90. O aumento da vazão do rio é um dos motivos dessa diminuição.

Para este parâmetro a estação mais comprometida foi novamente a IP - 49, a jusante de Caruaru, com todas as medições acima do limite permitido e cujo valor médio superou em mais de 3400% o mesmo limite. Não se observa melhorias relativas à implantação do Programa PSA Ipojuca, pois em geral as variações dos gráficos são semelhantes em períodos anteriores, inclusive na estação IP - 38 que variou muito acima do limite permitido nas últimas medições e as previsões para o ano de 2020 nestas estações também não são boas

4.1.5 Coliformes termotolerantes

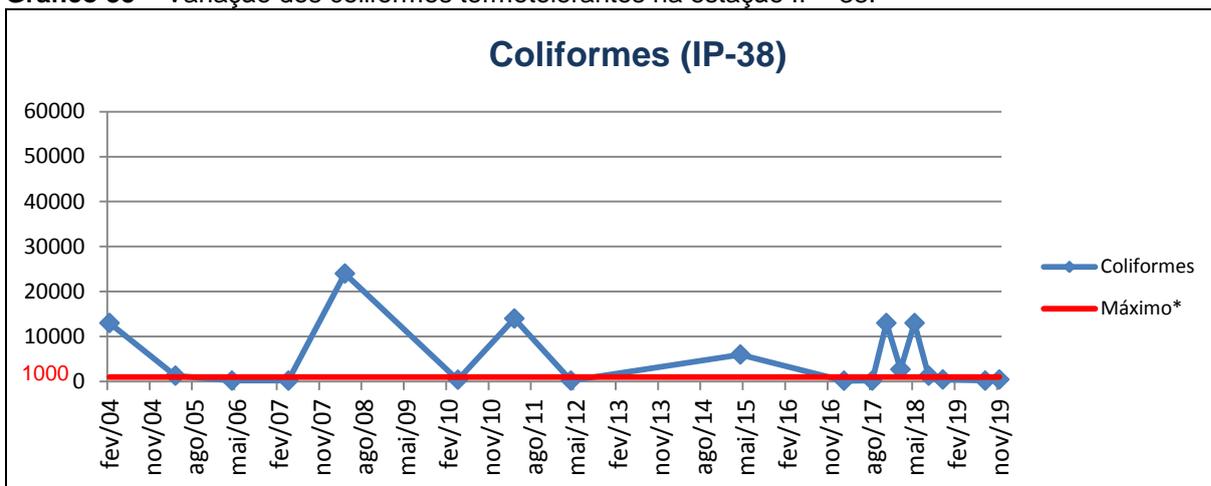
Na estação de amostragem IP - 12 foram realizadas um total de 24 medições, com valor médio 6400; menor valor 180 e maior valor 54000. Medições que ficaram fora das especificações 50,0% (Gráfico 34). De acordo com os dados disponíveis, não foi possível calcular a previsão para o ano de 2020 nesta estação.

Gráfico 34 – Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 12.



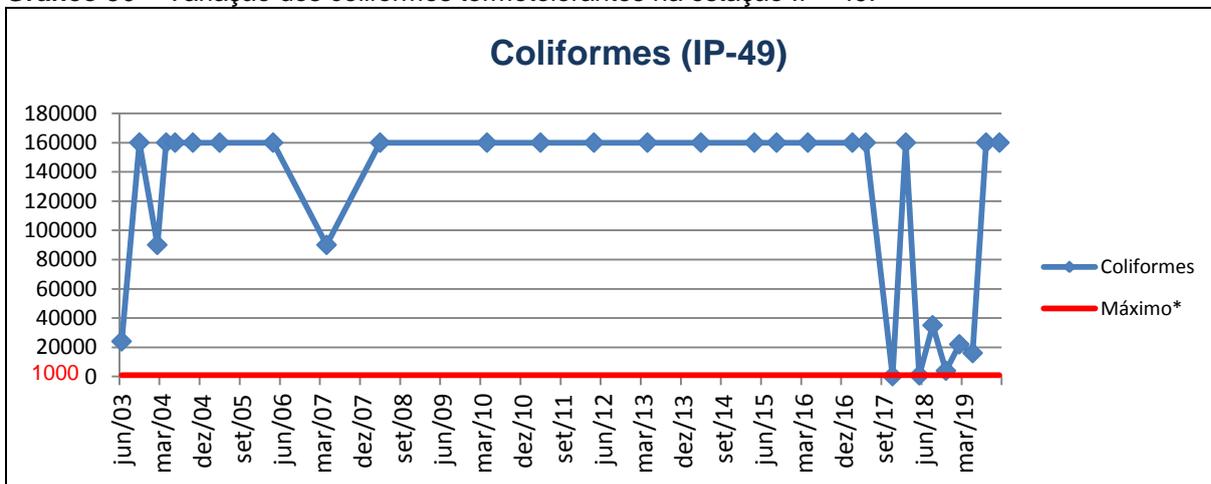
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 38 foram realizadas um total de 18 medições, com valor médio 5040; menor valor 180 e maior valor 24000. Medições que ficaram fora das especificações 50,0% (Gráfico 35). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de estabilização com valores próximos a zero.

Gráfico 35 – Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 38.

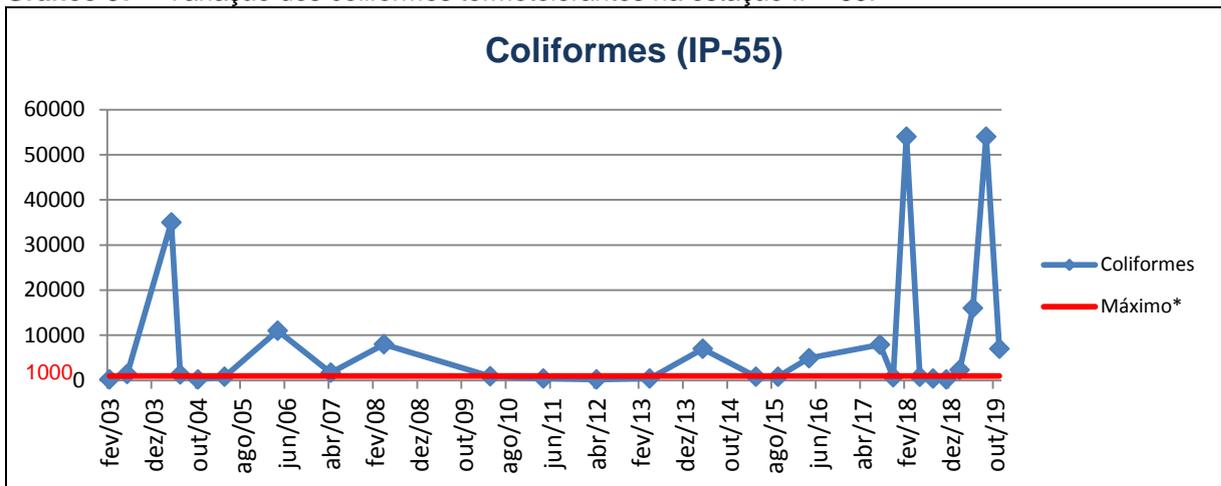
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 49 foram realizadas um total de 29 medições, com valor médio 120060; menor valor 200 e maior valor 160000. Medições que ficaram fora das especificações 93,1% (Gráfico 36). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve baixa seguida de estabilização com valores próximos a 70000.

Gráfico 36 – Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 49.

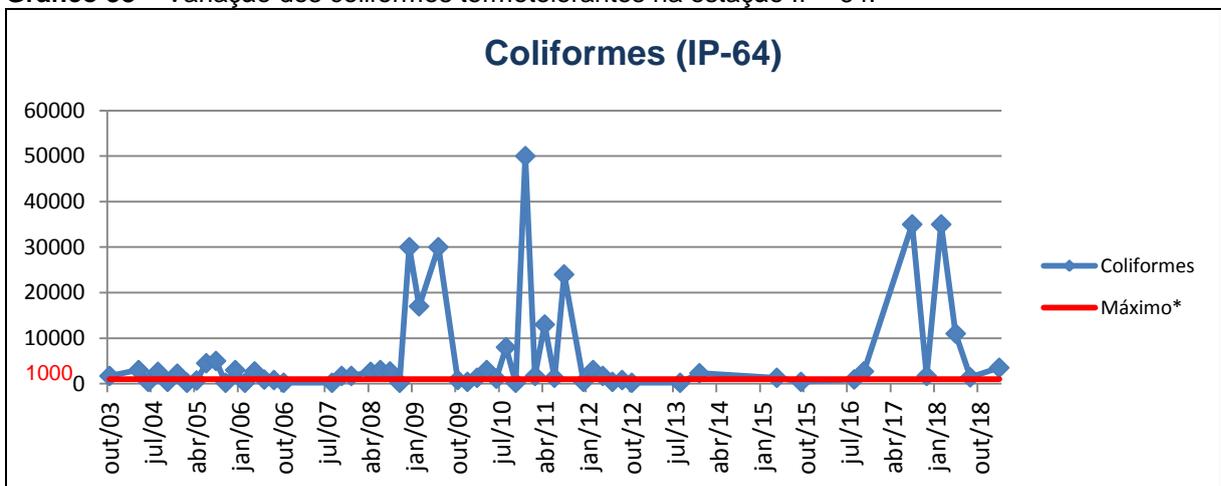
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 55 foram realizadas um total de 27 medições, com valor médio 8080; menor valor 200 e maior valor 54000. Medições que ficaram fora das especificações 51,9% (Gráfico 37). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve elevação seguida de estabilização com valores próximos a 20000.

Gráfico 37 – Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 55.

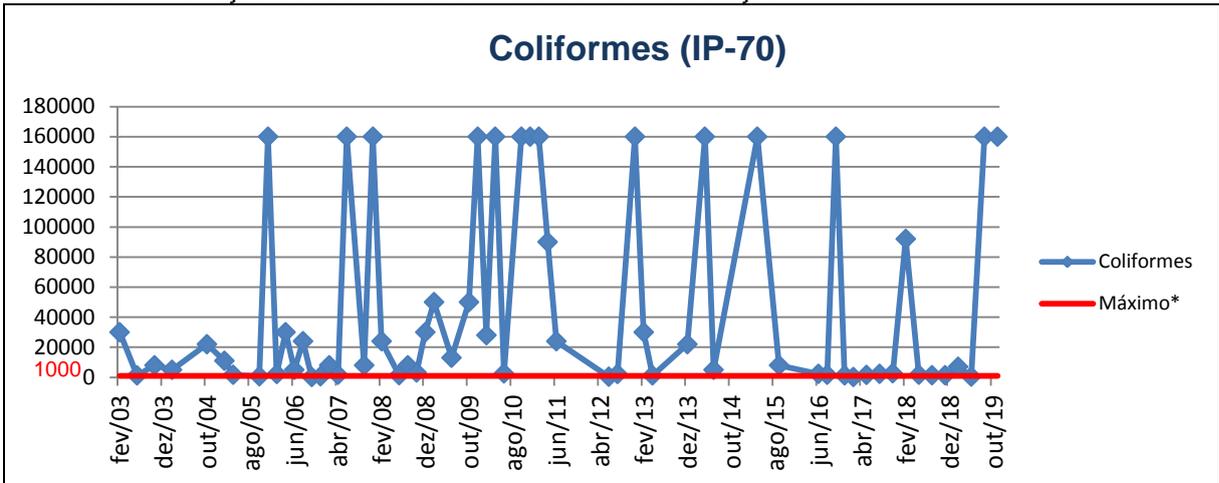
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 64 foram realizadas um total de 57 medições, com valor médio 5700; menor valor 200 e maior valor 50000. Medições que ficaram fora das especificações 63,2% (Gráfico 38). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve baixa seguida de estabilização com valores próximos a 6000.

Gráfico 38 – Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 64.

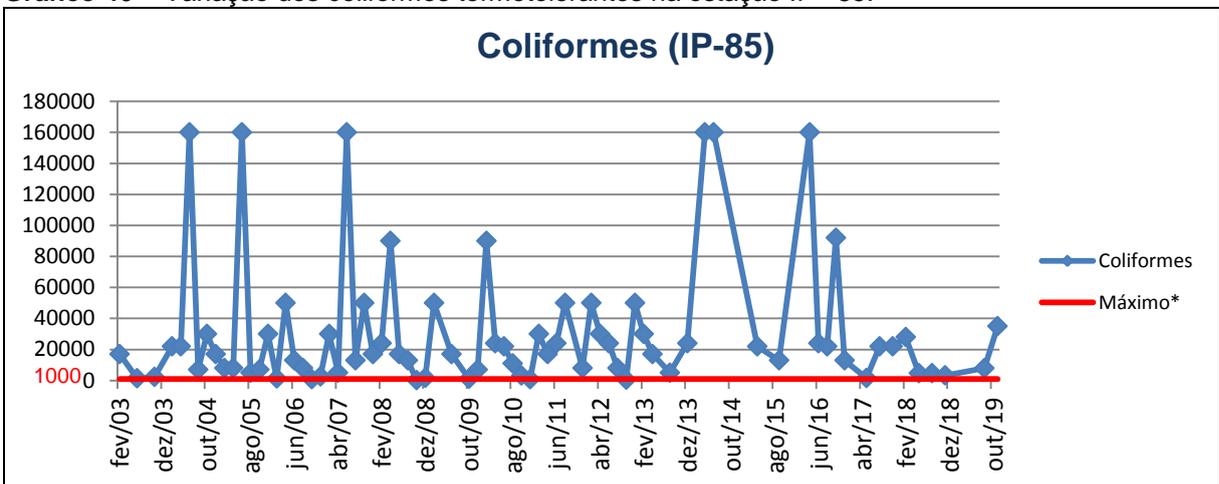
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 70 foram realizadas um total de 63 medições, com valor médio 46160; menor valor 200 e maior valor 160000. Medições que ficaram fora das especificações 90,5% (Gráfico 39). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de baixa seguida de estabilização com valores próximos a 110000.

Gráfico 39 – Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 70.

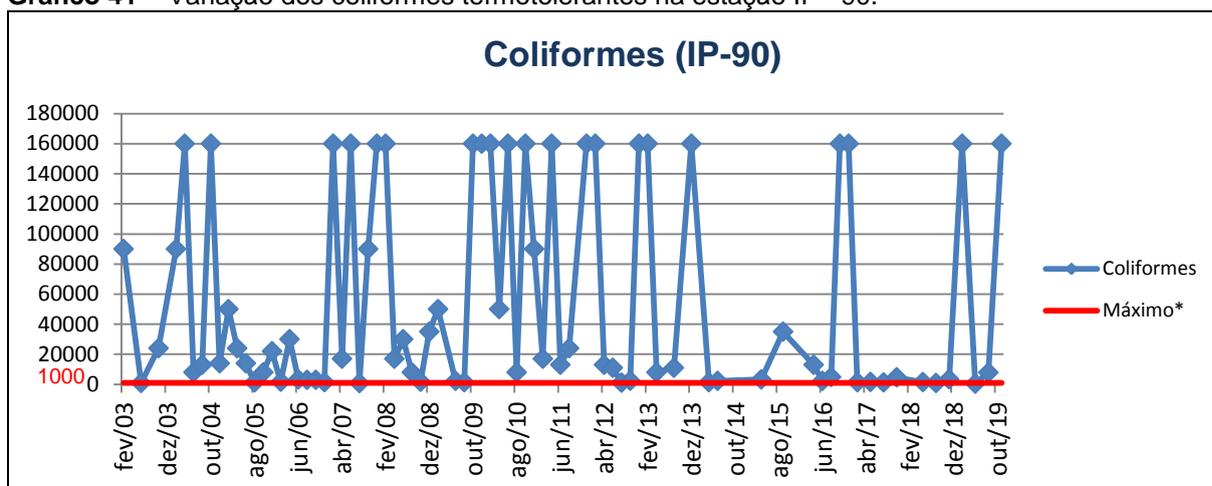
Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 85 foram realizadas um total de 76 medições, com valor médio 31340; menor valor 200 e maior valor 160000. Medições que ficaram fora das especificações 94,7% (Gráfico 40). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de leve baixa seguida de estabilização com valores próximos a 20000.

Gráfico 40 – Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 85.

Fonte: O autor, 2020.

Na estação de amostragem IP - 90 foram realizadas um total de 79 medições, com valor médio 55040; menor valor 470 e maior valor 160000. Medições que ficaram fora das especificações 94,9% (Gráfico 41). A previsão para o ano de 2020 aponta tendência de baixa no primeiro semestre para valores próximos a 40000 e elevação no segundo semestre para valores próximos a 100000, seguido de nova baixa e estabilização para valores próximos de 50000 ainda no segundo semestre.

Gráfico 41 – Variação dos coliformes termotolerantes na estação IP - 90.

Fonte: O autor, 2020.

Os valores encontrados para os coliformes estão extremamente acima dos limites estabelecidos para classe 2. De acordo com a Resolução n.º 357/2005 que estabelece o limite máximo* para os coliformes:

Coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA n.º 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 (BRASIL, 2005, p. 14).

Apesar da frequência atual, quatro vezes ao ano, não atender ao requisito da norma de seis amostras coletadas durante um ano, os resultados obtidos estão muito acima dos limites estabelecidos até para classes maiores. Os coliformes são provenientes de esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado. O aumento do nível de coliformes termotolerantes pode ser relacionado com a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido, a elevação da concentração de micropoluentes e o aumento da presença de organismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Novamente a estação mais comprometida foi a IP - 49, a jusante de Caruaru, com média 120060, número extremamente alto e 93,1% das medições fora do limite estabelecido e permanecerá alto de acordo com as previsões para 2020. As melhores estações, com médias entre de 5000 e 6400, foram as IP -12, 38 e 64. Na estação IP - 38 ocorreu uma redução nas quatro últimas medições de 2019 e a previsão para 2020 é de permanecer baixa, porém ocorreram variações semelhantes

em outros períodos. Em uma continuidade do monitoramento poderá ser verificado se essa redução foi devido as ações do Programa, pois a quantidade de dados ainda é insuficiente. Não se observam melhorias nas demais estações, em relação ao PSA Ipojuca, para este parâmetro.

A verificação gráfica destes cinco parâmetros é suficiente para concluir que ainda não foi possível observar melhorias referentes às intervenções do PSA Ipojuca. A observação ficou prejudicada, principalmente, devido ao atraso das obras e pequeno número de dados após finalização de uma delas. Em relação ao comparativo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, verifica-se como são imensos os desafios propostos pelo Programa e muito ainda deve ser feito para alcançar os objetivos. Comparações futuras poderão fazer melhores constatações em relação às alterações da qualidade da água.

De acordo com o acompanhamento realizado pela CPRH, o Ipojuca apresenta-se poluído devido, principalmente, às elevadas concentrações de amônia, fósforo e coliformes termotolerantes. Foi verificado que existe, também, o comprometimento do OD e da DBO. A poluição do rio faz com que ele apresente-se eutrofizado em alguns trechos (COMPESA, 2016). A eutrofização é o processo de enriquecimento das águas por nutrientes provenientes principalmente da matéria orgânica, causando o crescimento excessivo de algas e a diminuição da concentração de oxigênio (CETESB, 2020).

Para realizar um comparativo entre as estações, foi atribuída uma pontuação para as medições com valores acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA n.º 357/2005. Se todas as medições estivessem dentro dos padrões, a pontuação aceitável seria de 5. As maiores pontuações indicam as estações com resultados mais insatisfatórios no período estudado, sendo o máximo 50. Conforme é observado na tabela 4, a estação de amostragem mais comprometida, por esse critério, foi a estação IP - 49 localizada a jusante da cidade de Caruaru e como foi observado nas previsões para 2020 a tendência é que permaneça nesta situação. Foi visualizado também que os parâmetros com maiores oscilações são o fósforo e os coliformes termotolerantes.

Tabela 4 – Análise comparativa para o número de medições fora do limite.

Estações	pH	OD	DBO	Fósforo	Coliformes	Total
IP - 12	1	6	4	9	5	25
IP - 38	1	5	5	10	5	26
IP - 49	1	10	10	10	10	41
IP - 55	1	7	7	10	6	31
IP - 64	1	4	2	10	7	24
IP - 70	2	7	5	9	10	33
IP - 85	1	6	2	9	10	28
IP - 90	1	7	5	9	10	32

Fonte: O autor, 2020. Nota: o critério utilizado para pontuação foi de 0 a 10% das medições fora do padrão correspondente a 1 ponto; de 10 a 20%: 2 pontos e assim por diante.

Estes valores podem ser apresentados aos estudantes, conjuntamente ao produto educacional, para facilitar o entendimento dos gráficos de forma simplificada, colaborando para uma melhor interpretação de um grande número de dados. Na seção seguinte serão apresentadas as discussões sobre os levantamentos obtidos na aplicação do questionário.

4.2. LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES DE MORADORES DE COMUNIDADES RIBEIRINHAS E ESTUDANTES

Foi desenvolvido no âmbito do Programa PSA Ipojuca um plano de comunicação, com objetivo principal de estabelecer as estratégias de comunicação, a fim de despertar na população a consciência de que a revitalização do Ipojuca promoveria a melhoria da qualidade de vida e a preservação ambiental, enfatizando ainda a importância da participação de todos. Foram traçados alguns objetivos específicos: o de massificar a ideia de sustentabilidade; de destacar as vantagens de se ter um sistema de esgotamento sanitário; de formar multiplicadores para fortalecer a imagem do Programa; de fortalecer o protagonismo do Comitê da Bacia Hidrográfica (COBH) do Ipojuca; entre outros. Porém, entre estes, destaca-se um, pela semelhança ao proposto nesta dissertação, o objetivo de Identificar o nível de consciência ambiental da população sobre os atuais sistemas de esgotamento sanitário e relação com o rio. Para este objetivo utilizaram como metodologia uma pesquisa de campo amostral, com viés social, para identificar linguagens, formas de

pensar e de agir da população em relação ao rio (COMPESA, 2016).

A pesquisa do plano teve uma boa abrangência, incluiu 14 municípios da BHRI com um total de 1.488 entrevistados. Apresentou algumas estatísticas importantes, tais quais: 79,7% sabem que o Ipojuca é o rio que corta sua cidade, e a maioria, 80,9%, o associa a lixão, sujeira e esgoto a céu aberto. Já 93,8% acham que tal poluição afeta a saúde e a qualidade de vida; 71,5% citaram doenças causadas pela poluição do rio, como: ameba, cólera, diarreia, esquistossomose, leptospirose e dengue. São 75% os que estão satisfeitos com o esgoto de casa, embora 43% saibam que é despejado no rio Ipojuca ou em canais. O apoio a um projeto para coleta e tratamento de esgotos foi de 95,7%. No item educação ambiental, 55,8% disseram orientar os filhos para a preservação do rio, sendo que 93,7% o fazem em casa; 52,5% apontam o trabalho de conscientização da escola. O COBH do Ipojuca é conhecido por escassos 3,6% (COMPESA, 2016).

Ao final da pesquisa foi feito um resumo dos principais aspectos. Entre os pontos fortes destacaram-se o entendimento de que a poluição do rio afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas, o apoio ao programa para coleta e tratamento dos esgotos e a educação ambiental como tema trabalhado na escola e em casa. Como pontos fracos, o desconhecimento técnico do que é o esgotamento sanitário e a satisfação com a atual coleta de esgoto; a satisfação com um sistema sanitário inadequado, mostrando que o trabalho de educação ambiental tem grandes desafios e deve tentar quebrar paradigmas.

Para o levantamento das concepções dos moradores de comunidades ribeirinhas e pelos estudantes neste trabalho foi realizada uma pesquisa de campo com a aplicação de um questionário para identificar o nível de consciência ambiental e a relação com o rio expressadas por eles (Figura 20). A aplicação do questionário foi realizada com o intuito de trazer elementos essenciais para o desenvolvimento da cartilha, diminuindo dúvidas, apresentando o monitoramento dos rios e fazendo sugestões para preservação. Embora que os questionamentos feitos para este trabalho tenham diferidos bastante do aplicado no âmbito do PSA Ipojuca, foram utilizados alguns elementos para fazer algumas correlações.

Figura 20 – Aplicação do questionário para levantamento das concepções dos alunos.



Fonte: O autor, 2020.

Foram selecionados moradores de comunidades na bacia do rio Ipojuca de acordo com a proximidade do rio, nos municípios de Caruaru, Gravatá, Primavera e Ipojuca e com estudantes da Escola de Referência do Ensino Médio Poeta Manuel Bandeira, localizada no bairro da Ilha do Leite em Recife, com público formado, também, por moradores de áreas ribeirinhas, das comunidades do Coque e Coelhos. Estes moradores e estudantes formam um público composto pela camada mais impactada tanto pela poluição como pelas ações de melhoria no rio. Por conviverem diariamente com o rio são os que deveriam possuir maior ligação com o mesmo. Trata-se de um público que deve ser submetido a um trabalho de educação ambiental diferenciado, para que possam adotar novos comportamentos e contribuir com a sustentabilidade.

Foram realizadas 53 entrevistas e 28 gravações com moradores dos municípios citados e mais 41 estudantes da rede pública responderam ao questionário, entre os meses de outubro de 2019 e fevereiro de 2020 com a faixa etária variando entre 18 e 76 anos, totalizando 94 questionários aplicados. Apesar de serem sujeitos diferentes, por se tratar de um documento único e todas as pessoas entrevistadas e estudantes pesquisados terem em comum o fato de morarem em localidades próximas a um rio, tratamos de forma conjunta as respostas dadas aos questionário.

Seguem algumas considerações gerais sobre as respostas dadas ao

questionário. Entre os entrevistados 45 foram do sexo masculino e 49 do sexo feminino. A faixa etária dos entrevistados ficou distribuída da seguinte forma:

Tabela 5 – Relação da quantidade de questionários aplicados por faixa etária.

FAIXA ETÁRIA	18 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	Total
Nº DE QUESTIONÁRIOS	42	12	14	12	8	4	2	94

Fonte: O autor, 2020.

Em relação à idade não foram observadas variações significativas nas respostas, porém as pessoas com mais idade falaram com saudosismo de épocas que tomavam banho, pescavam e até buscavam água no rio para consumo. Foi um aspecto também observado no plano de comunicação do Programa. O resgate das relações afetivas das pessoas com o rio é um ponto muito importante que deve ser trabalhado na educação ambiental, o desejo de ter um rio limpo e como isto seria bom para toda comunidade. Este foi justamente um dos elementos que originou o título do produto educacional.

Apenas 3,2% dos entrevistados possuíam formação superior, os quais foram mais claros nas justificativas e mais coerentes nas respostas. As duas primeiras questões foram para caracterização dos sujeitos pesquisados.

Para a terceira questão foi perguntado se o entrevistado utiliza a água do rio e para que. Somente 6,4% dos entrevistados declararam utilizar a água do rio, em geral para o trato de animais e consumo dos mesmos, na criação de gado, cavalos, cabras e porcos, enquanto 93,6% não utilizam por acharem a água poluída.

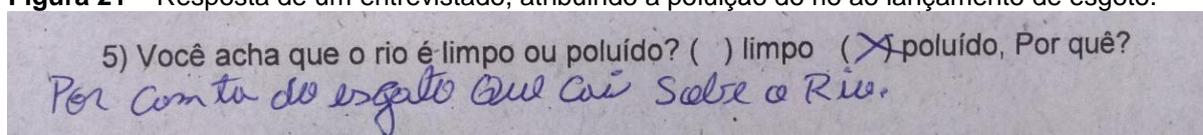
Na quarta questão foi perguntado se pescam ou recreiam nos rios. Cerca de 17,0% dos entrevistados pescam ou já pescaram do rio. Algumas pessoas, 5,3%, ainda tomam banho como forma de recreação. É uma prática comum em locais com interferência das marés. Por exemplo, próximo à Usina Salgado, em Nossa Senhora do Ó, Ipojuca, ainda é muito comum encontrar locais para banho, bares e áreas recreativas, pois nas marés altas o rio aparenta estar menos poluído. Outro local onde é observada essa prática é na Cachoeira do Urubu, localizada no município de Primavera. Em frente à Cachoeira existem restaurantes e uma área com piscinas. De acordo com a administração, elas são abastecidas com águas de nascentes e outros riachos menores, porém devido à beleza da queda d'água e formação de uma grande piscina natural, muitas pessoas entram para recrear no rio Ipojuca. O local foi

considerado impróprio para banho após realização de análises por alguns anos, a última vez em 2018, pela CPRH, conforme a Resolução do CONAMA n.º 274/2000 que define os critérios de balneabilidade das águas brasileiras (BRASIL, 2000).

Da quinta questão até o final do questionário, por serem mais subjetivas surgiram várias categorias de respostas e estas foram tratadas mais detalhadamente e com representação gráfica.

Na quinta questão foi perguntado se o entrevistado achava o rio limpo ou poluído e o pedido para que justificasse a resposta. Apesar da aparência do rio, alguns entrevistados, 7,4%, acham o rio limpo, pois comparam com outros períodos onde o aspecto da água era pior e quase não se encontravam peixes, enquanto 92,6% acham o rio poluído devido à aparência, odor, presença de esgotos e muito lixo, como se pode observar em uma das respostas (Figura 21). É um percentual aproximado ao levantado pelo plano de comunicação do Programa que chegou ao percentual de 80,9%.

Figura 21 – Resposta de um entrevistado, atribuindo a poluição do rio ao lançamento de esgoto.



Fonte: O autor, 2020.

De acordo com a Lei n.º 6938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente em seu art. 3º, III, entende-se por poluição:

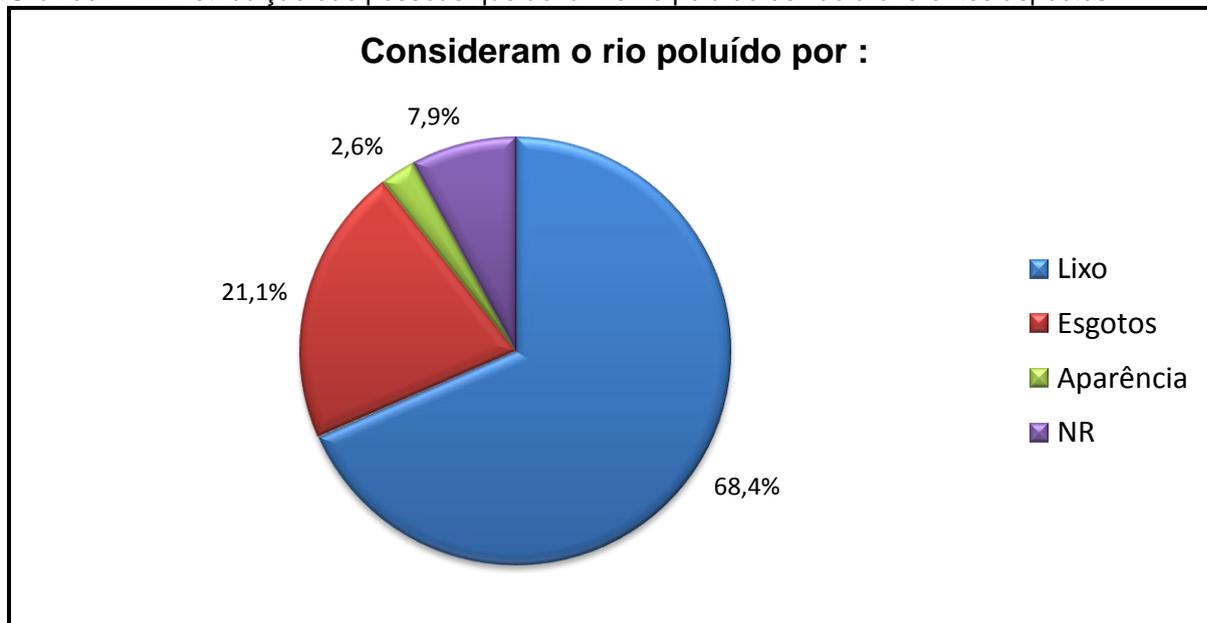
A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981, p.1-2).

O percentual das pessoas que acham o rio poluído foi dividido em quatro categorias, pois atribuíram a poluição a diferentes motivos: por ter lixo ou sujeira; por ter esgotos; pela aparência: cor e odor; e algumas pessoas não responderam (NR) (Gráfico 42). Uma grande maioria, 68,4%, associou à presença de lixo e sujeira a poluição do rio. O lixo é um dos grandes problemas ambientais, prejudica os animais causando a morte de muitos deles, que tentam se alimentar de resíduos ou ficam

presos em diversos objetos, sem contar no aspecto degradante que deixa no ambiente.

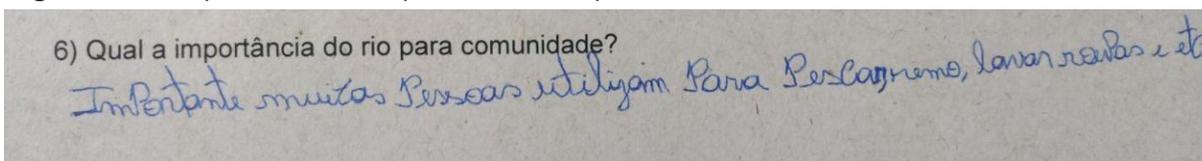
Gráfico 42 – Distribuição das pessoas que acham o rio poluído devido a diferentes aspectos.



Fonte: O autor, 2020. Nota: 18 entrevistados responderam mais de uma das opções da legenda.

A decomposição da parte orgânica do lixo nos aterros produz o chorume, que é um forte poluente, rico em metais pesados, e pode chegar aos mananciais levando contaminação. Os esgotos e efluentes industriais interferem instantaneamente quando lançados nos rios, pois modificam imediatamente os parâmetros de qualidade da água por trazerem muitos compostos poluentes já dissolvidos. Apresentar os principais agentes poluidores foi mais um elemento para a cartilha, pois a uma parcela não soube responder a esta questão.

Na sexta questão foi perguntado qual a importância do rio para comunidade. 16,0% consideraram que o rio não tem importância. Observou-se que esta consideração está relacionada a pessoas que associam o rio a um problema, por alguns fatores: por causar enchentes, por ser poluído ou por não ter nenhuma afinidade com o mesmo. É um número preocupante, visto que os rios são as principais fontes de abastecimento de água, inclusive o rio Ipojuca, que mesmo considerado muito poluído, ainda é utilizado como fonte de água para abastecimento pela COMPESA. 84,0% consideraram o rio importante por diversos fatores entre eles: para pesca, animais e usos da água. Foi uma resposta bastante recorrente, conforme foi observado na figura seguinte.

Figura 22 – Resposta sobre a importância do rio para comunidade.

Fonte: O autor, 2020.

Entre os que acham o rio importante, as justificativas foram divididas em seis categorias diferentes: para pesca; para os animais e preservar a natureza; para utilizar a água no banho, recreação ou consumo; para o transporte; não especificaram; para jogar esgotos (Gráfico 43). Embora este último seja um aspecto negativo, ainda pode ser visto como uma utilidade para algumas pessoas, principalmente as mais pobres, quem vivem ao lado do rio e não tem preocupação com o meio ambiente. Este foi outro elemento trabalhado na cartilha, visto que a falta de consciência ambiental prejudica todos da comunidade.

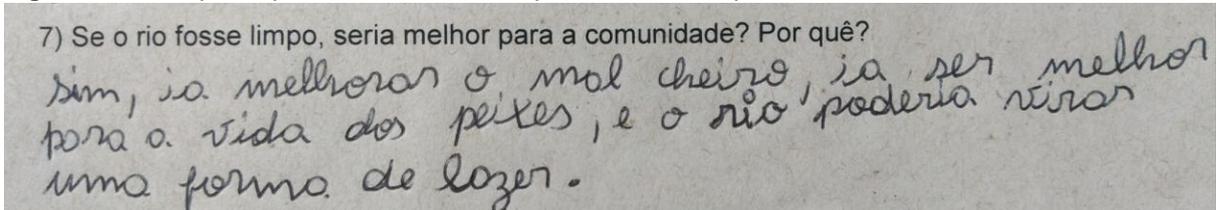
Gráfico 43 – Distribuição das pessoas que acham o rio importante por diferentes aspectos.

Fonte: O autor, 2020. Nota: 30 entrevistados responderam mais de uma das opções da legenda.

A sétima questão é sobre a esperança das pessoas em um dia se ter um rio limpo, e foi perguntado se seria melhor para comunidade se o rio fosse limpo e pedido para justificar a resposta (Figura 23). Todos os entrevistados responderam sim para este questionamento e justificaram das mais diversas formas. É um dado comparável ao do plano de comunicação do Programa. O apoio a um projeto para coleta e tratamento de esgotos foi de 95,7% mesmo que indiretamente, pois quando

as pessoas têm o desejo de um dia ter um rio limpo é normal que haja o apoio a projetos de revitalização, limpeza ou saneamento.

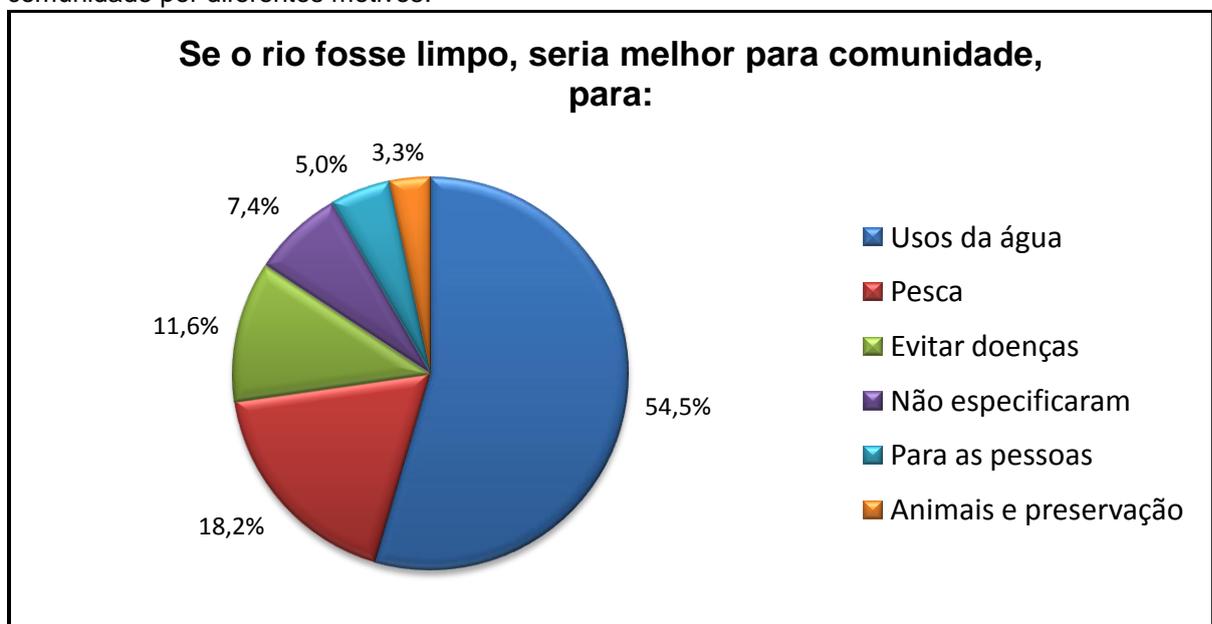
Figura 23 – Resposta para se o rio fosse limpo, seria melhor para comunidade.



Fonte: O autor, 2020.

Novamente, as justificativas foram divididas em seis categorias diferentes, similares as da questão anterior, em: para pesca; para os animais e preservar a natureza; para utilizar a água no banho, recreação ou consumo; para as pessoas sem especificar; não justificaram a resposta; para evitar doenças (Gráfico 44). Esta última categoria surgiu como novo elemento, até agora ainda não citado, atribuindo a proliferação de doenças a água poluída.

Gráfico 44 – Distribuição das pessoas que consideram que se o rio fosse limpo, seria melhor para comunidade por diferentes motivos.



Fonte: O autor, 2020. Nota: 19 entrevistados responderam mais de uma das opções da legenda.

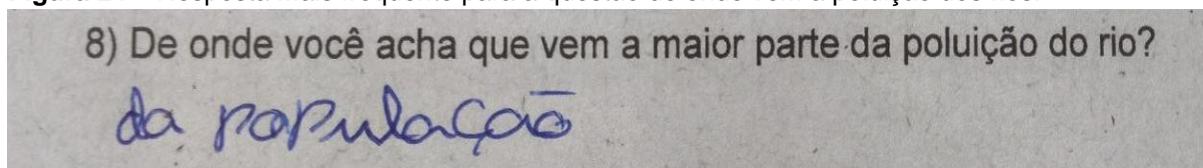
Observar esta consciência é importante, pois as doenças atingem diretamente e com mais intensidade todos que moram próximos ao rio. Mesmo quando se tenta evitar contato com a água as doenças podem chegar por causa da disseminação por

insetos e ratos. Investir no tratamento de esgoto, no saneamento básico ou até na utilização de fossas é um grande investimento para diminuir o número de pessoas doentes em uma comunidade. Mesmo nas residências que estão localizadas muito próximas ao rio, a instalação de fossas com uma boa eficiência é um procedimento de fácil execução. Existem várias opções desta ferramenta, confeccionadas em diferentes materiais no mercado, e para os mais econômicos tem projetos de fossas produzidas com materiais reciclados, de montagem simples, disponíveis em várias páginas da internet. Como no questionário, não foi citado diretamente este tema, ficou a cargo do entrevistado lembrar deste quesito. Este tema foi abordado na história da cartilha.

Um dado interessante destes dois últimos gráficos foi a superação dos usos da água em relação à pesca, ou seja, dos diversos usos da água, caso a água fosse limpa, passou a ter uma importância maior. As pessoas compreendem que se o rio não fosse poluído poderiam consumir a água, recrear, tomar banho, nadar. Esta compreensão pode ser utilizada como fortalecedora nas ações para revitalização de rios e ser usada no produto educacional.

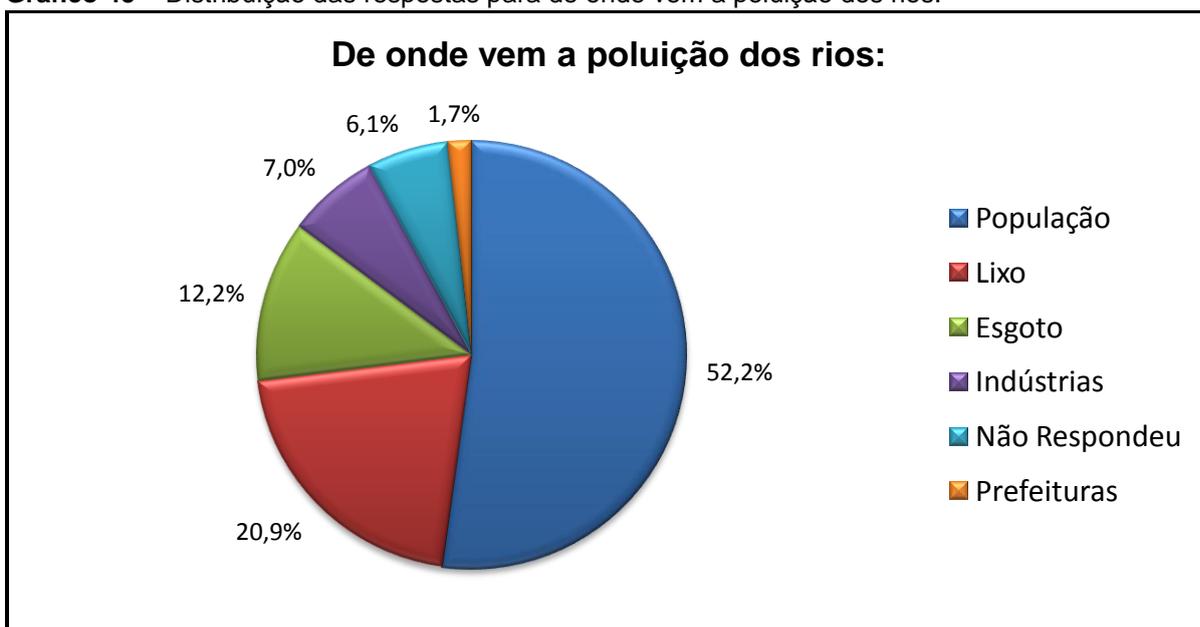
Na oitava questão, para identificar se os moradores tinham consciência de quais são os agentes poluidores, foi perguntado de onde vem a poluição dos rios (Figura 24). Embora muitas pessoas tenham citado a própria população, o povo ou as casas, a maioria não especificou se em relação ao lixo jogado pelas pessoas, esgotos sem tratamento ou por outros motivos.

Figura 24 – Resposta mais frequente para a questão de onde vem a poluição dos rios.



Fonte: O autor, 2020.

Apesar da falta de uma maior especificação desta resposta, as justificativas foram divididas em seis categorias diferentes, que a poluição viria da(o): população ou das casas; indústrias e empresas; prefeitura ou governo; lixo; esgoto; não respondeu, conforme representado no gráfico 45.

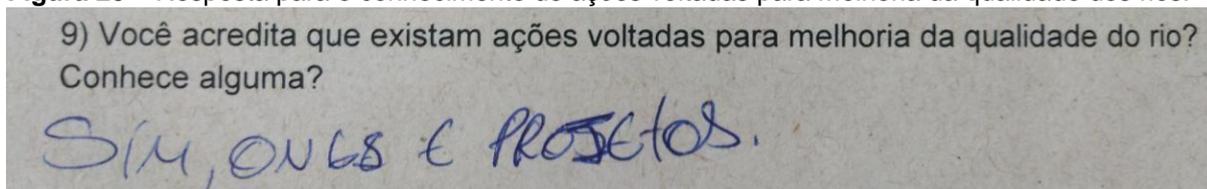
Gráfico 45 – Distribuição das respostas para de onde vem a poluição dos rios.

Fonte: O autor, 2020. Nota: 28 entrevistados responderam mais de uma das opções da legenda.

Para esta pergunta muitos entrevistados responderam mais de uma das opções para as categorias informadas, se o quesito população, com 52,2%, tivesse sido especificado pelos entrevistados, provavelmente pela observação das respostas dadas nas outras questões, este percentual seria dividido, na sua maioria, entre lixo e esgoto, ou seja, somando as três categorias cerca 85% reconhecem a interferência negativa das pessoas no meio ambiente, atribuindo à própria população a poluição. Este reconhecimento é positivo e deve ser trabalhado para que cada vez mais pessoas tenham essa consciência e busquem por soluções que ajudem o meio ambiente.

Em uma breve pesquisa realizada na internet ou redes sociais é possível encontrar vários trabalhos que buscam a preservação ou limpeza dos rios, grupos nas redes sociais buscam sensibilizar as pessoas constantemente, além de ações das prefeituras, estados, Organizações Não Governamentais (ONGs) ou de órgãos ambientais. Por isto, foi perguntado aos entrevistados, na nona questão, se conheciam alguma ação voltada para melhoria da qualidade do rio (Figura 25). Apenas 19,1% citaram ações da prefeitura e comunidade, novamente referente à limpeza do lixo, apenas duas pessoas informaram o trabalho de ONGs.

Figura 25 – Resposta para o conhecimento de ações voltadas para melhoria da qualidade dos rios.



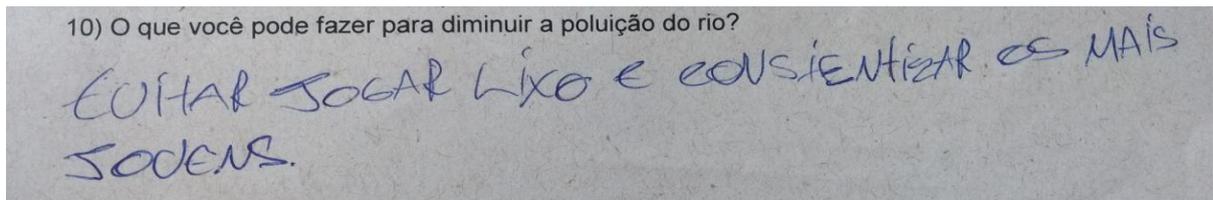
Fonte: O autor, 2020.

Embora tenha sido um levantamento bem menor que o realizado pelo plano de comunicação no âmbito do Programa, que realizou um grande trabalho de divulgação na região da bacia, nas rádios, TV e internet, nenhum dos entrevistados, moradores dos municípios envolvidos, citou nominalmente o Programa PSA Ipojuca, nas quatro cidades pesquisadas. Igualmente, os órgãos ambientais das prefeituras e do estado, como a CPRH, também não foram lembrados, um fato preocupante, pois as ações desses órgãos, aparentemente, não estão sendo adequadamente divulgadas ou são pouco visíveis.

Poder contar com um órgão ambiental como aliado na preservação ambiental, seja ele municipal, estadual ou federal, é de extrema importância para a população, fornecendo canais para realização de denúncias e mostrando para a população como estão atuando. O levantamento realizado durante o plano de comunicação do PSA Ipojuca encontrou percentual pequeno, 3,6%, para pessoas que conheçam o Comitê da Bacia Hidrográfica do Ipojuca, ativo desde 2001 e que é formado por membros dos órgãos ambientais e da sociedade. O Comitê é uma reunião de pessoas, na qual representantes da comunidade de uma bacia hidrográfica discutem e deliberam a respeito da gestão dos recursos hídricos, compartilhando responsabilidades de gestão com o poder público (APAC, 2020a). O indicativo da falta de divulgação das ações desses atores e órgãos é mais um elemento trabalhado na cartilha.

Na décima e última questão foi pedido sugestões para diminuir a poluição dos rios, tentando alertar para responsabilidade de cada um nesta difícil tarefa. Foi perguntado: o que você pode fazer para diminuir a poluição do rio. As respostas mostraram a repetição de uma das causas mais citadas a questão do lixo, e não jogar lixo foi uma das principais sugestões, conforme observamos na figura 26.

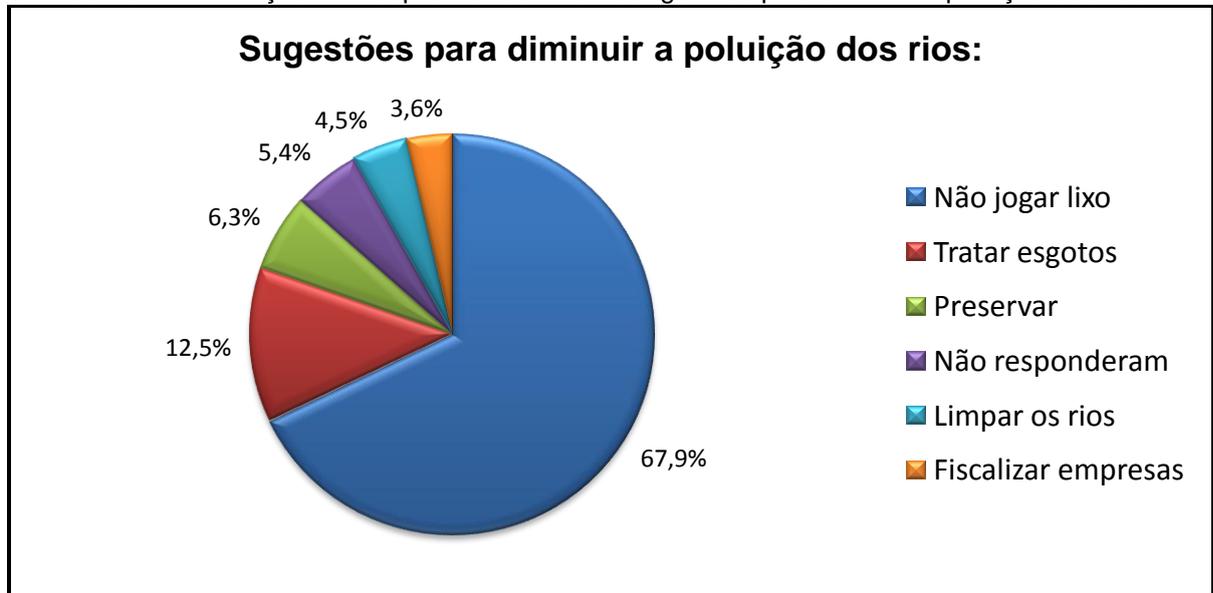
Figura 26 – Sugestões para evitar a poluição dos rios, citando a educação.



Fonte: O autor, 2020.

As justificativas foram divididas em seis categorias diferentes: não jogar lixo; tratar esgotos e sanear ruas; preservar; limpar os rios; fiscalizar empresas; não responderam (Gráfico 46). Uma das respostas não foi incluída em nenhuma das categorias e será comentada após a apresentação do gráfico.

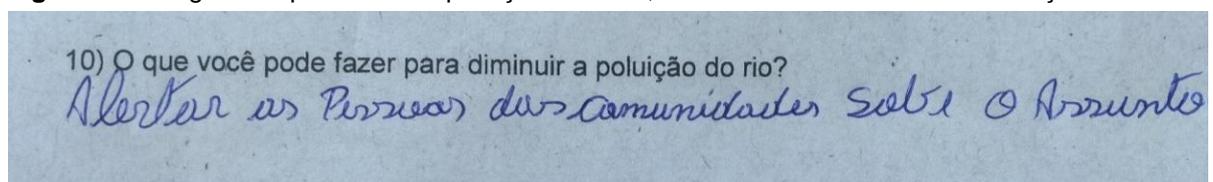
Gráfico 46 – Distribuição das respostas relativas as sugestões para diminuir a poluição dos rios.



Fonte: O autor, 2020. Nota: 13 entrevistados responderam mais de uma das opções da legenda.

Em geral, as sugestões para diminuir a poluição seguiram padrões de respostas anteriores. Neste quesito surgiu um novo elemento, até agora não citado nas questões anteriores, duas pessoas falaram sobre educação (Figuras 26 e 27), mesmo de forma muito modesta trazendo uma lembrança positiva de um dos aspectos mais importantes para a conscientização ambiental.

Figura 27 – Sugestões para evitar a poluição dos rios, citando exclusivamente a educação.



Fonte: O autor, 2020.

O levantamento realizado trouxe alguns elementos importantes para o desenvolvimento da cartilha (Quadro 3). Foi considerada positiva a consciência social sobre a degradação dos rios e sobre o quanto a poluição compromete a saúde. Também foi muito positivo o desejo social de se ter um rio limpo. Estas constatações fornecem uma base social para divulgar a necessidade de cuidar dos rios para, dessa forma, melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Quadro 3 – Principais tópicos relacionados ao levantamento das concepções que foram utilizados na elaboração da cartilha.

RESUMO DOS TÓPICOS OBSERVADOS PARA CONSTRUÇÃO DA CARTILHA
O saudosismo de pessoas que tiveram uma relação com o rio, tomavam banho e pescavam;
Ainda existem locais para banho nos rios, mostrar a importância recreacional dos rios, trazendo um ambiente de convivência e lazer para a comunidade;
Apresentar os principais agentes poluidores, pois existe pouca associação da poluição dos rios pelos esgotos;
Os rios são as principais fontes de abastecimento de água, existiu pouca associação, pelos entrevistados, dos rios e a água utilizada no abastecimento;
Todos desejam ter um rio limpo que seria muito bom para comunidade, aspecto importante para fortalecer a luta por um ambiente preservado;
Investir no tratamento de esgoto, no saneamento básico ou até na utilização de fossas para evitar doenças, pois quase não houve associação com este problema;
As pessoas compreendem se o rio não fosse poluído poderiam consumir a água, recrear, tomar banho, nadar;
Reconhecem a interferência negativa das pessoas no meio ambiente, atribuindo a própria população a poluição. Dado importante para conscientização ambiental;
Os entrevistados não conhecem a função dos órgãos ambientais e outros grupos de preservação;
A necessidade de cuidar dos rios para, dessa forma, melhorar a qualidade de vida das pessoas;
Educar para preservar, tema pouco lembrado na pesquisa;
Trabalhar a consciência ambiental da comunidade.

Fonte: O autor, 2020.

Realizar campanhas educativas nas comunidades pode ser um caminho viável para estimular o engajamento e a postura colaborativa da população que, certamente, ao observar o aumento da preservação do rio, terá mais estímulos para cobrar dos outros atores sociais uma postura de maior cuidado com o rio e o meio ambiente.

Algumas das justificativas dadas nas respostas ficaram um pouco vagas, ou faltou uma melhor clareza ou argumentação, e serviram de oportunidade para adicionar estas informações no produto educacional e, dessa forma, contribuir para o fortalecimento da educação ambiental no ensino da química. A aplicação do questionário possibilitou a construção do produto educacional mais informativo e interessante, como será visto na seção seguinte.

4.3. ELABORAÇÃO DA CARTILHA

A cartilha desenvolvida, produto educacional, tem como tema central a poluição dos rios, descreve como são feitos os monitoramentos dos mesmos e quais parâmetros de qualidade das águas são avaliados. Aborda as ações que são realizadas para preservação e contém sugestões de atividades que podem ser realizadas para colaborar na preservação ambiental. Foi estruturada como uma história em quadrinhos com imagens conjugadas com textos, trazendo o conteúdo didático e elementos do levantamento realizado.

A história acontece partindo de um diálogo entre duas jovens amigas, estudantes do ensino médio de uma escola pública de Pernambuco, que externam suas preocupações com o aspecto sujo de um rio, trazendo o dilema de se o rio sempre foi poluído ou quais as causas dele ter se tornado desse jeito. O texto nos leva a imaginar como seria a vida da comunidade se o rio fosse limpo, se pudéssemos pescar, nadar ou realizar esportes. Pensando em como reverter tal situação, as amigas buscam a ajuda de um professor, o qual faz parte de um órgão ambiental, para saber o que já vem sendo feito e o que ainda pode ser realizado para controlar a poluição dos rios.

Nesta busca, apresentam-se as funções dos órgãos ambientais, bem como as análises que são realizadas nas águas e o que alguns dos parâmetros de qualidade indicam. A cartilha, também, traz a discussão sobre os programas de monitoramento e preservação ambiental, observando, por exemplo, os resultados de alguns programas de recuperação ambiental e a importância do uso de fossas sépticas.

Após conhecerem as ações desenvolvidas, as amigas questionam o porquê de, mesmo com tudo o que é feito, ainda não ser possível perceber melhorias no aspecto dos rios. Devido ao interesse demonstrado pela preservação do meio ambiente, as amigas e também os leitores da cartilha, são então convidados a desenvolver ações para a preservação, sugestões que podem ser praticadas nas escolas e comunidades, inclusive junto aos órgãos competentes. Este convite, portanto, é feito a todos, na intenção de nos tornarmos cidadãos mais participativos e colaboradores na preservação ambiental.

A cartilha foi desenvolvida e montada partindo de sugestões de alunos do ensino médio, quanto sua aparência e utilização de imagens. Foi utilizado o aplicativo Comica (Figura 28) e selecionado o modo *Lucid* para dar o efeito

desejado nas fotografias, transformando em quadrinhos e aumentando a aceitação dos alunos com as imagens, ambientes, personagens e textos, tornando a leitura mais atrativa.

Figura 28 – Aplicativo Comica, disponível na Play Store, em abril de 2020.

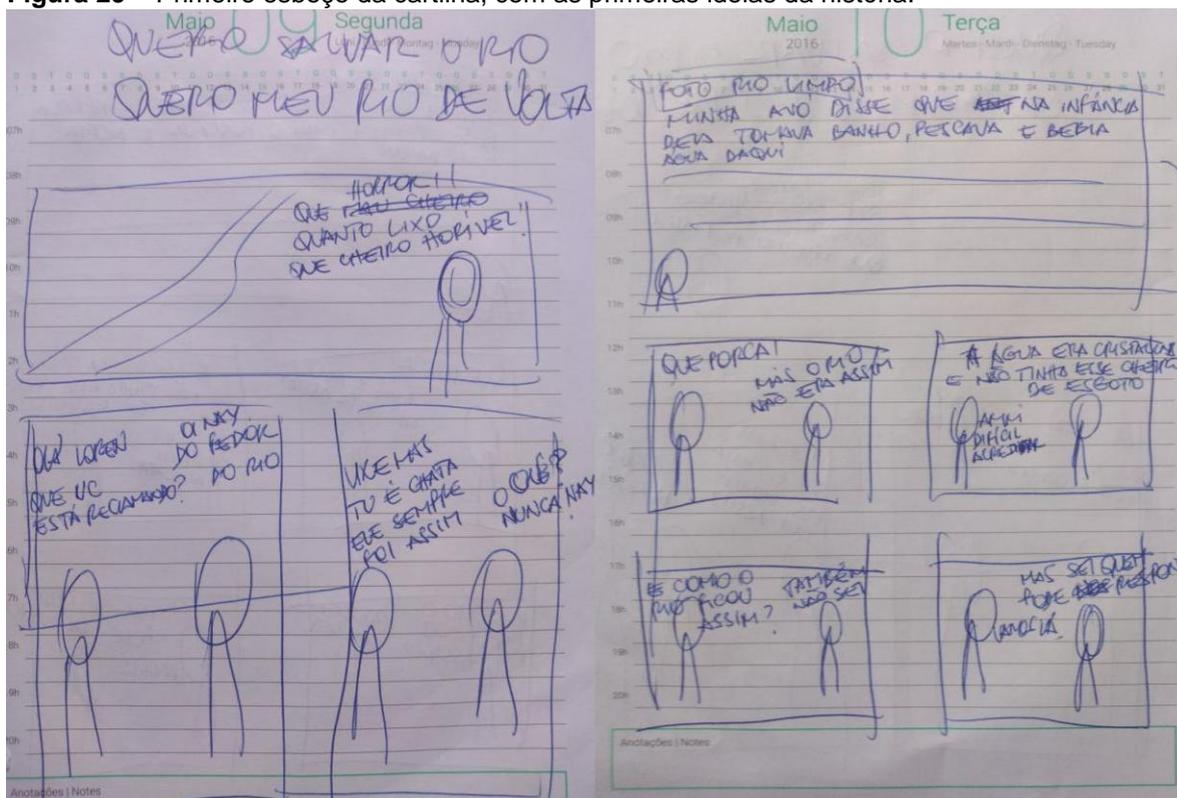


Fonte: Play Store Google.

Durante a pré-produção e planejamento, definiu-se o tema principal, o enredo e os personagens que seriam necessários para conduzir o leitor a entrar na história e se manter interessado, por isso foram escolhidas duas alunas do ensino médio e um professor como personagens, já que foi para esse público que foi escolhida a destinação da cartilha, e com uma linguagem mais simples introduziram-se os diálogos gradativamente para aprofundar nos conceitos sobre o tema. A apresentação de temas cotidianos exigem dos alunos a aplicação de vários conhecimentos e a construção de novos, permitindo a identificação com personagens e situações de sua própria vida (SANTOS NETO; SILVA, 2013).

O primeiro esboço (Figura 29) foi desenvolvido com a criação de um roteiro preliminar, com intuito de identificar a quantidade aproximada de quadros que seriam utilizados para o desenvolvimento da história.

Figura 29 – Primeiro esboço da cartilha, com as primeiras ideias da história.



Fonte: O autor, 2019. Rascunhos feitos em março de 2019.

Na segunda etapa foi feito um roteiro definitivo e o *storyboard*, para estimar as fotos que seriam necessárias, posicionamento dos personagens, melhores enquadramentos, expressões dos personagens, paisagens de fundo, transições e cenas que deveriam ser fotografadas.

O *storyboard* é uma versão do roteiro, com esboços e esquemas simplificados, onde são planejadas as melhores maneiras de transmitir as mensagens compostas no roteiro, buscando clareza e a organização do espaço (ALMEIDA; SANTOS; MARTINS, 2017; MULTIRIO, 2016). Ele facilita a construção do produto final, permitindo que as correções possam ser feitas e novas ideias possam ser inseridas.

A construção do *storyboard* possibilitou a visualização da cartilha (Figura 30), permitindo determinar a quantidade de cenas fotografadas, se o fluxo da história estava coerente, os quadros que deveriam possuir mais destaque e a quantidade de páginas total.

Figura 30 – Algumas páginas do *storyboard* melhorado com utilização do aplicativo Comica.



Fonte: O autor, 2019.

Foram retiradas em torno de 800 fotos em dois ensaios, para que destas fossem selecionadas as melhores disposições, contextos e enquadramentos. Os quadros foram feitos individualmente, em torno de 240 quadros, imagem e textos, para formar cada página da história posteriormente. Foi realizado dessa maneira no intuito de facilitar a etapa de diagramação e futuras correções, onde as imagens, balões e textos são organizados no espaço determinado, pois a forma como cada elemento é disposto na página, *layout*, influencia o ritmo de leitura e até o interesse do leitor na história (MULTIRIO, 2016).

Os balões com os textos e pensamentos foram ajustados e posicionados para que a leitura fosse fluida. Na nossa cultura a leitura de histórias em quadrinhos é feita da esquerda para direita e de cima para baixo, portanto o fluxo escolhido para guiar o leitor pela história.

Além dos quadros, balões de fala, legendas e recordatórios, utilizou-se outro elemento das histórias em quadrinho na distribuição das páginas, o *grid*, que é um tipo de grade que predeterminará os espaços das páginas (ALMEIDA; SANTOS; MARTINS, 2017; SANTOS NETO; SILVA, 2015). Foi selecionada para cada página a disposição de seis ou dois quadros, em sua maioria, e uma variação deste *grid*

permitiu dar mais ênfase e clareza de informações. As páginas com dois quadros são páginas mais dinâmicas, com maior facilidade para introduzir os conteúdos didáticos, e fazem os personagens se aproximarem mais do público e tentar fazer com que o leitor se sinta participante da história, como também aumenta o espaço para colocar as informações didáticas.

Os temas foram tratados de maneira sintética para gerar interesse nos alunos em se aprofundar, para que os professores possam trazer complementações e que seja utilizado junto com outros materiais teóricos. Durante a história, foram apresentados os conceitos químicos e sugestões para estimular a criatividade, produção e desenvolvimento dos alunos.

Os parâmetros de qualidade da água podem ser trabalhados conjuntamente em vários conteúdos da química, no nono ano do ensino fundamental e nos três anos do ensino médio. Foram apresentados na cartilha oito parâmetros químicos: temperatura, turbidez, nitrogênio, fósforo total, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, DBO, DQO e um parâmetro biológico, os coliformes. Existem várias possibilidades para a aplicação da cartilha nas aulas de química, podendo ser utilizada como um tema transversal, interdisciplinar ou inserida em outros temas.

A condutividade, por exemplo, pode ser abordada em aulas de química sobre dissolução de sais, solubilidade, KPS, densidade, condutância de materiais, equilíbrios iônicos; O pH em aulas sobre acidez e basicidade, indicadores ácido/base, corrosão, concentração iônica, escala de pH; oxigênio dissolvido em aulas sobre gases e suas propriedades, reações químicas, lei de Henry e pressões parciais, inclusive pode ser sugerido como atividade de pesquisa as formas de identificação deste elemento e realizar um comparativo entre o método de Winkler, com utilização de vários reagentes, até a evolução para os medidores por luminescência e como eles funcionam; a turbidez pode ser trabalhada em aulas sobre suspensões, coloides, absorção de luz; o fósforo em reações orgânicas, nutrientes químicos, bioquímica, espectrofotometria; nitrogênio e suas formas em reações de oxidação e redução, gases, química orgânica; a temperatura em velocidade das reações, cinética, equilíbrio químico e interferências nos outros parâmetros.

Um tema que aparece frequentemente no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e está inserido no planejamento do terceiro ano de química é o tratamento de água e esgotos, podendo trabalhar o conteúdo da cartilha como um todo. As

possibilidades de aplicação dos parâmetros químicos de qualidade da água em conjunto com outros conteúdos químicos são inúmeras e existem muitos outros temas onde podem ser introduzidos durante as aulas de química.

Além desses parâmetros, pode ser realizada uma pesquisa da composição dos esgotos domésticos e porque eles interferem tanto na qualidade da água. Como funcionam as fossas, o princípio da sedimentação e decantação podem ser trabalhados nos métodos de separação de misturas; as operações que são realizadas nas estações de tratamento de água (ETA) e esgoto, os processos unitários, a adição de reagentes, quais são os reagentes e como agem, processos de desinfecção. São várias as formas e possibilidades de trabalho para que os professores possam mostrar aos alunos que os conteúdos químicos estão inseridos do cotidiano deles.

Os gráficos dos parâmetros de qualidade podem ser trabalhados de diversas formas, mostrando os limites estabelecidos de enquadramento dos rios brasileiros conforme as normas existentes. Quando e quantas vezes estes limites foram ultrapassados, podem ser pesquisados os fatores que podem ter contribuído para as oscilações nos gráficos, além da importância da mensuração dos parâmetros de qualidade para acompanhamento da qualidade da água.

Nas sugestões apresentadas no final da história, as tarefas podem ser divididas em grupos para realização pelos alunos e apresentadas para o restante da turma em um segundo momento. Os alunos também podem ser levados para conhecer as estações de tratamento de água e esgoto da cidade e observar de onde vem a água e para onde vai o esgoto tratado. As visitas podem servir tanto para trazer novos conhecimentos como para estimular a interação comunitária dos alunos na busca de novas maneiras de proteger o meio ambiente ou divulgar os trabalhos de preservação já existentes. Podem, também, ser trabalhadas em feiras de conhecimento, gincanas ou como atividades extraclases. Ainda, uma atividade prática interessante é realizar uma visita com os estudantes ao trecho de um rio, mostrando os diversos usos da água, captação para consumo e despejos de esgotos e mudanças observadas no aspecto da água durante o percurso.

Em resumo, o objetivo principal da cartilha foi a apresentação dos parâmetros químicos de qualidade, do monitoramento dos rios e que se tenha a percepção de que um ambiente saudável depende muito do movimento preservacionista, que as

ações de cada pessoa são importantes, que é possível criar um novo espaço social de recreação, um espaço múltiplo, bonito e agradável, com vários usos, trazendo então uma mobilização que gere ações para este ambiente seja conquistado.

O uso da cartilha na educação pode ser valioso por usar duas das mais eficientes ferramentas de comunicação, textos e imagens (IANESKO *et al.*, 2017). A junção das mesmas, se realizada de maneira agradável, amplifica muito o poder das duas e torna a compreensão dos temas mais fácil, podendo criar oportunidades pedagógicas que aproximem os professores dos estudantes (SANTOS NETO; SILVA, 2015; VERGUEIRO, 2014).

A versão final da cartilha (Figura 31) pode ser encontrada nos apêndices desta dissertação (Apêndice B). Ela apresenta uma estrutura geral bem definida, mas pode possuir lacunas que devem ser preenchidas em revisões futuras.

Figura 31 – Capa da cartilha e início da história, produto educacional desenvolvido.



Fonte: O autor, 2020.

A última versão da cartilha foi enviada, em maio de 2020, para avaliação e sugestões da equipe de comunicação social e educação ambiental da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), que demonstrou interesse em publicar no *site* do Órgão, para que seja utilizada como material educativo em todo estado de

Pernambuco, funcionando, também, como um instrumento de educação ambiental no ensino de química.

4.4 PROPOSTA PARA APLICAÇÃO DA CARTILHA EM SALA DE AULA

A aplicação da cartilha no ensino de química permite o trabalho com conteúdos curriculares, e a aproximação dos conteúdos químicos à realidade vivenciada pelos alunos. O conteúdo de química pode ser trabalhado com mais aprofundamento em complementações de pesquisas ou atividades práticas de medições dos parâmetros de qualidade.

Como sugestão, o produto educacional desenvolvido pode ser utilizado em sala de aula, durante seis aulas, em três momentos diferentes, com duas aulas geminadas de química, em turmas dos anos finais do fundamental e no ensino médio, com duração de 90 minutos por dia, totalizando 270 minutos, o primeiro momento seria utilizado com parte introdutória para trazer os aspectos importantes da utilização da água e geração de efluentes, conforme o plano de aula (Quadro 4).

Quadro 4 – Planejamento da aula para o primeiro dia, explanação da parte introdutória.

Aulas 1 e 2: Aplicação do Produto Educacional		
Tema: Tratamento de água e esgotos		
Objetivo: Compreender as etapas do tratamento de água e esgoto; conhecer os parâmetros físico-químicos de análise de água; entender como a poluição interfere negativamente no meio ambiente e conscientizar para preservação ambiental.		
Desenvolvimento	Conteúdo	Tempo
1. Apresentar o ciclo da água no Brasil	Mostrar como ocorre o ciclo da água, seus diversos usos pela sociedade e o como ocorre o descarte de efluentes.	20 minutos
2. Aula expositiva e dialogada sobre as etapas do tratamento de água e dos esgotos	Explanação das etapas de tratamento de água e esgoto. Captação de água, tratamento, armazenamento e distribuição. Geração de esgotos, tratamentos, destinação.	50 minutos
3. Apresentação dos vídeos: O Uso Racional da Água.	Disponíveis nos endereços: https://youtu.be/JtshF-n-mis	10 minutos
Planeta Água: o mau uso da água	https://youtu.be/ekShrARxGjk	
4. Discussão dos vídeos e sobre a importância da preservação da água	Temas trabalhados no dia	10 minutos
Recursos didáticos	DataShow, notebook.	
Espaço físico utilizado	Sala de aula	
Organização da turma	Distribuição normal	

Fonte: O autor, 2020.

Na primeira etapa do desenvolvimento, apresentar o ciclo da água no Brasil, deve ser apresentado o ciclo hidrológico com interferência da sociedade (Figura 32), trabalhando como parte introdutória para que os alunos possam ter noção dos diversos usos na água, geração dos efluentes e para onde são destinados.

Figura 32 – Ciclo da água no Brasil, com os diversos uso pela sociedade e geração de efluentes.



Fonte: <https://pt-br.facebook.com/qanagovbr/posts/1230461263721449/>

Na segunda etapa, falar sobre as etapas de tratamento de água e esgoto, desde a captação de água nos rios, tratamento, armazenamento e distribuição, e a importância de ter uma água com qualidade para o consumo e também para os esgotos, geração de esgotos, tipos de tratamentos, destinação, mostrando que se o tratamento não for feito corretamente pode interferir na captação de água das cidades localizadas a jusante do lançamento. Podem ser introduzidos os parâmetros de qualidade da água, tendo em vista que para aferir a qualidade da água e esgoto algo deve ser medido.

Em um terceiro momento, apresentar dois vídeos curtos, disponíveis em canais do Youtube, sobre o uso racional da água, vídeo da Agência Nacional de Águas (ANA) e os maus usos da água, vídeo da Wilivro, conforme links disponíveis nos conteúdos do quadro 4, mostrando a importância da preservação e introduzindo algumas das sugestões que serão vistas na cartilha. Os vídeos e tópicos estudados devem ser discutidos para conscientizar para preservação.

Para o segundo dia, em um primeiro momento, devem ser retomados os assuntos trabalhados na aula inicial, levantando aspectos importantes do uso da água e geração de efluentes. Conforme sugestão no quadro seguinte.

Quadro 5 – Planejamento da aula para o segundo dia, com aplicação do produto educacional.

Aulas 3 e 4: Aplicação do Produto Educacional		
Tema: Tratamento de água e esgotos		
Objetivo: Compreender as etapas do tratamento de água e esgoto; conhecer os parâmetros físico-químicos de análise de água; entender como a poluição interfere negativamente no meio ambiente e conscientizar para preservação ambiental.		
Desenvolvimento	Conteúdo	Tempo
1. Retomada dos temas trabalhados na aula anterior.	Tratamento de água e esgoto. Usos da água	20 minutos
2. Leitura e debate da cartilha, produto educacional.	Distribuição da cartilha para leitura. Interação entre grupos na discussão do texto.	50 minutos
3. Dividir atividades das sugestões da cartilha	Proposta para realização das atividades sugeridas no texto da cartilha. Fornecendo meios para realização.	20 minutos
Recursos didáticos	DataShow, notebook, cartilha para leitura	
Espaço físico utilizado	Sala de aula	
Organização da turma	Duplas de estudantes	

Fonte: O autor, 2020.

Na segunda etapa deve realizada a leitura da cartilha, que pode ser distribuída tanto em meio físico quanto digital. No final dessa atividade, deve ser feita uma breve explanação dos aspectos gerais da história e dar ênfase nos parâmetros químicos de qualidade de água, o porquê são observados, mostrando a importância de se medir e porque são necessários na observação da qualidade da água.

Os gráficos dos parâmetros de monitoramento, também, podem ser explicados mostrando a variação dos dados ao longo do tempo, ultrapassando os limites estabelecidos pelo CONAMA n.º 357/2005 e outras possíveis variações ocasionadas no período chuvoso. Por fim, devem ser distribuídas as atividades contidas nas sugestões do final da história para estimular os alunos a desenvolverem atividades externas e o papel social.

As atividades devem ser distribuídas em grupos com dois ou três alunos e fornecidas as orientações e condições para realização. Como exemplo: Para observar se nas comunidades existe lançamento irregular de esgotos ou lixo e fazer uma denúncia ao órgão responsável; ou cobrar um representante por serviços

de saneamento ambiental na sua comunidade. Devem ser fornecidos os números telefônicos dos órgãos ambientais da prefeitura e do estado, da câmara dos vereadores, das ouvidorias da prefeitura e do estado ou outros canais de atendimento presencial ou eletrônico. Deve ser solicitado que na aula seguinte, ou em prazo razoável, a apresentação das ações realizadas e se obtiveram respostas das solicitações ou denúncias.

As atividades propostas na cartilha estão de acordo com a faixa etária dos alunos do nono ano do fundamental e ensino médio, com nível de dificuldade razoável, dando a oportunidade para que os estudantes ocupem o papel de protagonistas, estimulando uma reflexão crítica e a participação comunitária, em defesa do meio ambiente, nos diversos contextos sociais.

Para o terceiro dia, com mais duas aulas de 90 minutos, deve ser seguido o seguinte planejamento (Quadro 6).

Quadro 6 – Planejamento da aula para o terceiro dia, com retorno das atividades desenvolvidas.

Aulas 5 e 6: Aplicação do Produto Educacional		
Tema: Tratamento de água e esgotos		
Objetivo: Compreender as etapas do tratamento de água e esgoto; conhecer os parâmetros físico-químicos de análise de água; entender como a poluição interfere negativamente no meio ambiente e conscientizar para preservação ambiental.		
Desenvolvimento	Conteúdo	Tempo
1. Explanação geral sobre a cartilha	Retomada dos debates sobre o monitoramento e participação de cada cidadão na preservação ambiental.	10 minutos
2. Vídeo a lei do retorno da WWF	https://youtu.be/je2P3x12Vho Sensibilização para preservação.	5 minutos
3. Retorno das atividades desenvolvidas	Apresentação dos grupos: ações desenvolvidas e respostas que obtiveram.	60 minutos
4. Socialização sobre as considerações de cada grupo.	Discussão das considerações realizadas por cada grupo sobre as atividades desenvolvidas.	15 minutos
Recursos didáticos	DataShow, notebook, cartilha para leitura	
Espaço físico utilizado	Sala de aula	
Organização da turma	Grupo com dois ou três estudantes cada	

Fonte: O autor, 2020.

Na primeira etapa deve ser retomada a discussão sobre o produto educacional, com a função de lembrar os aspectos vistos na aula anterior, reforçando os conceitos químicos e a sensibilização para preservação. O vídeo curto tem a mesma intenção, mostrar que a falta de preservação prejudica todos nós.

Na terceira parte, a apresentação das atividades desenvolvidas pelos grupos, é um momento importante para socializar as ações, levantar quais as dificuldades encontradas, se houve resolução ou qual prazo foi dado. Este retorno é indispensável e deve ser bem trabalhado, pois nem sempre os problemas propostos são resolvidos de imediato, o que pode desestimular alguns estudantes. Porém a cobrança das respostas, por uma ou mais pessoas, pela própria escola ou até por grupos da sociedade devem sempre ser estimuladas para termos representantes mais comprometidos com a população. Os alunos precisam ter noção do poder da ação que a aquisição desses conhecimentos pode proporcionar, principalmente no desenvolvimento de uma maior participação social.

Quando é compreendida a importância das mudanças do comportamento individual, o indivíduo passa para o segundo passo, o de transformar a consciência em ações efetivas. A mudança exige um comportamento diferente de cada um, exigindo esforço e planejamento. A cada pessoa que se compromete com essa mudança, é uma pequena vitória para o meio ambiente. A convivência atual da sociedade com o ambiente é insustentável e cresce ainda mais quando nada é feito, quanto mais as pessoas se acostumam e ficam conformadas com a situação atual, maior será a degradação. Freire, nos lembra que:

Ninguém pode estar no mundo, com o mundo e com os outros de forma neutra. Não posso estar no mundo de luvas nas mãos constatando apenas. A acomodação em mim é apenas caminho para a inserção, que implica decisão, escolha, intervenção na realidade (FREIRE, 2016, p. 75).

Cabe finalmente reforçar, o cuidado que cada um de nós deve ter, para que cada rio, por menor que seja, possa ser defendido e mantido em sua forma natural mesmo nos espaços urbanos. A aplicação da cartilha pode contribuir para a formação de cidadãos mais críticos e conscientes nos seus papéis sociais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados utilizados da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), resultados do monitoramento da qualidade da água do rio Ipojuca serviram para reconhecer o tamanho das dificuldades enfrentadas para implantação de um programa de saneamento ambiental na região, como foi o PSA Ipojuca. Foi observado que por diversas vezes os parâmetros de qualidade estavam em desacordo com as normas e que é grande a necessidade que esse quadro seja revertido. A poluição prejudica toda sociedade e tem que ser combatida por todos, ações como esta do Programa são imprescindíveis e devem ser fortalecidas, para isto o nível de conscientização das pessoas deve ser crescente e muito deve ser investido em educação.

A aplicação do questionário trouxe algumas das percepções das pessoas sobre a poluição de rios. Alguns dos pontos mais significativos foram das pessoas enxergarem negativamente a poluição, se sentirem incomodadas, saber que fazem parte do problema e o fato de querer mudar esta realidade. A vontade de ter um rio limpo e bem cuidado pode contribuir e fortalecer as várias ações desenvolvidas na busca por este objetivo.

O produto educacional foi elaborado pensando em auxiliar na formação de cidadãos mais responsáveis. Aborda alguns conceitos da química e resalta a importância da preservação ambiental, principalmente focando na qualidade dos rios. É esperado que a utilização desse produto, além de colaborar no ensino de química, contribua na formação de sujeitos mais conscientes, não só nas escolas, mas também em outros espaços sociais, alertando um maior número de pessoas para importância da preservação.

Ressalta-se, ainda, que cada passo dado por cada cidadão, seja na separação do lixo em casa, ou na economia de água, ou em não jogar lixo nas ruas ou até cobrar de nossos representantes, é fator necessário e importante nessa difícil tarefa da preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. N.; SANTOS, S.C.; MARTINS, W.R.S. **Quadrinhos como Forma de Educar**. 2017. Projeto (Projeto Experimental de Curso) – Artes Visuais, Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Brasil. **Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas**, Brasília: ANA, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2020. Brasil. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/default.aspx>. Acesso em: 27 mar. 2020.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2020a. **Comitês de Bacia. Comitês de Bacias Hidrográficas de Pernambuco**. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=7. Acesso em: 17 maio 2020.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2020b. **Monitoramento Pluviométrico do Estado de Pernambuco**. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for examination of water and wastewater. 21th ed.**, Washington: American Public Health Association, 2017.
- BACELAR, B. M. F. *et al.* **Metodologia para Elaboração de Cartilhas em Projetos de Educação Ambiental em Micro e Pequenas Empresas**. Recife: Jepex, 2009.
- BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- BENEDETTI FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M.; BENEDETTI, L. P. S. Divulgando a Ciência em Histórias em Quadrinhos: investigações periciais e suas relações com a Química. **Cidadania em Ação: Revista de Extensão e Cultura**, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 50-67, dez. 2019.
- BRANDÃO, C. J. (org.). *et al.* **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988**. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2019.
- BRASIL. **Decreto n.º 4.297, de 10 de Julho de 2002**. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm. Acesso em: 02 maio 2020.

BRASIL. **Lei n.º 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso em: 15 abr. 2020.

BRASIL. **Lei n.º 9.394, 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 11 nov. 2019.

BRASIL. **Lei n.º 9.795, 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm. Acesso em: 11 nov. 2019.

BRASIL. **Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 25 out. 2019.

BRASIL. **Lei n.º 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e nº 11.494, de 20 de junho 2007. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm. Acesso em: 16 dez. 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei n.º 3.632, 13 de novembro de 2015**. Obriga beneficiário de bolsa de estudo de programa da União a prestar colaboração a estabelecimento público de educação básica. Disponível em:
<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2055300>. Acesso em: 05 maio 2020.

BRASIL. **Projeto de Lei n.º 5.604, 15 de junho de 2016**. Altera a Lei nº 9.394, 20 de dezembro de 1996. Obriga a inclusão da disciplina de educação ambiental no currículo escolar. Disponível em:
<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2088398>. Acesso em: 11 nov. 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 274, de 29 de novembro de 2000**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Define os Critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. Disponível em:
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em: 22 abr. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em:
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 27 mar. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 430, de 13 de maio de 2011**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de

efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 03 jun. 2020.

BUENO, M. G.; HENKES, J. A. Revitalização do Rio Tietê: uma Opção Viável. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 516, 12 maio 2016. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL.

BORTOLON, B.; MENDES, M. S. S. A Importância da Educação Ambiental para o Alcance da Sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**. Itajaí, Centro de Ciências Sociais e Jurídicas da UNIVALI. v. 5, n.1, p. 118-136, 1º Trimestre de 2014.

CARRELA, C. E. Rio Tietê: São Paulo, Brasil. *In*: MACHADO, A.T.G.M. *et al.* (org.). **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia**. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Manuelzão e Instituto Guaicuy, 2010. p. 62-72.

CASTEROT, B. Rio Sena: Paris, França. *In*: MACHADO, A.T.G.M. *et al.* (org.). **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia**. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Manuelzão e Instituto Guaicuy, 2010. p. 120-130.

CAVALCANTE, K. S. B. *et al.* Educação ambiental em histórias em quadrinhos: recurso didático para o ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 4, p. 270-277, 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020. **Matéria Orgânica e Nutrientes**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/materia-organica-e-nutrientes/>. Acesso em: 08 jun. 2020.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018. **Relatório de Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo/ Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade, São Paulo/SP**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 27 mar. 2020.

CIESP. Centro das Indústrias do Estado de São Paulo, 2013. **IBGE apresenta ranking dos 10 rios mais poluídos do Brasil**. Disponível em: <http://www.ciespjacarei.org.br/noticias/ibge-apresenta-ranking-dos-10-rios-mais-poluídos-do-brasil/>. Acesso em: 16 mar. 2020.

COMPESA. Companhia Pernambucana de Saneamento, Recife, 2016. **Plano de Comunicação do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca**. v. 1 a 3. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/empreendimentos/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

COMPESA. Companhia Pernambucana de Saneamento. **Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, Relatório de Caracterização Geral, Socioeconômica e Institucional da Bacia**. Recife: Biomonitoramento e Meio Ambiente. 2017.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente. 2015. **Seleção de índices e indicadores de qualidade da água - Seleção Preliminar e Material de Apoio para Aplicação**. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume2.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2020.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente. 2014. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco - 2014**. Recife. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br>. Acesso em: 10 fev. 2020.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco - 2018**. Recife. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br>. Acesso em: 20 mar. 2020.

ESCOBAR, H. Divulgação Científica: Faça Agora ou Cale-se para Sempre. *In*: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (org.). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas, SP: BCCL/ UNICAMP, 2018. p. 31-35.

FERRÃO, J.; HORTA, A. (coord.). **Ambiente, território e sociedade: novas agendas de investigação**. Lisboa: ICS. Imprensa de Ciências Sociais, 2015.

FERREIRA, A. M.; AOKI, Y. S. **Educação Ambiental e a problemática do uso da água: conhecer para cuidar**. São Paulo: Caderno Pde, 2016. p. 2-32.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 53 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2016.

FREIRE, P. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam**. 51 ed. São Paulo: Cortez Editora, 2017.

FREYRE, G. **Guia prático, histórico e sentimental da cidade do Recife**. 5 ed. São Paulo: Global Editora, 2007.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde, Brasil. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

GOMES, T. P. S.; VITORINO, D. C. **Educação formal e não formal**. Londrina, PR: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017.

GOUW, A. M. S.; BIZZO, N. **A Dengue na Escola: Contribuições Para a Educação em Saúde da Implementação de um Projeto de Ensino de Ciências**. Florianópolis: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VII Enpec), 2009. p. 3-4.

GUARESCHI, P. A.; JOVCHELOVITCH, S. **Textos em representações sociais**, 6. ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2000.

HILL, Rachael. Rio Tâmis: Londres, Inglaterra. *In*: MACHADO, A.T.G.M. *et al.* (org.). **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia**. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Manuelzão e Instituto Guaicuy, 2010. p. 131-152.

IANESKO, F.; ANDRADE, C. K.; FELSNER, M. L.; ZATTA, L. Elaboração e aplicação de histórias em quadrinhos no ensino de Ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s.l.], v. 12, n. 5, 2017. p. 105-125.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 1991**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=downloads>. Acesso em: 05 abr. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=downloads>. Acesso em: 05 abr. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010a**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=downloads>. Acesso em: 05 abr. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2010**. Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv46401.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2020

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. **Brasil/ Pernambuco/ Caruaru. História e Fotos**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/caruaru/historico>. Acesso em: 10 fev. 2020.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2020. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB)**. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/ideb>. Acesso em: 23 abr. 2020.

JACOBI, P. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. São Paulo: Cadernos de Pesquisa. n. 118, mar. 2003. p. 189-206.

JERONIMO, R. A. *et al.* Escolha das Espécies Biomonitoras e Efluente Têxtil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [s.l.], v. 8, n. 3, p. 312, 3 out. 2019. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LEITE, B. S. M-learning: o uso de dispositivos móveis como ferramenta didática no ensino de química. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [s.l.], v. 22, n. 03, p. 55, dez. 2014. Sociedade Brasileira de Computação.

LIMA, D. R. S. *et al.* Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 6, p. 1043-1054, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO)

LIMA, J. E. F. W. **Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo**. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001.

LIMA, R. H. P. **Aprendendo Gestão**, 2016. **Ferramentas e técnicas de gestão para administradores e engenheiros**. Disponível em:

aprendendogestao.com.br/identificacao-de-outliers/. Acesso em: 29 maio 2020.

LISBOA, A. H. Projeto Manuelzão: uma experiência de revitalização de rios em Minas Gerais, Brasil. *In*: MACHADO, A.T.G.M. *et al.* (org.). **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia**. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Manuelzão e Instituto Guaicuy, 2010. p. 13-16.

MACHADO, A. T. G. M. *et al.* (org.). **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia**. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Manuelzão e Instituto Guaicuy, 2010.

MARTEIS, L. S.; STEFFLER, L. M.; SANTOS, R. L. C. Abordagem sobre Dengue na educação básica em Sergipe: análise de cartilhas educativas. **Scientia Plena**, [Sergipe], v. 7, n. 6. 2011.

MENDONÇA, M. R. S. **Ciência em quadrinhos: recurso didático em cartilhas educativas**. Tese (Doutorado em Linguística). Programa de Pós-Graduação em Letras, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Brasil. 2018. **Educação de jovens e adultos é prioridade no governo**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/32737-eja>. Acesso em: 10 jul. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasil. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

MULTIRIO, Empresa Municipal de Multimeios. Prefeitura do Rio de Janeiro. **Quadrinhos Guia Prático**. 2. ed. Rio de Janeiro: Secretária Municipal de Educação, 2016.

NOH, S. H. Rio Cheonggyecheon: Seul, Coreia do Sul. *In*: MACHADO, A.T.G.M. *et al.* (org.). **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia**. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Manuelzão e Instituto Guaicuy, 2010. p. 291-314.

OLIVEIRA, E. M. **Desafios e perspectivas para a recuperação da qualidade das águas do Rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo**. 2015. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca: Tomo I Diagnóstico Hidroambiental**. v. 01 a 03. Projetos Técnicos. Recife, 2010.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação. **Conteúdos de Química por Bimestre para o Ensino Médio com Base nos Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco**. Recife, 2013. Disponível em: <http://www.educacao.pe.gov.br/portal/>. Acesso em: 19 jul. 2020.

PERNAMBUCO. **Lei n.º 16.688, de 6 de novembro de 2019**. Institui a Política de Educação Ambiental de Pernambuco – PEAPE. Disponível em:

<https://legis.alepe.pe.gov.br/Paginas/texto.aspx?id=47993&tipo=>. Acesso em: 20 dez. 2019.

PEZZO, M. Cultura Científica e Cultura da Mídia: Relações Possíveis (e Necessárias) na Prática de Divulgação da Ciência. *In*: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (org.). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas, SP: BCCL/ UNICAMP, 2018. p. 87-97.

PHILIPPI JR., A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (ed.). **Curso de gestão ambiental**. 2 ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2014.

RIGHETTI, S. Ciência na Mídia: Onde Estão os Estudos de Pesquisadores Brasileiros? *In*: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (org.). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas, SP: BCCL/ UNICAMP, 2018. p. 23-29.

ROCHA, A. A. **Histórias do saneamento**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 2016.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Projeto Tietê, 2019. Tem o objetivo de contribuir com revitalização progressiva do rio Tietê e seus afluentes, um dos maiores programas de saneamento do Brasil**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=701>. Acesso em: 21 dez. 2019.

SANCHES, S. M. *et al.* Estudo da presença da toxina microcistina-LR em água utilizada em clínica de hemodiálise e validação de um método analítico. **Eclética Química**, [s.l.], v. 32, n. 4, p. 43-48, 2007. FapUNIFESP (SciELO).

SANTOS NETO, E.; SILVA, M. R. P. (org.). **Histórias em Quadrinhos e Práticas Educativas: O trabalho com universo ficcionais e fanzines**. 1. ed. v. 1. São Paulo: Criativo, 2013.

SANTOS NETO, E.; SILVA, M. R. P. (org.). **Histórias em Quadrinhos e Práticas Educativas: Os gibis estão na escola, e agora?** 1. ed. v. 2. São Paulo: Criativo, 2015.

SANTOS, S. Princípios e técnicas de comunicação. *In*: PHILIPPI JR., A.; PELICIONI, M. C. **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri: Manole, 2005. p. 437-466.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, [s.l.], v. 9, n.17, p. 49-62, dez. 2012.

SILVA, I. F.; NÓBREGA, R. S.; GALVÍNCIO, J. D. Impacto das mudanças climáticas nas respostas hidrológicas do rio Ipojuca (PE). Parte 2: cenários de aumento de temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 19-30. set. 2009. GN1 Genesis Network.

SILVA, J. C. A. **Bacias hidrográficas urbanizadas: renaturalização, revitalização e recuperação. Um estudo da bacia do Jaguaré**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Escola Politécnica da Universidade

de São Paulo, São Paulo, 2017.

SILVA, T. T. **Avaliação da qualidade da água do rio Jucu/ES (Brasil), por meio de parâmetros físico-químicos e biológicos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

SIMIÃO, J. Por Que os Brasileiros Pouco se Envolvem nas Políticas Públicas de Ciência? *In*: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (org.). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas, SP: BCCL/ UNICAMP, 2018. p. 181-188.

SOUZA, J. C. M.; GONÇALVES, L.; SOARES, A. M. D. A Educação Ambiental na Recuperação e Conservação de Recursos Naturais: a Percepção de Assentados Rurais no Cerrado Goiano. **Revista de Geografia Agrária**, [s.l.], v. 6, n. 11, p. 312-337. 2 mar. 2011.

SORRENTINO, M.; FERRARO JR, L. A.; PORTUGAL, S. **Ambientalismo e Participação na Contemporaneidade: Avaliação de Processos Educacionais**. *In*: Anais do Simpósio Comemorativo aos 10 anos do Curso de Especialização em Educação Ambiental e Recursos Hídricos. São Carlos, SP: Rima Editora, 2005.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2014.

TRINDADE, I. M. F. A Cartilha maternal e algumas marcas de sua aculturação. **Revista Brasileira de História da Educação**. [s.l.], v. 4, n. 1, p. 109-134, 14 fev. 2012.

UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. **Projeto Manuelzão, 2019. Histórico do Projeto e notícias relacionadas ao meio ambiente**. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/>. Acesso em: 12 out. 2019.

VERGUEIRO, W. *et al.* (org.). **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. 4. ed., 2. reimpressão. São Paulo: Contexto, 2014.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (org.). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas, SP: BCCL/ UNICAMP, 2018.

VOIGT, Carmen Lúcia (org.). **O Ensino de Química**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 187-188.

WEINGERTNER, P. Rio Reno: Suíça, França, Alemanha e Holanda. *In*: MACHADO, A.T.G.M. *et al.* (org.). **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia**. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Manuelzão e Instituto Guaicuy, 2010. p. 277-290.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO****DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - PROFQUI****QUESTIONÁRIO**

Nome: _____

Idade: _____

Escolaridade: () 1º grau incompleto () 1º grau completo () 2º grau incompleto
() 2º grau completo () Superior incompleto () Superior completo
() analfabeto () pós graduação () mestrado/doutorado

1) Mora próximo ao rio? () sim () não

2) A quanto tempo você mora próximo ao rio?

3) Utiliza a água do rio? () sim () não , se sim, para que?

4) Pesca ou recreia no rio? () sim () não

5) Você acha que o rio é limpo ou poluído? () limpo () poluído, Por quê?

6) Qual a importância do rio para comunidade?

7) Se o rio fosse limpo, seria melhor para a comunidade? Por quê?

8) De onde você acha que vem a maior parte da poluição do rio?

9) Você acredita que existam ações voltadas para melhoria da qualidade do rio?
Conhece alguma?

10) O que você pode fazer para diminuir a poluição do rio?

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

Cartilha didática para alunos do nível fundamental II e ensino médio, divulgando a importância da preservação ambiental e aspectos químicos de qualidade do rio. Disponível nesta dissertação e também no endereço eletrônico: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/581264>

QUERO MEU RIO DE VOLTA!

NEWTON ANTAS

EDENIA AMARAL



CPRH Agência
Estadual de
Meio Ambiente

CPRH Agência
Estadual de
Meio Ambiente

Rua Oliveira Góes, 395, Poço da Panela
Recife - PE - Brasil. CEP: CEP 52061-340
PABX: (81) 3182 8800
URL: <http://www.cprh.pe.gov.br/>



UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos
Recife - PE - Brasil. CEP.: 52.171.900
URL: <http://www.profqui.ufrpe.br/>
E-mail: newton.antas@bol.com.br

QUERO MEU RIO

DE VOLTA!



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL -
PROFQUI**

Textos: Newton Antas Pereira, Edenia Maria Ribeiro do Amaral

Imagens: Newton Antas

Revisão: Andréa Xavier, Edenia Amaral, Lorena Colliard, Sonali Campos.

Produção inicial: Newton Antas

Foto de capa: Rio Ipojuca na ponte da PE-60

RECIFE - PE, 2020

QUERO MEU RIO DE VOLTA!

Quem olha o Rio Ipojuca
E a sua hidrografia
Machucada pelas chagas
Que a poluição crucia,
Às vezes nem imagina
Que ele foi limpo um dia.

Em um passado até próximo,
Não havia poluente,
O povo nadava nele
E bebia água contente,
Pois ele fazia parte
Da vida de muita gente.

Foi ficando diferente
Por motivos incorretos,
Pela falta de cuidados,
Néscios modos incompletos,
O Ipojuca tornou-se
Em um poço de dejetos.

Lugares onde ele é mais limpo,
É verdade! Têm ainda...
Se o rio for bem cuidado,
Cuidando bem ele brinda
Oferecendo tesouros
Da sua riqueza infinda.

Entre os rios poluídos,
Do Brasil é o terceiro,
Mas eu sonho com o dia
De ver um novo roteiro
E o nosso Ipojuca limpo
No seu curso por inteiro.

Sem coliformes fecais,
Que poluem e causam dó,
pH equilibrado,
Bom nível de DBO,
Sendo insípida e inodora
Esta sua H₂O.

Pelas iniciativas
Este rio mudará,
Nos trabalhos da Compesa
E da CPRH,
O Janelas Para o Rio
E mais o PSA.

Se o povo todo ajudar
Com medidas sustentáveis,
Dirimindo as impurezas
Para níveis aceitáveis,
Porque pra cuidar do rio
Somos todos responsáveis.

Precisamos dar as mãos
Com excelência e ternuras,
Do meio ambiente somos
Um meio de essências puras,
Pra dar um futuro bom
Para as gerações futuras.

A mão do tempo é tão firme!
Prende com força e não solta,
Mas dá pra mudar o hoje
E o porvir ter nova escolta
Numa voz todos dizendo:
"Quero meu rio de volta!".

Jénerison Alves



APRESENTAÇÃO

ESTA HISTÓRIA EM QUADRINHOS FOI ELABORADA COM O OBJETIVO DE TRAZER INFORMAÇÕES SOBRE O MONITORAMENTO DOS RIOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO. APRESENTAMOS ALGUNS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS REALIZADOS PELO LABORATÓRIO DA AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - CPRH E ALGUMAS INFORMAÇÕES SOBRE OS PROGRAMAS DESENVOLVIDOS.

O TEXTO APRESENTA SUGESTÕES DE ATIVIDADES QUE PODEM SER REALIZADAS PELOS ESTUDANTES, ESCOLAS OU PELA PRÓPRIA COMUNIDADE NA TENTATIVA DE OBTER RIOS MENOS POLUIDOS E PRESERVADOS; LOCAIS QUE POSSAM SER UTILIZADOS PARA PESCA, BANHO, RECREAÇÃO OU SIMPLEMENTE LUGARES AGRADÁVEIS PARA CONVIVÊNCIA COMUNITÁRIA.

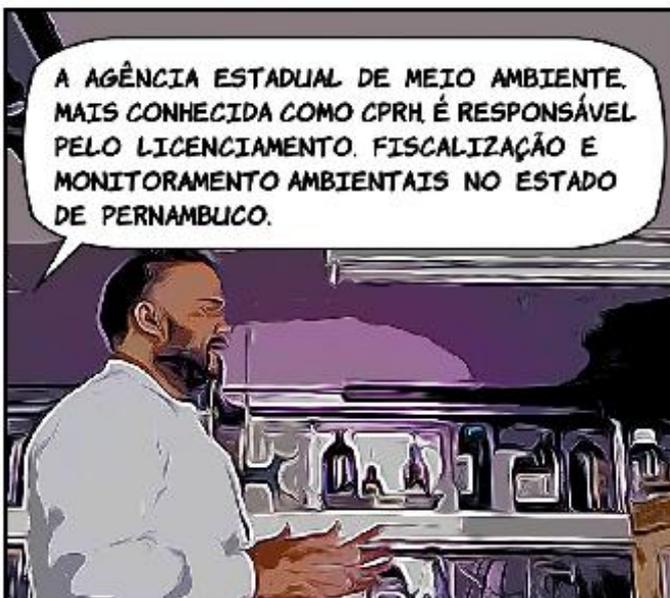
LOREN E NAY SÃO ESTUDANTES DE UMA ESCOLA PÚBLICA PERNAMBUCANA E SE PREOCUPAM COM OS DIREITOS DOS ANIMAIS E COM O MEIO AMBIENTE











O QUE É O MONITORAMENTO ?



O MONITORAMENTO É UMA VERIFICAÇÃO PERIÓDICA DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE. A COLETA DE UMA AMOSTRA DE ÁGUA É FEITA EM LOCAIS MARCADOS E LEVADA PARA ANÁLISE NO LABORATÓRIO DA CPRH.



ALGUNS PARÂMETROS SÃO MEDIDOS NO PRÓPRIO LOCAL DE COLETA UTILIZANDO-SE SONDAS. SÃO AS CHAMADAS MEDIÇÕES DE CAMPO. AS SONDAS SÃO EQUIPAMENTOS COM ELETRODOS ESPECÍFICOS PARA VERIFICAÇÃO DE ALGUMAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE.



OUTRAS AMOSTRAS SÃO LEVADAS NOS FRASCOS DE COLETA PARA SEREM ANALISADAS NO LABORATÓRIO. EM POUCOS DIAS SÃO EMITIDOS RELATÓRIOS COM OS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES REALIZADAS.



MAS COMO PODEMOS SABER SE UM RIO ESTÁ POLUÍDO ???



EXISTEM VÁRIOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS QUE PODEM SER PESQUISADOS PARA FAZER ESSA CONSTATAÇÃO. VAMOS CONHECER ALGUNS DELES.



A TEMPERATURA É A MEDIDA DA INTENSIDADE DE CALOR DA ÁGUA. ELA INTERFERE EM VÁRIOS OUTROS PARÂMETROS. INCLUSIVE NA QUANTIDADE DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA. NA CINÉTICA DAS REAÇÕES QUÍMICAS QUE PODEM OCORRER E NAS ATIVIDADES BIOLÓGICAS DOS ORGANISMOS AQUÁTICOS.



A TURBIDEZ MEDE A INTENSIDADE DE UM FEIXE DE LUZ AO ATRAVESSAR UMA AMOSTRA DE ÁGUA. O AUMENTO DA TURBIDEZ OCORRE DEVIDO A PRESENÇA DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO E PODE DIFICULTAR A AÇÃO DOS AGENTES DESINFETANTES UTILIZADOS NO TRATAMENTO DA ÁGUA.



O NITROGÊNIO PODE SER ENCONTRADO NAS ÁGUAS NAS FORMAS DE NITROGÊNIO ORGÂNICO, AMONÍACAL, NITRITO E NITRATO. AS FONTES DESSE ELEMENTO NAS ÁGUAS NATURAIS SÃO DIVERSAS. OS ESGOTOS SANITÁRIOS CONSTITUEM A PRINCIPAL FONTE. DEPENDENDO DA FORMA COMO É ENCONTRADO, PODE INDICAR SE A POLUIÇÃO É RECENTE OU NÃO.



FÓSFORO TOTAL - APARECE EM ÁGUAS NATURAIS DEVIDO, PRINCIPALMENTE, ÀS DESCARGAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS. A MATÉRIA ORGÂNICA FECAL E OS DETERGENTES DOMÉSTICOS SÃO AS PRINCIPAIS FONTES DESTA ELEMENTO. O FÓSFORO E O NITROGÊNIO SÃO IMPORTANTES NUTRIENTES NOS PROCESSOS BIOLÓGICOS E PROVOCAM O CRESCIMENTO EXCESSIVO DE ALGAS.



PH - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO. MEDE A ACIDEZ, ALCALINIDADE OU NEUTRALIDADE DE UMA SOLUÇÃO AQUOSA. A INFLUÊNCIA DELE SOBRE OS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS OCORRE DEVIDO A SEUS EFEITOS NAS FISIOLÓGICAS DAS DIVERSAS ESPÉCIES.



CONDUTIVIDADE É A EXPRESSÃO NUMÉRICA DA CAPACIDADE DE UMA ÁGUA CONDUIZIR CORRENTE ELÉTRICA. DEPENDE DAS CONCENTRAÇÕES IÔNICAS E DA TEMPERATURA E DÁ INDICAÇÃO DA QUANTIDADE DE SAIS EXISTENTES EM UMA AMOSTRA DE ÁGUA.



OS COLIFORMES SÃO UM GRUPO DE BACTÉRIAS QUE POSSUEM REPRESENTANTES DE ORIGEM FECAL, COMO A BACTÉRIA ESCHERICHIA COLI. ÁGUAS COM QUANTIDADE ELEVADA DE COLIFORMES FECAIS INDICAM POLUIÇÃO POR ESGOTOS SANITÁRIOS.



OXIGÊNIO DISSOLVIDO - OS NÍVEIS DE OXIGÊNIO INDICAM A CAPACIDADE DE UM RIO EM MANTER A VIDA AQUÁTICA. É UM DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS QUE INDICAM QUE O RIO ESTÁ SENDO POLUÍDO. RIOS POLUÍDOS POSSUEM BAIXOS NÍVEIS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO.

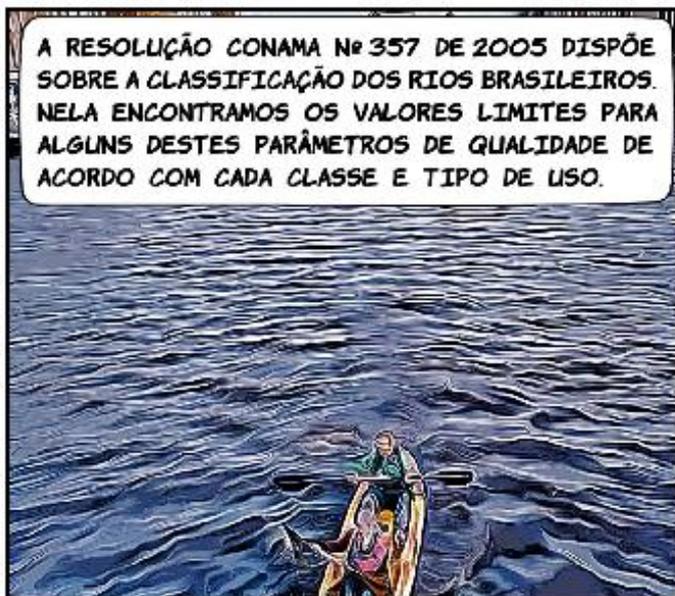


DBO - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO É A QUANTIDADE DE OXIGÊNIO NECESSÁRIA PARA DEGRADAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA POR PROCESSOS BIOLÓGICOS. O AUMENTO DA DBO EM UM RIO É PROVOCADO, PRINCIPALMENTE, PELO LANÇAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS, O QUE CONTRIBUI PARA DIMINUIÇÃO DOS VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA.

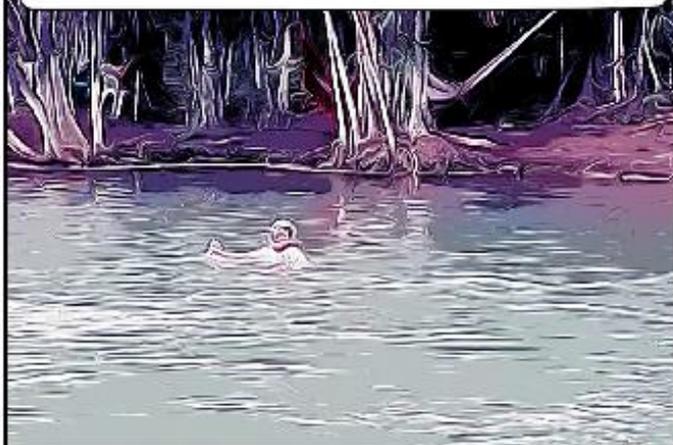


DQO É QUANTIDADE DE OXIGÊNIO NECESSÁRIA PARA OXIDAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UMA AMOSTRA POR MEIO DE UM AGENTE QUÍMICO. O AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DQO NUM RIO DEVE-SE PRINCIPALMENTE A DESPEJOS DE ORIGEM INDUSTRIAL.

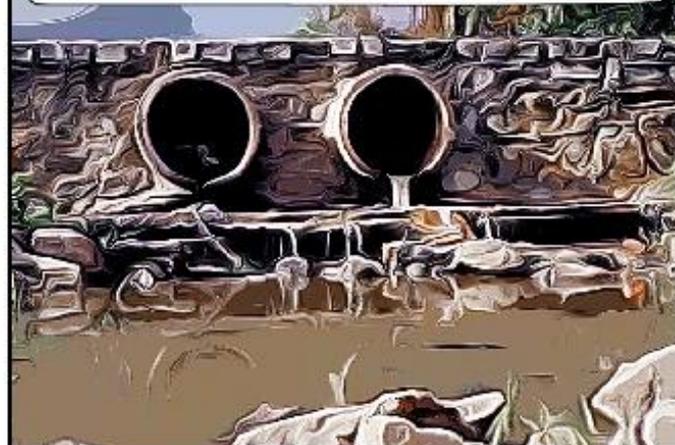




É VERDADE SIM, COMO TAMBÉM AINDA EXISTEM VÁRIOS LOCAIS BEM PRESERVADOS, ONDE A POPULAÇÃO PESCA, CONSUME A ÁGUA, RECREIA E TOMA BANHO, INCLUSIVE LOCAIS PRÓXIMOS DAS CIDADES.



EM GERAL, PRÓXIMO DAS NASCENTES OS RIOS SÃO MAIS LIMPOS E PERMANECEM ASSIM ATÉ ENCONTRAR AS PRIMEIRAS CIDADES. QUANDO COMEÇAM A RECEBER OS ESGOTOS, TAMBÉM CONHECIDOS COMO EFLUENTES.



ANTES DE CHEGAR NAS CIDADES EXISTEM OS PONTOS DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA QUE SEGUE PARA TRATAMENTO E PARA O ABASTECIMENTO DAS NOSSAS CASAS.



E DE ONDE VEM A POLUIÇÃO DOS RIOS??



A MAIOR PARTE DA POLUIÇÃO VEM DA PRÓPRIA POPULAÇÃO E DE INDÚSTRIAS. O DESCARTE DE ESGOTOS SEM TRATAMENTO É UM GRANDE VILÃO. PORTANTO, OS NOSSOS GOVERNANTES DEVEM SANEAR AS RUAS PARA EVITAR QUE ESTE ESGOTO CHEGUE NOS RIOS ANTES DE SER TRATADO.



VÁRIOS PROGRAMAS DE RECUPERAÇÃO E SANEAMENTO FORAM REALIZADOS NO BRASIL E NO MUNDO. EXISTEM ALGUNS QUE AINDA ESTÃO OCORRENDO PARA MELHORAR A QUALIDADE DOS RIOS.



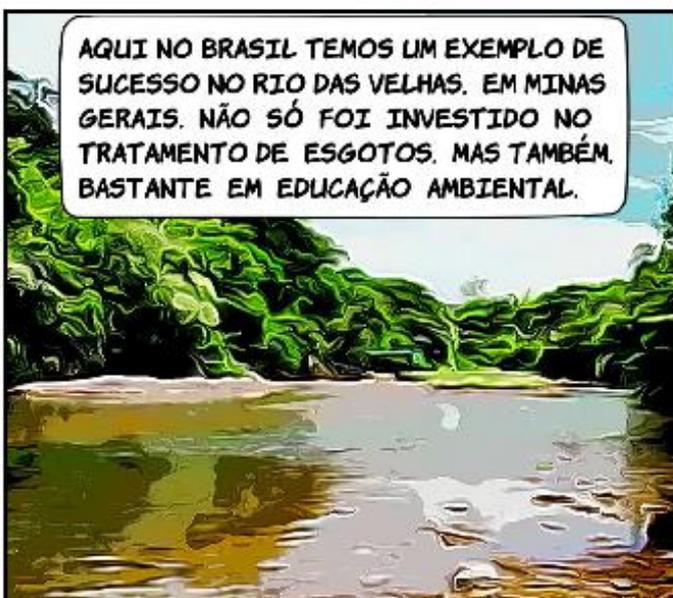
NO RIO TAMISA, INGLATERRA, FORAM PRECISOS MAIS DE 120 ANOS DE INVESTIMENTOS PARA RECUPERÁ-LO E HOJE ELE É CONSIDERADO UM DOS RIOS URBANOS MAIS LIMPOS DO MUNDO.



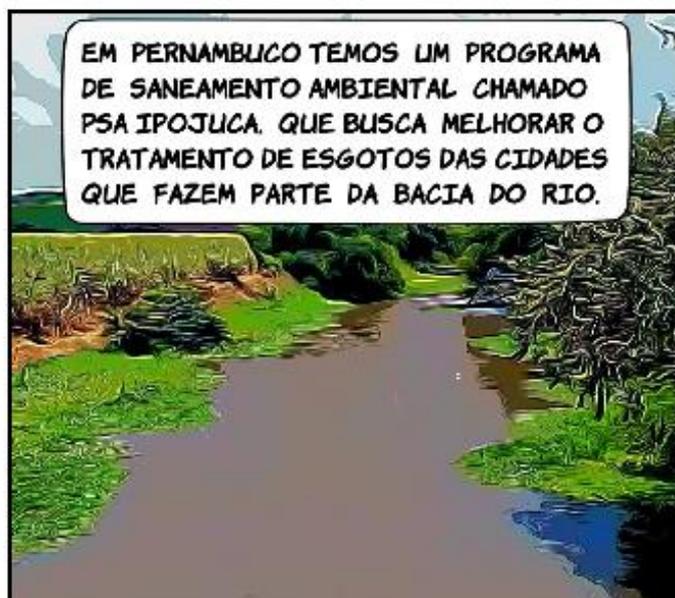
O RIO SENA, NA FRANÇA, EM 1960 FOI CONSIDERADO BIOLÓGICAMENTE MORTO E APÓS ANOS DE INVESTIMENTOS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL TRANSFORMOU-SE EM UM RIO LIMPO E CHEIO DE VIDA.



AQUI NO BRASIL TEMOS UM EXEMPLO DE SUCESSO NO RIO DAS VELHAS, EM MINAS GERAIS. NÃO SÓ FOI INVESTIDO NO TRATAMENTO DE ESGOTOS, MAS TAMBÉM, BASTANTE EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL.



EM PERNAMBUCO TEMOS UM PROGRAMA DE SANEAMENTO AMBIENTAL CHAMADO PSA IPOJUCA, QUE BUSCA MELHORAR O TRATAMENTO DE ESGOTOS DAS CIDADES QUE FAZEM PARTE DA BACIA DO RIO.



DESDE 2013 O PROGRAMA BUSCA A EXPANSÃO DA COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS E COM ISSO ESPERA-SE QUE OCORRA A MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO.

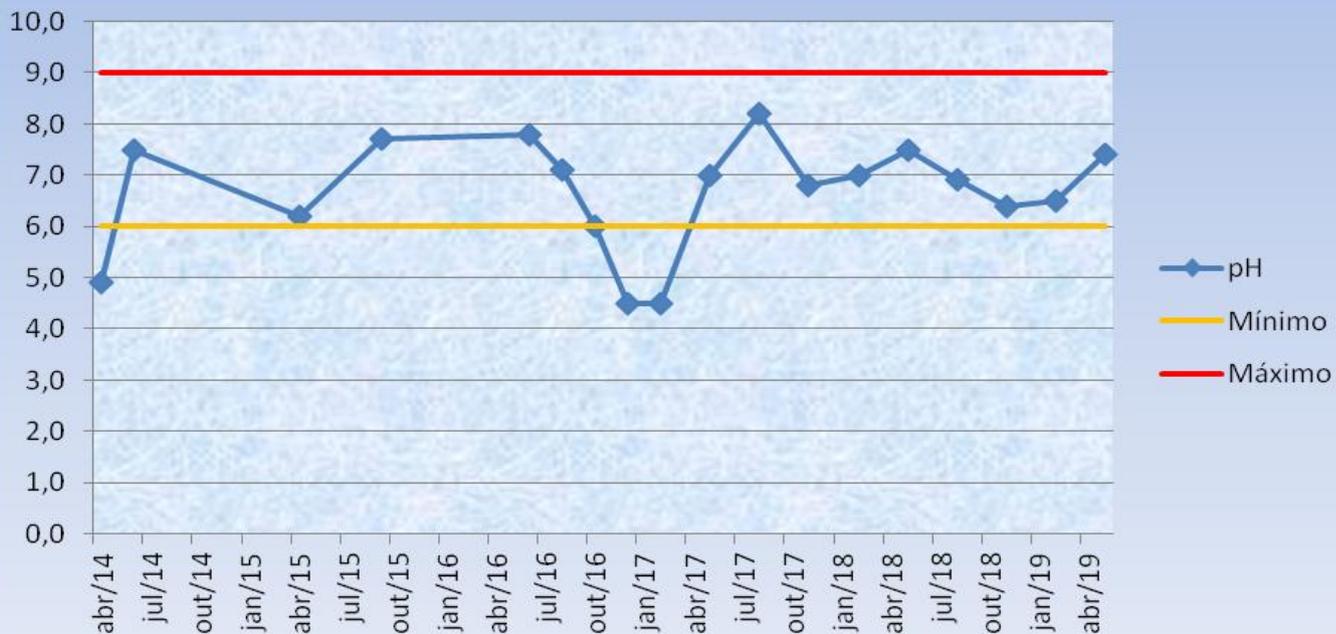


MAS O RIO AINDA ESTÁ MUITO SUJO! COM MAU CHEIRO E MUITO LIXO!

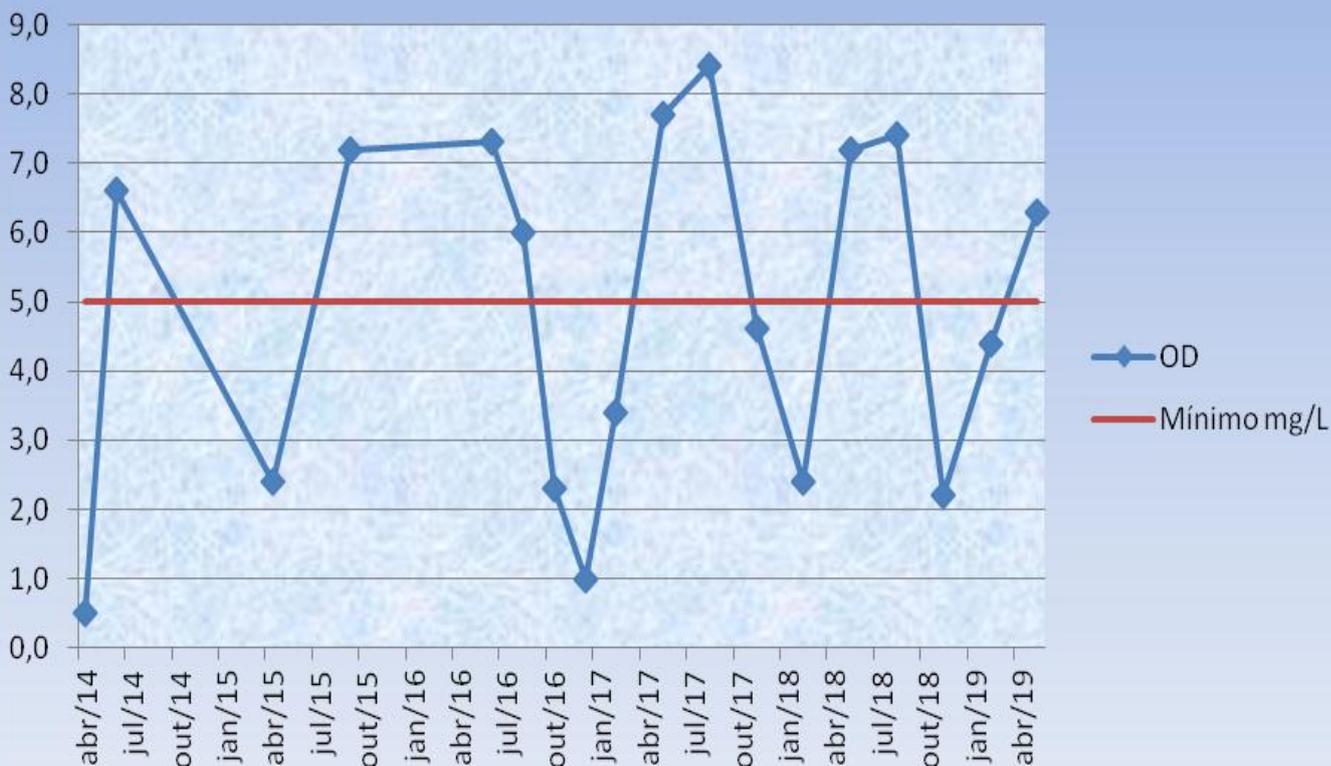


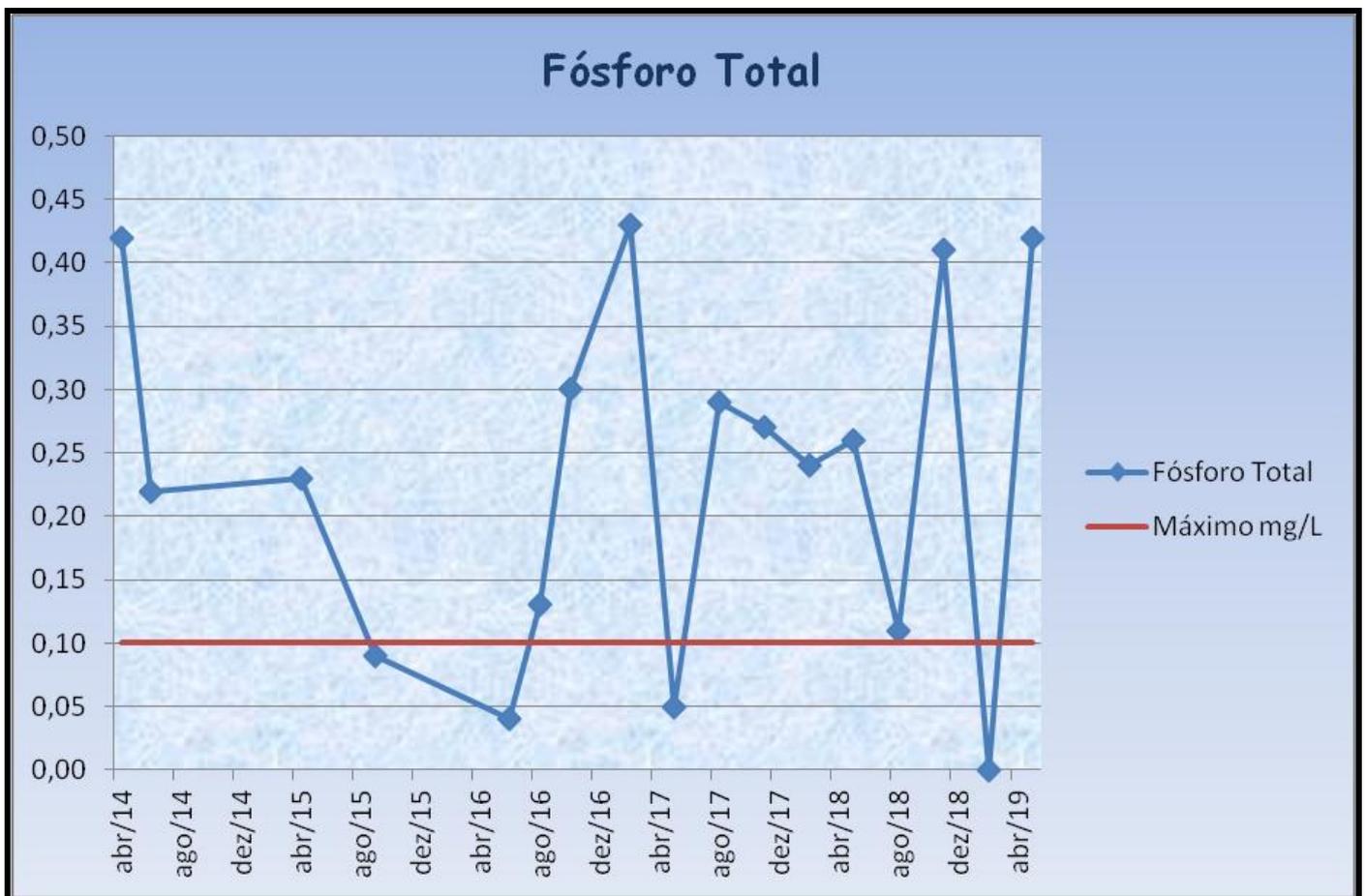
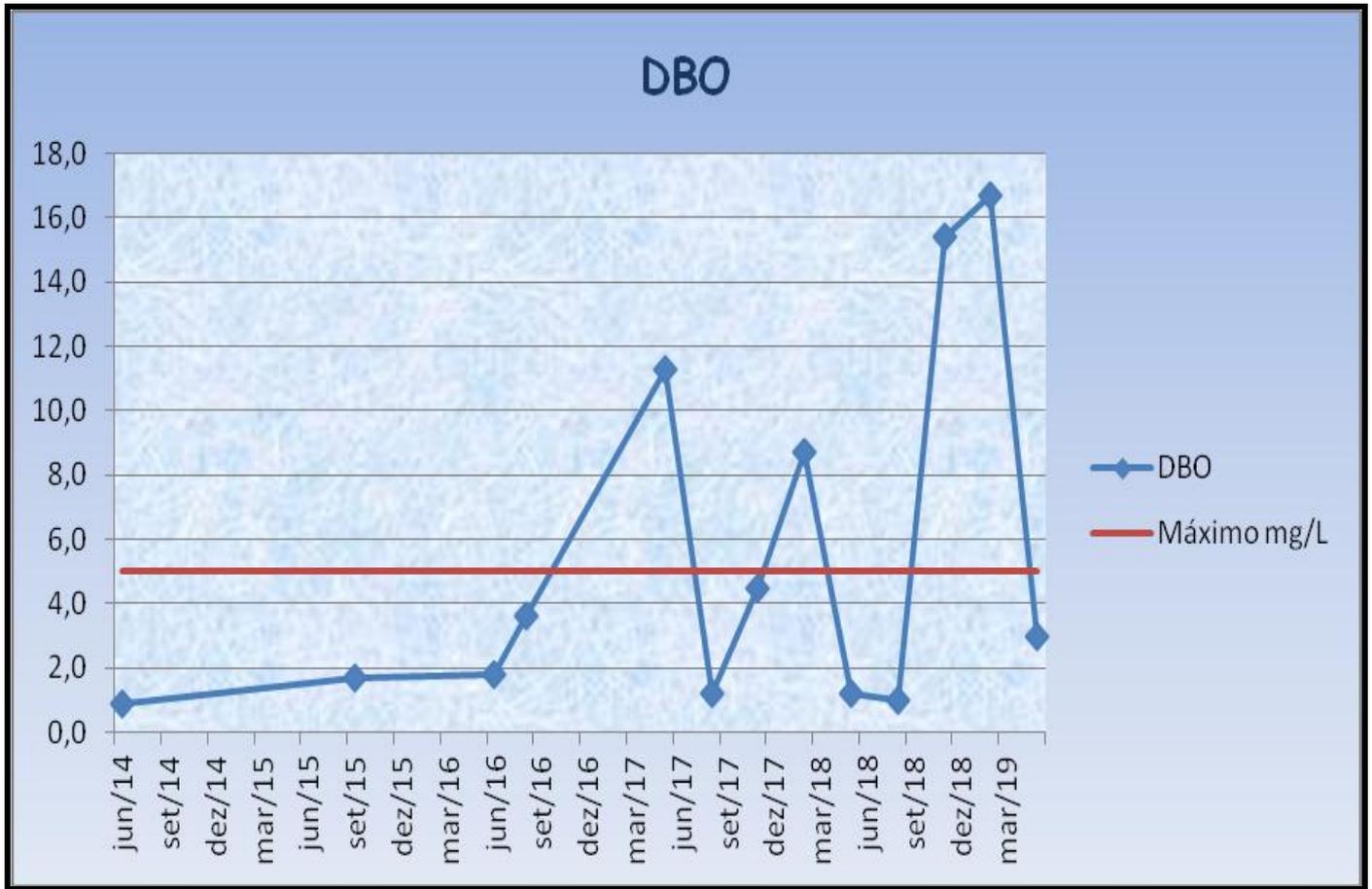
VAMOS OBSERVAR NOS GRÁFICOS SEGUINTE A VARIÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS. NA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO DO RIO IPOJUCA. IP-70. DURANTE AS AÇÕES DO PROGRAMA PSA IPOJUCA.

pH



Oxigênio Dissolvido





Coliformes



* O LIMITE MÁXIMO DE COLIFORMES POR 100ML EM 80% OU MAIS DE PELO MENOS 6 (SEIS) AMOSTRAS COLETAS DURANTE O PERÍODO DE UM ANO. OS LIMITES APRESENTADOS EM TODOS OS GRÁFICOS SÃO DEFINIDOS PARA ÁGUAS DOCES DE CLASSE 2, CONFORME A RESOLUÇÃO Nº 357 DE 2005.







TODOS NÓS PODEMOS AJUDAR! SE CADA UM FIZER SUA PARTE PODEREMOS TER BONS RESULTADOS. A PARTICIPAÇÃO DE CADA PESSOA É IMPORTANTE.



SE VOCÊ MORA PRÓXIMO A UM RIO E SUA RUA NÃO É SANEADA, NÃO JOGUE SEUS ESGOTOS NO RIO SEM TRATAMENTO. CONSTRUA UMA FOSSA SÉPTICA QUE IRÁ TRATAR OS ESGOTOS E DIMINUIR BASTANTE A CARGA POLUIDORA QUE SEGUIRÁ PARA O RIO.



AS FOSSAS SÉPTICAS SÃO UNIDADES DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS. NAS QUAIS SÃO FEITAS SEPARAÇÕES E TRANSFORMAÇÕES DO MATERIAL SÓLIDO CONTIDO NO ESGOTO ATRAVÉS DE PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS. PODEM SER CONSTRUÍDAS COM DIVERSOS TIPOS DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO E FÁCIL INSTALAÇÃO.



AS FOSSAS SÃO NECESSÁRIAS POIS COMBATEM DOENÇAS, VERMINOSES E ENDEMIAS. EVITAM MAU CHEIRO, INSETOS E DIMINUEM MUITO A POLUIÇÃO QUE SEGUIRIA PARA OS RIOS. A INSTALAÇÃO DE UMA FOSSA É UM GRANDE INVESTIMENTO.



NO SITE DA CPRH ENCONTRAMOS UM MANUAL TÉCNICO COM INFORMAÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DE UMA FOSSA SÉPTICA EFICIENTE. CONSULTE EM: WWW.CPRH.PE.GOV.BR

**MANUAL
TÉCNICO
Nº 001**



OUTRAS AÇÕES PODEM SER REALIZADAS: COBRE SEU REPRESENTANTE, VEREADOR, PREFEITO, GOVERNADOR OU DEPUTADO PARA SANEAR AS RUAS DO SEU BAIRRO E PARA QUE RECEBAM ÁGUA TRATADA.

SOLICITE AO SEU PROFESSOR O AGENDAMENTO DE UMA VISITA A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) DA SUA CIDADE. OBSERVE COMO É FEITO O TRATAMENTO E PARA ONDE É DESTINADO O ESGOTO TRATADO.



TENTE CONHECER TAMBÉM A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE SUA CIDADE (ETA). COMO A ÁGUA É TRATADA, QUAIS PRODUTOS QUÍMICOS SÃO ADICIONADOS E POR QUÊ E PROCURE SABER SE NA CAPTAÇÃO A ÁGUA ESTÁ COM BOA QUALIDADE.



DENUNCIE LANÇAMENTOS IRREGULARES DE ESGOTOS. CONHEÇA O ORGÃO AMBIENTAL DA SUA CIDADE E SE INFORME COMO PODE FAZER A DENÚNCIA.



NÃO CONSTRUA NAS MARGENS DOS RIOS. PRESERVE AS MATAS CILIARES. ELAS PROTEGEM OS RIOS DE ASSOREAMENTOS E AJUDAM EVITAR ENCHENTES.



VERIFIQUE OS DIAS DE COLETA DE LIXO E COBRE QUE A LIMPEZA URBANA SEJA REALIZADA PEÇA A SEUS AMIGOS E VIZINHOS PARA QUE NÃO JOGUEM LIXO NAS RUAS E RESPEITEM O DIAS DE COLETA.



SEPRE SEU LIXO. PEQUENAS AÇÕES COMO ESTA FACILITAM O TRABALHO DE CATADORES, ESTIMULAM A RECICLAGEM DE MATERIAIS E ALIMENTAM A PRESERVAÇÃO DA NATUREZA.



ECONOMIZE ÁGUA. EVITE DESPÉRDÍCIOS. USE DE FORMA RACIONAL PARA QUE NÃO FALTE. A ÁGUA É UM DOS RECURSOS NATURAIS MAIS VALIOSOS DO NOSSO PLANETA E A ÁGUA LIMPA ESTÁ CADA VEZ MAIS ESCASSA.



PARTICIPE DE UM GRUPO PRÓ MEIO AMBIENTE. EXISTEM ALGUNS NAS REDES SOCIAIS QUE SE DEDICAM A PRESERVAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAIS OU CRIE SEU PRÓPRIO GRUPO, JUNTO A SEUS AMIGOS.



JUNTE SEUS AMIGOS, SEUS VIZINHOS E PESSOAS DA SUA COMUNIDADE. MOSTREM A ELAS A IMPORTÂNCIA DE SE TER UM RIO LIMPO E COMO ISTO VAI MELHORAR A VIDA DE TODOS.



COM UMA CONSCIENTIZAÇÃO CONSTANTE ALIADA À EDUCAÇÃO AMBIENTAL TEREMOS RIOS CADA VEZ MAIS LIMPOS.



E TODOS NÓS VAMOS TER O PRAZER DE CURTIR E APROVEITAR TODOS OS BENEFÍCIOS QUE UM RIO LIMPO PODE OFERECER.



FIM

AOS PROFESSORES

EMBORA ESTA CARTILHA TENHA SIDO DESENVOLVIDA PARA ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO, ELA PODE SER APLICADA EM OUTRAS TURMAS DO ENSINO FUNDAMENTAL PARA CONCIENTIZAR SOBRE A IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DESDE CEDO.

PROFESSORES DE QUÍMICA, MOSTREM AOS ALUNOS QUE OS CONTEÚDOS DIDÁTICOS ESTÃO NO COTIDIANO DELES. A ÁGUA QUE TODOS CONSUMIMOS PASSA POR TRATAMENTOS E RECEBE PRODUTOS QUÍMICOS PARA QUE SE TORNE POTÁVEL, MOSTRE AS REAÇÕES ENVOLVIDAS. EXPLIQUEM POR QUE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE SÃO MONITORADOS, O QUE ELES INFORMAM E COMPLEMENTEM COM PESQUISAS E DETALHAMENTO DOS MESMOS.

MOSTREM QUE OS DIVERSOS USOS DA ÁGUA GERAM UM EFLUENTE E QUE ESTE ESGOTO DEVE SER TRATADO ANTES DE SER LANÇADO NOS RIOS. COMPLEMENTEM COM UMA PESQUISA SOBRE AS TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS, OS PROCESSOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS, MÉTODOS DE SEPARAÇÃO DE MISTURAS E COMO SABER SE ESTE PROCESSO ESTÁ SENDO EFICIENTE.

SIGAM ALGUMAS DAS SUGESTÕES DA HISTÓRIA. ACOMPANHEM SEUS ALUNOS E SOLICITEM AJUDA E ACOMPANHAMENTO DO ORGÃO AMBIENTAL DE SUA CIDADE. VISITEM, CONHEÇAM, DIVULGUEM E COLABOREM COM O MESMO PARA TERMOS CADA VEZ MAIS PESSOAS AMBIENTALMENTE CONCIENTES.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas, 2020. Brasil. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/default.aspx>. Acesso em: 27 mar. 2020.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018. **Relatório de Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo/ Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade, São Paulo/SP**. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 27 mar. 2020.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente. 2015. **Seleção de índices e indicadores de qualidade da água - Seleção Preliminar e Material de Apoio para Aplicação**. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua- volume2.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2020

COMPESA. Companhia Pernambucana de Saneamento, Recife, 2016. **Plano de Comunicação do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca**. v. 1 a 3. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/empreendimentos/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 27 mar. 2020.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde, Brasil. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

MACHADO, A. T. G. M. *et al.* (org.). **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia**. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Manuelzão e Instituto Guaicuy, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasil. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2014.