



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

LORENA OLINDA DEGASPERI ROCHA

**O USO DA METODOLOGIA DO PLANO DE SEGURANÇA DA
ÁGUA COMO FERRAMENTA PARA O CUMPRIMENTO DE
METAS DO NOVO MARCO DO SANEAMENTO EM SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

VITÓRIA - ES

2022

LORENA OLINDA DEGASPERI ROCHA

**O USO DA METODOLOGIA DO PLANO DE SEGURANÇA DA
ÁGUA COMO FERRAMENTA PARA O CUMPRIMENTO DE
METAS DO NOVO MARCO DO SANEAMENTO EM SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós- Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof.a Dra Edumar Ramos Cabral Coelho.

Coorientador: Prof.a Dra Ângela Di Bernardo Dantas

VITÓRIA-ES

2022

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

R672u Rocha, Lorena Olinda Degasperi, 1986-
O uso da metodologia do Plano de Segurança da Água como ferramenta para o cumprimento de metas do Novo Marco do Saneamento em Sistemas de Abastecimento de Água / Lorena Olinda Degasperi Rocha. - 2022.
151 f. : il.

Orientadora: Edumar Ramos Cabral Coelho.
Coorientadora: Ângela Di Bernardo Dantas.
Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Água. 2. Avaliação de Riscos. 3. Abastecimento de Água. 4. Água potável. I. Coelho, Edumar Ramos Cabral. II. Dantas, Ângela Di Bernardo. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 628

LORENA OLINDA DEGASPERI ROCHA

O USO DA METODOLOGIA DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA COMO FERRAMENTA PARA O CUMPRIMENTO DE METAS DO NOVO MARCO DO SANEAMENTO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração em Sustentabilidade, Ambiente e Sociedade e linha de pesquisa em Saneamento Ambiental e Saúde Pública.

Aprovada em 25 de fevereiro 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^ª. D.Sc. Edumar Ramos Cabral Coelho
Orientadora – PPGES / CT / UFES

Prof^ª. D.Sc. Angela Di Bernardo Dantas
Coorientadora – HIDROSAN

Prof^ª. D.Sc. Rosane Hein de Campos
Examinadora Interna – PPGES / CT / UFES

Prof^ª. Dra. Nolan Ribeiro Bezerra
Examinadora Externa – IFG

Em conformidade com as normas prescritas na Portaria Normativa N^o. 08/2021 – PRPPG/UFES, as assinaturas da coorientadora e examinadora externa (Prof^ª. D.Sc. Angela Di Bernardo Dantas e Prof^ª. Dra. Nolan Ribeiro Bezerra) foram representadas neste documento pela respectiva assinatura da presidente da sessão, Prof^ª. D.Sc. Edumar Ramos Cabral Coelho. Ato contínuo, a Sr^ª. Presidente da banca examinadora atesta que, a defesa foi realizada por meio de videoconferência, ou outro suporte eletrônico a distância equivalente.

Prof^ª. D.Sc. Edumar Ramos Cabral Coelho
Orientadora – PPGES / CT / UFES



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
EDUMAR RAMOS CABRAL COELHO - SIAPE 1172695
Departamento de Engenharia Ambiental - DEA/CT
Em 25/02/2022 às 19:39

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/368685?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
Rosane Hein de Campos - SIAPE 99992629
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável -
PPGEDS/CT
Em 07/03/2022 às 19:53

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/372335?tipoArquivo=O>

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, que iluminou o meu caminho sempre direcionando a minha vida e Quem tem feito maravilhas por mim.

Aos meus pais, José Alves e Luzia Mirtes e a minha irmã Luana por estarem ao meu lado.

Ao meu esposo Hilário Augusto, que me deu forças em todas as etapas desse trabalho, muitas vezes tendo que abrir mão de algo para estar ao meu lado.

Aos meus filhos Guilherme Afonso e Miguel Augusto que são a razão da minha vida.

À minha orientadora Edumar e co-orientadora Ângela pela parceria, compreensão, conhecimento e amizade.

A equipe PSA e a todos os meus amigos que me deram forças para chegar até aqui.

A todos os demais que colaboraram para a realização desta pesquisa.

A todos, meu muito obrigado!

*“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando
acaba”.*

Guimarães Rosa

RESUMO

ROCHA, L. O. D. O Uso da Metodologia do Plano de Segurança da Água como Ferramenta para o Cumprimento de Metas do Novo Marco do Saneamento em Sistemas de Abastecimento de Água. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2021.

O Brasil passa por um processo de reconstrução no setor de saneamento, com a atualização do Novo Marco Legal do Saneamento, que estabelece metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento. Assim, é importante que o responsável pelo sistema de abastecimento de água, seja ele público ou privado, detenha mecanismos eficientes para assegurar a produção de uma água segura para a população. Um desafio, quando há mudança do responsável do sistema, uma vez que, o novo responsável, caso não saiba quais são os pontos de melhorias que o sistema recém-concedido necessita, dificulta a sua tomada de decisão para os eventos que possam prejudicar a qualidade da água ou o abastecimento. Fato que ocorreu no sistema da Vila do Riacho, onde no ano de 2020, ocorreu a mudança de gestão e o novo gestor recebeu o sistema sem muitas informações. Diante desse contexto, foram utilizadas as etapas de avaliação do sistema e monitoramento operacional da metodologia do PSA com o intuito de conhecer melhor todo o sistema de abastecimento, desde o manancial até a rede de distribuição, identificar os riscos e classificá-los de modo a nortear a nova gestão nas tomadas de decisão e assim indicar medidas de controle para eliminá-los ou reduzi-los a níveis aceitáveis e garantir a segurança da água para a população atendida. Ao todo foram identificados 89 riscos, dentre eles 11 riscos foram classificados como risco muito alto e 30 riscos tiveram a classificação de risco alto. Após identificação e proposta de medidas de controle, no final do primeiro ano de gestão, foi possível reduzir 75% dos riscos para o nível baixo e alerta, apenas com mudanças na operação. Os demais riscos seguiram para o plano de melhorias, que pode ser usado como as metas quantitativas, solicitadas no Novo Marco.

Palavras-chave: plano de segurança da água, gestão de riscos, sistema de abastecimento de água, água segura.

ABSTRACT

ROCHA, LOD The Use of the Water Safety Plan Methodology as a Tool to Fulfill the New Sanitation Framework Targets in Water Supply Systems. Dissertation (Professional Master in Engineering and Sustainable Development) - Technological Center, Federal University of Espírito Santo - UFES, 2021.

Brazil is going through a process of reconstruction in the sanitation sector, with the update of the New Legal Framework for Sanitation, which establishes quantitative targets for non-intermittent supply, reduction of losses and improvement of treatment processes. Thus, it is important that the person responsible for the water supply system, whether public or private, has efficient mechanisms to ensure the production of safe water for the population. A challenge when there is a change in the person in charge of the system, since the new person in charge, if he does not know what are the points of improvement that the newly granted system needs, makes his decision-making difficult for events that may harm the quality of water or supply. A fact that occurred in the Vila do Riacho system, where in the year 2020, the management change took place and the new manager received the system without much information. In this context, the stages of system evaluation and operational monitoring of the PSA methodology were used in order to better understand the entire supply system, from the source to the distribution network, identify the risks and classify them in order to guide the new management in decision-making and thus indicate control measures to eliminate or reduce them to acceptable levels and guarantee water safety for the population served. In all, 89 risks were identified, among them 11 risks were classified as very high risk and 30 risks were classified as high risk. After identifying and proposing control measures, at the end of the first year of management, it was possible to reduce 75% of the risks to the low and alert level, only with changes in the operation. The other risks went to the improvement plan, which can be used as the quantitative targets, requested in the new Framework.

Keywords: water safety plan, risk management, water supply system, safe water.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 01- Estruturação da metodologia do PSA organizada em módulos | 32 |
| Figura 02 - Exemplo de um diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água de Viana, ES. | 34 |
| Figura 03 - Matriz qualitativa de priorização de risco | 35 |
| Figura 04 – Mapa apresentando os pontos de monitoramento selecionados na Microbacia..... | 51 |
| Figura 05 - Foto da Realização da Coleta Para o Monitoramento na Microbacia | 51 |
| Figura 06 - Brasil, Espírito Santo e o Município de Aracruz | 57 |
| Figura 07 – Desenho do Rio Riacho feito por Dom Pedro II em visita a Vila do Riacho, 1851. | 59 |
| Figura 08 - Imagem aérea de Vila do Riacho, em 02 de julho de 2009..... | 60 |
| Figura 09 - Imagem aérea de Vila do Riacho, em 28 de agosto de 2021 | 60 |
| Figura 10 - Vista da estação de tratamento de Vila do Riacho..... | 62 |
| Figura 11 - Localização da ETA Vila do Riacho | 62 |
| Figura 12 – Poços artesianos localizados na ETA | 64 |
| Figura 13 -Unidades de Planejamento da Região Hidrográfica Litoral Centro-Norte..... | 65 |
| Figura 14 - Fluxograma esquemático da transposição de água do Rio Doce para a Bacia do Rio Riacho. | 67 |
| Figura 15 - Abrangência da Bacia do Rio Riacho com as intervenções antrópicas .. | 67 |
| Figura 16 – Pedologia da Bacia do Rio Riacho | 69 |
| Figura 17 - Limites de ocorrência do tiomorfismo na área de estudo..... | 70 |
| Figura 18 - Valores de pH ao longo do canal Caboclo Bernardo | 72 |
| Figura 19 – Distribuição espacial das indústrias com captação de água superficial na UP Alto e Baixo Riacho. | 74 |
| Figura 20 – Percentual de demanda de água para cada tipo de rebanho na Bacia do Rio Riacho..... | 75 |
| Figura 21 – Percentual de demanda de água para cada tipo de cultura irrigada na Bacia do Rio Riacho..... | 75 |
| Figura 22 – Parâmetros de qualidade da água bruta da ETA do SAA de Vila do Riacho, Aracruz-ES, período de setembro de 2018 a março de 2020 - PMQACH. | 77 |
| Figura 23- Diagrama de fluxo da captação da Vila do Riacho | 82 |
| Figura 24 - Diagrama de fluxo da ETA da Vila do Riacho | 83 |
| Figura 25 - Diagrama de fluxo da distribuição da Vila do Riacho | 83 |
| Figura 26 – Algumas das evidências dos eventos perigosos da microbacia..... | 85 |
| Figura 27 – Algumas das evidências dos eventos perigosos da captação do rio..... | 87 |
| Figura 28 – Algumas das evidências dos eventos perigosos do poço artesiano..... | 89 |
| Figura 29 – Algumas das evidências dos eventos perigosos da etapa inicial do tratamento | 92 |
| Figura 30 – Algumas das evidências dos eventos perigosos das etapas de floculação e decantação..... | 97 |
| Figura 31 – Algumas das evidências dos eventos perigosos na etapa de filtração. | 102 |
| Figura 32– Algumas das evidências dos eventos perigosos na etapas finais..... | 106 |
| Figura 33 - Percentual de não atendimento no ponto “saída do tratamento” da ETA Vila do Riacho no período de setembro de 2018 a março de 2020..... | 108 |
| Figura 34 - Monitoramento de alumínio total (mg/L) na água tratada da ETA do.... | 109 |
| Figura 35 – Algumas das evidências dos eventos perigosos na etapa da reservação e adução da água tratada | 111 |

| | |
|---|-----|
| Figura 36 – Algumas das evidências dos eventos perigosos na etapa rede de distribuição | 114 |
| Figura 37– Algumas das evidências dos eventos perigosos dos componentes laboratório, estrutura, operação e população..... | 118 |
| Figura 38 – Algumas das evidências das melhorias realizadas no sistema de tratamento de Vila do Riacho | 137 |
| Figura 39 – Novo fluxograma de tratamento após implantação das medidas de controle | 138 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 01 - Apresentação dos módulos abordados nesta pesquisa | 47 |
| Quadro 02 - Apresentação dos Componentes da Equipe | 48 |
| Quadro 03 - Cronograma de Trabalho | 49 |
| Quadro 04 – Resultado de alguns parâmetros de qualidade da água analisados no Rio Riacho | 76 |
| Quadro 05 - Resultado de alguns parâmetros de qualidade da água do poço artesiano | 81 |
| Quadro 06 – Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Microbacia..... | 86 |
| Quadro 07 – Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Captação do Rio..... | 88 |
| Quadro 08 – Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Poço Artesiano | 90 |
| Quadro 09 – Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componentes Pré-tratamento, Mistura Rápida e Coagulação | 93 |
| Quadro 10 – Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componentes Floculação e Decantação | 98 |
| Quadro 11 – Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Filtração..... | 103 |
| Quadro 12 - Estimativa de Tempo de Contato para Desinfecção | 105 |
| Quadro 13 - Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Etapas Finais..... | 107 |
| Quadro 14- Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Reservação e Adução da Água Tratada | 112 |
| Quadro 15- Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Rede de Distribuição..... | 115 |
| Quadro 16- Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos dos Componentes Laboratório, Estrutura, Operação e População | 119 |
| Quadro 17- Planilha de Caracterização dos Riscos, destacando os Riscos Alto e Muito Alto | 121 |
| Quadro 18- Planilha de Avaliação das Medidas de Controle Estabelecidas | 128 |
| Quadro 19- Planilha Plano de Melhorias | 141 |
| Quadro 20 – Planilha Monitoramento Operacional..... | 144 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 01– Escala de Probabilidade de Ocorrência | 54 |
| Tabela 02 - Escala de Severidade de Consequência..... | 54 |
| Tabela 03 - Matriz semiquantitativa de Priorização de Risco | 55 |
| Tabela 04- Vazão de retirada para o abastecimento humano urbano e rural | 73 |
| Tabela 05 – Identificação das indústrias com captação de água superficial na UP Alto e Baixo Riacho. | 74 |
| Tabela 6 – Avaliação hidráulica do flocculador | 95 |
| Tabela 07 – Avaliação hidráulica do decantador..... | 96 |
| Tabela 08 – Avaliação hidráulica dos filtros | 100 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 01 – Resultados das análises de COR da água bruta realizada pela operação num período de um ano | 78 |
| Gráfico 02 – Resultados das análises de TURBIDEZ da água bruta realizada pela operação num período de um ano | 78 |
| Gráfico 03 – Resultados das análises de pH da água bruta realizada pela operação no período de junho a novembro de 2021 | 79 |
| Gráfico 04 – Resultados das análises de Alumínio da água bruta realizada pela operação no período de junho a novembro de 2021 | 79 |
| Gráfico 05 – Variação da turbidez da lavagem dos filtros ao longo do tempo | 101 |
| Gráfico 06 – Percentual de atendimento ao parâmetro de turbidez na saída dos filtros – turbidez menor que 0,5 NTU. | 101 |
| Gráfico 07 – Percentual de não atendimento na saída da ETA no período de setembro de 2020 a outubro de 2021 | 139 |
| Gráfico 8 - Percentual de não atendimento na rede de distribuição no período de setembro de 2020 a outubro de 2021 | 139 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AHT – Ácidos haloacéticos total

CDC – Centro de Controle e Prevenção de Doenças

CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento

ETA – Estação de Tratamento de Água

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IWA – International Water Association

L.s-1 – Litros por segundos

m – Metros

m³ – Metros cúbicos

mm – Milímetros

mg/L – Miligramas por litro

MS – Ministério da Saúde

OMS – Organização Mundial da Saúde

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde

PMQACH - Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano

pH – Potencial Hidrogeniônico

PSA – Plano de Segurança da Água

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SUS – Sistema Único de Saúde

THM – Trihalometanos total

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

VMP – Valor Máximo Permitido

WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 19 |
| 2. OBJETIVOS | 23 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 23 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 23 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 24 |
| 3.1 ÁGUA: UM BEM ESSENCIAL EM ESCASSEZ | 24 |
| 3.2 OS DESAFIOS DO ACESSO A ÁGUA POTÁVEL | 25 |
| 3.3 SISTEMA DE ÁGUA SEGURA | 27 |
| 3.4 PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) | 29 |
| 3.4.1 <i>Benefícios da Implantação do PSA</i> | 30 |
| 3.4.2 <i>A Metodologia do PSA</i> | 31 |
| 3.4.2.1 <i>Preparação</i> | 32 |
| 3.4.2.2 <i>Avaliação do Sistema</i> | 33 |
| 3.4.2.3 <i>Monitoramento Operacional</i> | 35 |
| 3.4.2.4 <i>Planos de gestão</i> | 36 |
| 3.4.2.5 <i>Revisão e Auditorias Periódicas do PSA</i> | 38 |
| 3.4.3 <i>Dificuldade na Implantação do PSA</i> | 39 |
| 3.4.4 <i>Considerações sobre o PSA no Brasil</i> | 39 |
| 3.4.5 <i>A Aplicação do PSA no cumprimento das metas de universalização do saneamento</i> | 41 |
| 4. METODOLOGIA | 46 |
| 4.1 ETAPA INICIAL: PREPARAÇÃO | 47 |
| 4.2 ETAPA 01- AVALIAÇÃO DO SISTEMA | 49 |
| 4.2.1 <i>Descrição do sistema de abastecimento de água</i> | 52 |
| 4.2.2 <i>Identificação dos Perigos</i> | 52 |
| 4.2.3 <i>Avaliação e Classificação dos Riscos</i> | 53 |
| 4.2.4 <i>Medidas de Controle</i> | 55 |
| 4.2.5 <i>Plano de Melhoria</i> | 56 |
| 4.3 MONITORAMENTO OPERACIONAL | 56 |
| 4.4 ÁREA DE ESTUDO | 56 |
| 4.4.1 <i>Dados Socioeconômico e de Saneamento Básico</i> | 59 |
| 4.4.2 <i>O Sistema de Abastecimento de Vila do Riacho</i> | 61 |
| 5. RESULTADOS | 63 |
| 5.1 DIAGNOSTICO DO SISTEMA ESTUDADO | 63 |
| 5.1.1 <i>Manancial Subterrâneo</i> | 64 |
| 5.1.2 <i>Manancial Superficial: Rio Riacho</i> | 64 |
| 5.1.5.1 <i>Características Climáticas</i> | 68 |
| 5.1.5.2 <i>Características do Solo</i> | 69 |
| 5.1.5.3 <i>Usos e Ocupação do Solo</i> | 73 |
| 5.1.6 <i>Qualidade da Água dos Mananciais de Captação</i> | 75 |

| | |
|---|------------|
| 5.1.6.1 Rio Riacho | 75 |
| 5.1.6.2 Poço Artesiano..... | 80 |
| 5.2 DIAGRAMA DE FLUXO | 82 |
| 5.3 DESCRIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS E EVENTOS PERIGOSOS | 84 |
| 5.3.1 <i>Microbacia</i> | 84 |
| 5.3.2 <i>Sistema de Captação e Adução: Rio Riacho</i> | 87 |
| 5.3.3 <i>Sistema de Captação: Poço Artesiano</i> | 89 |
| 5.3.4 <i>Sistema de Tratamento</i> | 91 |
| 5.3.4.1 Pré-Tratamento, Mistura Rápida e Coagulação | 91 |
| 5.3.4.2 Floculação e Decantação | 94 |
| 5.3.4.3 Filtração..... | 99 |
| 5.3.4.4 Etapas Finais..... | 104 |
| 5.3.4.5 Qualidade da Água Tratada..... | 108 |
| 5.3.5 <i>Elevatória de Água Tratada e Reservatório</i> | 109 |
| 5.3.6 <i>Sistema de Distribuição</i> | 113 |
| 5.3.7 <i>Outros Componentes</i> | 116 |
| 5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS | 120 |
| 5.5 MEDIDAS DE CONTROLE | 126 |
| 5.6 PLANO DE MELHORIA | 140 |
| 5.7 MONITORAMENTO OPERACIONAL | 143 |
| 6. CONCLUSÃO | 145 |
| 7. RECOMENDAÇÕES..... | 146 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 147 |

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a qualidade da água esteve associada aos aspectos estéticos e sensoriais, tais como cor, sabor e odor. Somente no final do século XIX e início do século XX, a qualidade da água tornou-se questão de interesse para a saúde pública, após estudiosos relacionarem a água contaminada à propagação de doenças, como ocorreu em 1855, onde John Snow associou a epidemia de cólera que ocorrera em Londres a um poço de abastecimento público contaminado por esgoto (MORENO, 2009).

A partir de descobertas científicas, foram feitos grandes esforços para melhorar a qualidade das águas nos sistemas de abastecimento, evoluindo a cada ano. Hoje para a Organização Mundial da Saúde (OMS) todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, devem ter acesso à água potável e segura (OPAS, 2019).

Na Portaria GM/MS n. 888/2021, de 04 de maio de 2021. Altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, o termo água potável refere-se a toda água que atenda ao padrão de potabilidade de diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos, estabelecido no próprio anexo, não oferecendo riscos à saúde (BRASIL, 2021). Já a OMS, descreve a água segura como uma oferta de água que não representa um risco significativo à saúde, com quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que estão disponíveis continuamente e tenham um custo acessível (OPAS, 2019).

Todavia, monitorar e manter a segurança da água em todo o sistema de abastecimento até o consumidor final é algo desafiador, dado que desde a captação até o usuário, existem várias situações que podem configurar-se como vulneráveis e passíveis de contaminação da água (KUMPEL *et al.*, 2018). De acordo com o último relatório da OMS e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), no mundo, cerca de três em cada dez pessoas não possuem acesso à água potável e disponível em casa, como resultado, todos os anos 361 mil crianças com menos de cinco anos morrem devido a doenças diarreicas (WHO & UNICEF, 2017).

Dentre os principais motivos para a falta do fornecimento da água potável e segura, estão os métodos convencionais de gerenciamento dos riscos da qualidade da água potável. Estes tendem a serem corretivos e se concentram principalmente em garantir apenas que a água potável atenda aos padrões da legislação vigente, a partir de monitoramentos laboratoriais da qualidade da água produzida e distribuída, com resultados demorados e de baixa capacidade para o alerta rápido a população, assim, em casos de contaminação, não garantem a efetiva segurança da água para consumo humano, ou seja, são métodos baseados no tratamento e correção da falha após sua ocorrência (PETERS, 2018 e MANCUSO, 2015).

Com o intuito de mudar esse cenário, a OMS introduziu formalmente os Planos de Segurança da Água (PSA) como uma abordagem preferida de gerenciamento para garantir que a água potável esteja realmente segura. Segundo a OMS, o PSA é mais eficaz se comparado às abordagens convencionais, uma vez que acer-car-se todo o sistema de água, desde a captação até o consumidor, com o objetivo de evitar a contaminação em cada estágio por meio de avaliações e gestão dos riscos, atuando de forma preventiva (WHO, 2011).

No Brasil, os fundamentos legais para o desenvolvimento do PSA estão regulamentados na Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Essa portaria explicita a necessidade de o responsável pelo sistema ou pela solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano manter avaliação sistemática do sistema, com atenção à qualidade da água distribuída e aos riscos à saúde, cabendo A Autoridade de Saúde Pública poderá exigir dos responsáveis por SAA e SAC a elaboração e implementação de PSA, conforme a metodologia e o conteúdo preconizados pela OMS ou definidos em diretrizes do Ministério da Saúde, para fins de gestão preventiva de risco à saúde (BRASIL, 2021).

Para a implantação do PSA, leva-se em consideração o conhecimento do funcionamento do sistema de abastecimento de água e as práticas adequadas de gestão da qualidade da água potável. Baseia-se na estratégia de barreiras múltiplas e conceitos básicos de tratamento de água, análise de perigo, pontos críticos de controle e na abordagem sistêmica de gestão, propondo três etapas principais: avaliação do sistema, monitoramento do sistema e implantação de planos de gestão (WHO, 2011).

Dentre os principais benefícios da implantação do PSA, destaca-se a contribuição para melhorar a segurança e a qualidade da água potável, a redução de riscos potenciais, a prevenção de incidentes perigosos, a identificação de riscos desconhecidos, a melhor resposta a situações de falha e emergência, a avaliação eficaz e o melhor entendimento sobre gerenciamento de riscos. Inclusive proporciona a conscientização dos empregados do sistema de abastecimento, a confiança do consumidor, a conformidade com a regulamentação, a confiabilidade no produto produzido e o aumento na eficiência da produção (VIEIRA, 2013), conseqüentemente, reduz o incidente de doenças diarreicas e as reclamações dos consumidores. Em outros termos, a implantação de um PSA traz benefícios para todos os sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano (GUNNARSDOTTIR, 2012).

Contudo, existem diversas dificuldades na implantação do PSA em empresas de saneamento, dentre elas estão os procedimentos incorretos de gerenciamento, a limitada experiência da equipe, a falta de infraestrutura, a heterogeneidade de riscos potenciais, a grande extensão da rede de distribuição, a incapacidade de encontrar recursos financeiros e a cultura corporativa engessada (TSITSIFLI; TSOUKALAS, 2019).

Apesar das dificuldades na implantação do PSA, a metodologia de avaliação de risco Proposta nas diretrizes da OMS (WHO, 2011; WHO, e do MS BRASIL 2011 E BRASIL 2021) é de grande valia para as empresas de saneamento, principalmente diante o novo marco do saneamento, a Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020), o qual revê regras que visam fomentar investimentos privados, estimulando a livre concorrência e a sustentabilidade econômica dos serviços. Entre as principais mudanças estruturais no modelo de prestação dos serviços está à obrigatoriedade de licitação para novas contratações das empresas de saneamento e o estabelecimento de metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento (BRASIL, 2020).

Com a implantação das etapas iniciais de avaliação do sistema e monitoramento operacional, apresentados na metodologia do PSA, nos sistemas de abastecimento de água, é possível estabelecer as metas necessárias para a melhoria dos sistemas

utilizando uma abordagem assertiva e preventiva, garantindo o cumprimento da Lei nº 14.026/2020 e a segurança da água distribuída.

Baseando-se nos fatos apresentados, a proposta desta pesquisa é utilizar as etapas de avaliação do sistema e monitoramento operacional da metodologia do Plano de Segurança da Água no sistema de abastecimento de água Vila do Riacho, localizado do município de Aracruz, recém-concedido para Companhia de Saneamento do Estado do Espírito Santo (CESAN), de modo a avaliar o sistema, identificando os riscos e perigos existentes, proporcionando alternativas para um gerenciamento de risco eficaz e efetivo necessário à estação de tratamento de água (ETA), garantindo a população o acesso universal à água segura.

Baseando-se nos fatos apresentados, a proposta desta pesquisa é elaborar o Plano de Segurança da Água do sistema de abastecimento de água Vila do Riacho, localizado do município de Aracruz, recém-concedido para Companhia de Saneamento do Estado do Espírito Santo (CESAN), de modo a avaliar o sistema, sob a perspectiva de risco à saúde, como ferramenta para o cumprimento de metas do novo marco do saneamento em sistemas de abastecimento de água.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar a metodologia do Plano de Segurança da Água no sistema de abastecimento de água de Vila do Riacho para avaliar o sistema, identificar e priorizar os perigos e riscos existentes no sistema, visando, indicar medidas de controle para eliminá-los ou reduzi-los a níveis aceitáveis e garantir a segurança da água para a população atendida com vistas ao cumprimento das metas de universalização do Novo Marco do Saneamento (Lei nº 14.026/2020).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar os perigos e eventos perigosos existentes no sistema de abastecimento a partir de um diagnóstico detalhado do sistema de abastecimento de água de Vila do Riacho por meio de um diagrama de fluxo, abrangendo desde a microbacia até a distribuição;
2. Caracterizar e priorizar os riscos relacionando-os a sua probabilidade de ocorrência e a severidade das consequências;
3. Elaborar um plano de melhoria para redução dos riscos, de forma a auxiliar a empresa no indicativo de melhorias no processo de tratamento em cumprimento das metas de universalização da Lei nº 14.026/2020.
4. Propor medidas de controle e procedimentos de monitoramento operacionais necessários à redução ou eliminação dos riscos classificados como alto e muito alto.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA: UM BEM ESSENCIAL EM ESCASSEZ

A presença ou ausência de água escreve a história, cria culturas e hábitos, determina a ocupação de territórios, vence batalhas, extingue e dá vida às espécies e determina o futuro das gerações. É um elemento vital e de suma importância, indispensável para a sobrevivência humana e todos os seres vivos que necessitam de água para o funcionamento do seu organismo, seja ele animal ou vegetal, além de ser importante para o desenvolvimento de várias atividades, tais como: geração de energia, produção industrial, transporte fluvial, captação de água para potabilização, e especialmente, a manutenção do equilíbrio das condições ecológicas e ambientais. Para a economia, a água é um importante insumo para a maioria das atividades econômicas e exerce influência no desenvolvimento social e econômico (DA SILVEIRA, 2017).

Porém, esse recurso é limitado, pois, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), 97,0% do total de água existente no mundo é salgada. Dos 3,0% de água doce existentes no planeta, 2,5% estão congelados na Antártida, no Ártico e em geleiras, não estando, portanto, disponíveis para o uso. Assim, do total de água que encontramos no mundo, o homem e todos os demais seres vivos dispõem de 0,5% de água doce que encontra-se disponível em aquíferos, chuvas, lagos naturais, reservatórios construídos pelo homem e, em menor quantidade, em rios (BRASIL, 2020).

Dentre o percentil de água doce disponível para consumo, o Brasil ocupa posição privilegiada, possuindo 12% da disponibilidade hídrica mundial, abriga enorme biodiversidade hídrica na região do Pantanal, considerada a maior área úmida continental no mundo e a Várzea Amazônica, a mais extensa floresta alagada da Terra (GRANZIERA, 2015). No entanto, apesar da notória disponibilidade de água no país, a intensa diversificação dos usos múltiplos, a destruição de áreas alagadas, a supressão de matas ciliares, a poluição e a contaminação dos corpos hídricos pelo despejo de resíduos líquidos e sólidos in natura, têm ocasionado intensa perda da qualidade da água (CAPELLARI, 2018).

Além disso, os maiores problemas em relação a água, principalmente pertinentes ao abastecimento humano, estão diretamente relacionados ao crescimento da demanda,

ao desperdício e a urbanização descontrolada, como por exemplo, ocupação desordenada na área urbana perto de mananciais, mudanças no ambiente hidrológico (diminuição do tempo de concentração) e a falta de planejamento das concessionárias de saneamento (falta de estudos de demanda e oferta de água, bem como de infraestrutura e fornecimentos intermitentes). Afinal, à medida que há um crescimento econômico e populacional, menos se respeita o ciclo natural da água e, em consequência, essa se torna imprópria para consumo (BUZELLI, 2013 e BRITTO; MAIELLO; QUINTSLR, 2019).

Outro fator influenciador para a redução da disponibilidade hídrica são as mudanças climáticas e as secas que intensificam esta situação, já que a vazão natural dos mananciais é reduzida e, com isso, o lançamento contínuo de águas residuárias passa a ser a maior contribuição na deterioração dos mananciais utilizados para abastecimento, além de inflacionar os custos com tratamento de água e aumentar os casos de doença por veiculação hídrica (TRAN; JASSBY; SCHWABE, 2017). Conforme apresentado no relatório de 2012 da UNESCO, intitulado “*The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk*”, dados de instituições e organizações especializadas indicam uma visão geral dos riscos e incertezas em relação à água doce em nível global nas próximas décadas, acaso medidas efetivas não forem tomadas sob a perspectiva da gestão racional e integrada desse recurso de forma a garantir quantidade e qualidade suficiente para os usos múltiplos desse bem essencial a vida, principalmente a água potável necessária para o consumo humano (WWAP, 2012).

3.2 OS DESAFIOS DO ACESSO A ÁGUA POTÁVEL

O abastecimento de água potável está entre os principais indicadores de qualidade de vida em um país, uma vez que inúmeras doenças se originam com a ingestão de água contaminada (SILVA, *et al.* 2020). A OMS segue o mesmo raciocínio e considera que o acesso à água potável é um dos principais fatores que podem influenciar positivamente na qualidade e expectativa de vida das populações que vivem nos países em desenvolvimento, além de representar um direito humano fundamental e uma condição básica para a promoção da saúde em escala global (KORFALI; JURDI, 2009).

O não acesso à água potável compromete os usos menos imediatos e as condições de higiene. Assim o acesso precário a água significa risco iminente de aumento na incidência de doenças associadas a ela, como cólera, disenteria, hepatite A e febre tifoide, as quais, em geral, atingem populações mais suscetíveis, representadas por crianças menores de cinco anos, idosos, desnutridos e imunes deficientes (RAZZOLINI, GUNTHER, 2008).

Segundo o relatório da OMS e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), quase 75% da população dos países menos desenvolvidos não possui instalações básicas de lavagem das mãos. Todos os anos, 297 mil crianças menores de cinco anos morrem devido a diarreia associada a água, saneamento e higiene inadequados (WHO & UNICEF, 2017). Deste modo, o abastecimento de água de qualidade e em quantidade suficiente tem importância fundamental para promover condições higiênicas adequadas, proteger a saúde da população e promover o desenvolvimento socioeconômico.

Contudo, como seria possível garantir uma água potável e segura se a maioria dos municípios brasileiros possui tratamento de água classificado como tratamento convencional, em que a meta é a remoção de partículas suspensas e coloidais, e cada vez mais os mananciais estão sendo degradados e poluídos por substâncias as quais os tratamentos convencionais não realizam a sua remoção (VENTURA, 2019).

Diante deste cenário, as Organizações das Nações Unidas (ONU) têm se empenhado na criação de políticas públicas focadas no gerenciamento e conservação da água em níveis nacional e global. Em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), a Assembleia Geral estabeleceu o Dia Mundial da Água (22 de março), a ser comemorado anualmente, visando maior atenção da sociedade para o problema da água potável e da importância gestão sustentável desse recurso natural. Entre várias iniciativas, seus representantes declararam a década de 2005-2013 como a década de “*Água para a Vida*”, com o intuito de apoiar vários países a enfrentar problemas relacionados aos recursos hídricos (OBARA, A. T. *et al.*, 2015).

Neste contexto, a OMS define o termo “água segura para consumo humano” (*safe drinking water*) descrevendo-a como aquela que, embora tenha diferente variabilidade na qualidade, não representa risco à saúde humana (WHO, 2011).

3.3 SISTEMA DE ÁGUA SEGURA

Em 1992, foi utilizado pela primeira vez o termo “água segura”, isso aconteceu, durante uma epidemia de cólera que se propagava pela América Latina. A definição de água segura nesse momento buscava atender uma situação emergencial, onde era necessário priorizar ações, ou seja, controlar o risco microbiológico provocado pela circulação no ambiente do *Vibrio cholerae*. Nessa ocasião, o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) e a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) formularam conjuntos de intervenções ao qual denominaram “Sistema de Água Segura”. Este sistema possuía a finalidade de propor medidas a baixo custo, fáceis de serem empregadas, com enfoque útil, prático e flexível para intervenções sobre a qualidade da água e a higiene pessoal. Priorizava ações que, com pouco investimento, pudessem produzir o melhor efeito à saúde da população (MORENO, 2009).

De acordo com a WHO (2004, 2011), água segura é aquela que não representa qualquer risco significativo para a saúde se consumida durante toda a vida, mesmo levando em conta diferentes suscetibilidades que podem ocorrer entre os estágios de vida. No Brasil Portaria do Ministério da Saúde, desde 2000 até a portaria de potabilidade vigente vem inovando ao exigir que a água, além de atender aos padrões de potabilidade, não apresente riscos à saúde e ao anteceder a recomendação da OMS acerca da necessidade de avaliação desses riscos desde a bacia hidrográfica até a distribuição.

Contudo, é desafiador garantir uma água segura em todo o sistema de abastecimento de água, desde a captação até o consumo do usuário final, uma vez que existem várias situações as quais podem se configurar como vulneráveis e passíveis de contaminação da água durante o seu percurso. Por isso, para proporcionar a água segura é imprescindível a identificação e a avaliação dos perigos e eventos perigosos que podem ocasionar riscos de contaminação da água e, conseqüentemente, prejuízos à saúde da população abastecida. Além disso, é necessário ter um controle

efetivo dos riscos, estabelecer padrões de qualidade sólidos e consistentes, e processar mecanismos para verificar a eficácia do sistema, de modo a segurar preventivamente uma água de boa qualidade (IWA, 2004).

Todavia, gestores das empresas de saneamento e autoridades de saúde competentes, em sua maioria avaliavam os riscos realizando suas ações baseadas apenas em resolver os problemas inerentes ao abastecimento, após os resultados laboratoriais da água já entregue a população. Método que se concentra em garantir que a água potável atenda aos padrões do governo para parâmetros biológicos e químicos com testes de ponto final na água já distribuída (CORRÊA, 2020). Este modelo tende a ser corretivo e incompatível com uma avaliação de risco com enfoque preventivo, além de ser arriscado confiar unicamente no acompanhamento do “produto final” para garantir a segurança da qualidade da água (HAMILTON, *et al.* 2006).

Perante esse impasse, em 2004, a OMS por meio das Recomendações para a Qualidade da Água para Consumo Humano (*Guidelines for Drinking Water Quality – GDWQ*), propôs às entidades gestoras de sistemas de abastecimento público de água uma nova abordagem, de modo a garantir a qualidade da água fornecida. Ainda nesse ano, por iniciativa da International Water Association (IWA), foi lançada a “Carta de Bonn”, na qual se delineiam condições e atribuições institucionais e operacionais como requisitos básicos para gerir o abastecimento de água, desde a fonte até o consumo, sob os princípios da gestão de risco e de satisfação ao consumidor. A proposta referida firmou-se na implantação de estratégias de avaliação e gestão de riscos para o controle da qualidade da água para o consumo humano, adaptando-se a abordagem preventiva de barreiras múltiplas ao longo de todo o sistema de abastecimento público, desde a fonte até ao consumidor, essa proposta ficou conhecida como Plano de Segurança da Água (PSA) que abrange a avaliação do sistema de abastecimento, o monitoramento operacional e os planos de gestão e comunicação (WHO, 2011).

Esse foi um passo importante para a mudança de paradigmas referentes à qualidade da água e a cada ano foi se aprimorando. Assim, em 2010, houve o reconhecimento do acesso à água segura e o saneamento como um direito humano, por parte da Assembleia Geral da ONU, que constituiu um ato político de elevado significado

estratégico, contribuindo, decisivamente, para um novo impulso a nível mundial no sentido de garantir o acesso universal a estes serviços fundamentais, os quais se têm revelado de vital importância para a proteção da saúde pública e para a promoção da qualidade de vida nas sociedades modernas (ZORZI, 2016).

A importância desse novo paradigma foi reconhecida entre os objetivos do milênio, e atualmente, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, lançados em 2015, possui como meta assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, trazendo alguns requisitos básicos para "água potável" como: "quantidade" (volume de água disponível para os consumidores), "qualidade" (conformidade com os requisitos de potabilidade), "continuidade" (fornecimento de água ao longo do tempo), "cobertura" (população atendida pelo suprimento de água potável) e "custo" (custos incorridos pelos consumidores pelo suprimento de água potável). Refletindo assim a relevância da segurança da água na agenda internacional (ONU, 2020).

3.4 PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA)

O Plano Segurança da Água (PSA) é um documento que descreve um método e as ações para a gestão de um sistema de abastecimento de água para consumo humano, contempla aspectos referentes à captação, tratamento, armazenamento e distribuição além de indicar ações preventivas e corretivas de proteção à saúde pública (COSTA, 2010). Para a Organização Pan-americana da Saúde o PSA é a forma mais eficaz de garantir sistematicamente a segurança de um sistema de abastecimento de água de consumo, pois aplica-se um projeto integral de avaliação e gestão de riscos que abarca todas as etapas do sistema de abastecimento, desde a bacia de captação até a distribuição ao consumidor (OPAS, 2019).

O PSA, por meio de uma estrutura mais ampla, denominada *framework for safe drinking-water*. Teve sua estrutura estabelecida por meio de ciclo iterativo com os seguintes componentes: (1) definição de objetivos de saúde e estabelecimento de metas a serem alcançadas; (2) PSA; (3) vigilância proativa. Esse ciclo deve ser permeado por instrumentos de análise de risco que englobam a avaliação, o gerenciamento e a comunicação do risco (WHO, 2004, 2011).

Os principais objetivos do PSA são assegurar boas práticas no abastecimento de água, proteger o manancial, reduzir ou remover os contaminantes através dos processos de tratamento de água e proteger a água durante sua preservação, distribuição e uso (WHO, 2011). O elemento-chave do PSA para evitar os perigos relacionados com a bacia, captação, tratamento, distribuição e consumo, é a identificação dos pontos críticos, de modo que, ao exercer um controle sobre esses pontos, permite-se que os problemas de qualidade possam ser detectados e corrigidos antes mesmo que o produto saia para a distribuição e/ou consumo, minimizando a análise por amostragem da água no sistema de distribuição (MORENO, 2009).

Sendo assim, considera-se a metodologia do PSA mais abrangente que as abordagens convencionais para segurança da água potável, afinal o propósito desse método é evitar a contaminação em cada estágio do processo de abastecimento da água, diferente dos métodos convencionais que se baseiam apenas nas práticas laborais após a ocorrência da contaminação (GUNNARSDOTTIR, 2012).

3.4.1 Benefícios da Implantação do PSA

O PSA é uma ferramenta essencial para o prestador do serviço de água potável na gestão de riscos sanitários, ambientais, tecnológicos e para a sustentabilidade do sistema de água. Detectam tanto os perigos associados à qualidade da água, como situações que podem afetar de alguma forma a infraestrutura e o serviço proporcionado pelo Prestador (KOT; CASTLEDEN; GAGNON, 2015).

Entre os resultados tangíveis de uma abordagem PSA, em curto prazo, incluem-se: alterações na estrutura organizacional ou nos procedimentos operacionais do sistema de abastecimento de água (GELTING ET AL. 2012); avaliação dos riscos entre os operadores do setor da água; práticas mais eficientes de gestão da água; melhoria do cumprimento dos regulamentos sobre água e redução das reclamações dos clientes. Proporcionando uma maior confiabilidade do seu produto final para os consumidores e conseqüentemente ascensão da imagem positiva da empresa (MULLENGER; RYAN; HEARN, 2002).

Além da obtenção de um produto seguro e de qualidade elevada, o PSA pode proporcionar a diminuição e otimização dos custos relativos ao controle analítico e de equipamentos, diminuição das perdas econômicas da empresa, avaliação sistemática dos processos, minimização de possibilidades de acidentes, contemplação de planos de contingência para situações imprevistas, maior envolvimento dos funcionários e das comunidades atendidas, redução de insumos do tratamento de água, suporte para inspeção de autoridades reguladoras e, com isso, a utilização mais eficaz dos recursos financeiros da empresa (SHMIEGE D. et. al. 2020).

Ademais, assegura a qualidade da água, atendendo ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente, garante maior segurança e confiabilidade, por parte dos consumidores, e assim, proporciona um maior nível de proteção da saúde da população abastecida, com evidências epidemiológicas, e aos perigos microbiológicos ou químicos associados a doenças relacionadas com a água. Caracterizando a redução quantificável da incidência ou prevalência das doenças de transmissão hídrica (WHO, 2011).

3.4.2 A Metodologia do PSA

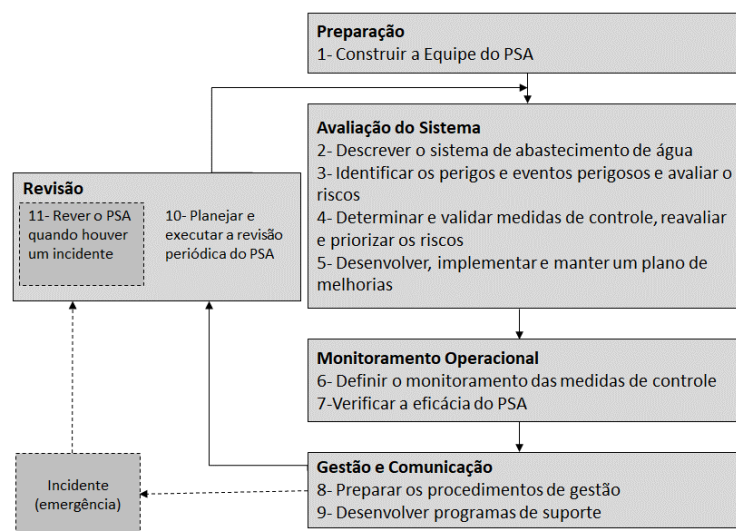
Segundo as diretrizes da OMS, a abordagem PSA foi desenvolvida para organizar e sistematizar uma longa história de práticas de gestão aplicadas à água potável e para garantir a aplicabilidade dessas práticas à gestão da qualidade da água potável. Os PSA representam uma evolução do conceito de levantamentos sanitários e avaliações de vulnerabilidade que abrangem e abrangem todo o sistema de abastecimento de água e sua operação. A abordagem PSA baseia-se em muitos dos princípios e conceitos de outras abordagens de gerenciamento de risco (WHO, 2017).

A metodologia do PSA é considerada como uma estratégia de gestão de riscos que influi em todo o trabalho realizado por um serviço de abastecimento para proporcionar água inócua de forma contínua. Para tanto, pode ser necessário realizar melhorias a curto, médio ou longo prazo. Assim a metodologia de PSA deve ser dinâmica e prática e não considerada um conjunto de trâmites e papéis, senão não será eficaz (OPAS, 2019).

De forma geral, as etapas para o desenvolvimento do PSA incluem a avaliação do sistema, o monitoramento operacional e os planos de gestão (WHO, 2011). A

avaliação do sistema é um processo de análise e verificação de riscos, envolvendo todo o sistema de abastecimento, desde a fonte até o consumidor, visando determinar se a qualidade final da água distribuída aos consumidores atende aos padrões estabelecidos nas metas de saúde. O monitoramento operacional engloba a identificação e o monitoramento dos pontos críticos de controle, de modo a reduzir os riscos identificados. E os planos de gestão visam a gestão do controle dos sistemas de abastecimento para atender as condições em operação de rotina e excepcionais. Para facilitar a aplicação da metodologia, usualmente as tarefas necessárias para implantação do PSA são divididas em módulos, conforme ilustrado na Figura 01 (VIEIRA; MORAIS, 2005; WHO, 2011).

Figura 01- Estruturação da metodologia do PSA organizada em módulos



Fonte: Adaptado de WHO, 2011; Vieira e Moraes, 2005.

3.4.2.1 Preparação

Antes de iniciar a implantação do PSA é de suma importância à atenção para o planejamento das atividades que serão desenvolvidas para o desenvolvimento da ferramenta. Nesta etapa deve ser definido o cronograma de trabalho, o prazo para a implantação do PSA e a constituição da equipe técnica multidisciplinar que será responsável em realizar o levantamento das informações, o planejamento, desenvolvimento, aplicação e verificação do PSA (PETERS, 2019).

A equipe formada deve realizar o gerenciamento do sistema de abastecimento de água, para policiar e tomar medidas cabíveis em função dos riscos que poderão surgir, a fim de garantir a potabilidade da água entregue ao consumidor final. O órgão ou empresa responsável por esse processo deve garantir a sensibilização de todos os funcionários responsáveis, a fim de se garantir o êxito na implantação do PSA (BRASIL, 2012).

3.4.2.2 Avaliação do Sistema

Após a etapa preliminar inicia-se a descrição e avaliação do sistema de abastecimento de água. Essa avaliação deve ser composta por três fases, tendo o início através de um diagnóstico detalhado que abrange do manancial até o ponto de consumo para verificar e garantir o tratamento e fornecimento da água, tendo como base as metas pré-estabelecidas. Resumidamente, as três fases desta etapa são: Descrição do sistema de abastecimento de água; construção e validação do diagrama de fluxo; identificação e análise de perigos potenciais, caracterização de riscos e o estabelecimento de medidas de controle dos pontos críticos (VIEIRA, 2013).

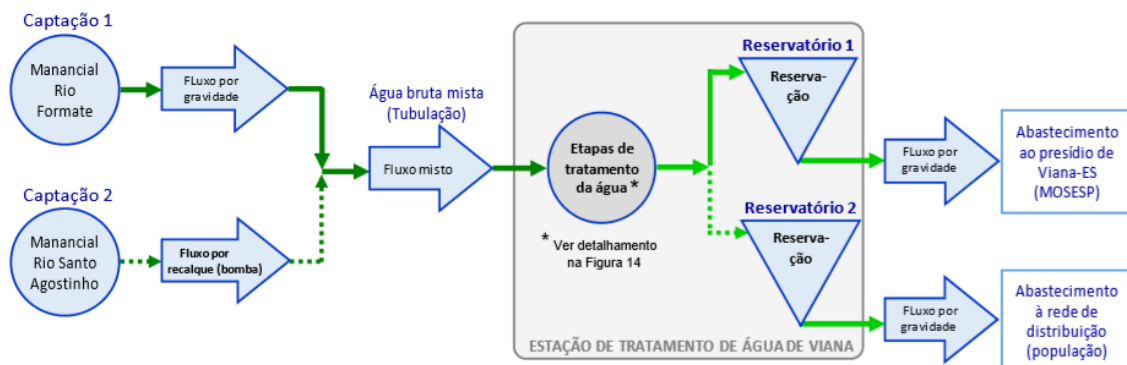
A descrição do sistema dar-se-á por meio do levantamento de informações, de dados secundários (documentos, dados de projeto, banco de dados, relatórios, banco de dados de monitoramento etc.), como também por meio de visitas *in loco*, analisando a bacia hidrográfica do manancial de captação, as etapas de tratamento de água e distribuição (Vieira & Morais, 2005).

Essa descrição deve frisar pontos como as medidas de proteção para a bacia hidrográfica, o uso e ocupação do solo, quantidade e qualidade da água provinda dos mananciais de captação, os tipos de tratamento utilizados e o funcionamento da rede de distribuição. A avaliação é feita sobre a infraestrutura existente, podendo trazer propostas de melhoria e efetivos projetos de implantação para o abastecimento de água (NEVES; FARIAS, 2014).

O próximo passo é a elaboração do diagrama de fluxo, desenvolvido por meio de todos os dados levantados da descrição do sistema e visa fornecer uma sequência de todas as etapas envolvidas do sistema de abastecimento, exemplo apresentado na Figura 02. Essa etapa na elaboração do PSA é de vital importância para seu êxito, pois a imprecisão deste diagrama poderá acarretar que potenciais perigos para o sistema

passem despercebidos. Para garantir que isso não ocorra, é de fundamental importância uma equipe técnica atuante, que valide tanto a descrição do sistema como o diagrama de fluxo, assim como verifiquem visitas em campo de todas as informações obtidas (VIEIRA; MORAIS, 2005).

Figura 02 - Exemplo de um diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água de Viana, ES.



Fonte: Vargas, 2019.

Concluída a etapa de descrição do sistema e montagem do diagrama de fluxo, devem-se identificar em cada etapa do diagrama os eventos perigosos¹ e perigos² os quais podem trazer riscos de contaminação ao sistema de abastecimento de água. Nesta etapa são considerados todos os perigos biológicos, químicos, físicos e radiológicos (NEVES; FARIAS, 2014).

Identificado os possíveis eventos perigosos e os perigos do sistema, deve-se analisá-los em função do seu grau de risco, caracterizando-os e priorizando-os com o emprego da técnica da *Matriz de Priorização de Risco* que pode ser conduzida utilizando-se de técnicas qualitativas, semiquantitativas e/ou quantitativas do risco ou combinação delas, dependendo das circunstâncias de exposição dos indivíduos e das populações ao perigo. Busca-se que a caracterização dos riscos seja sempre norteada por dados históricos da região, publicações pertinentes, estudos e pesquisas realizadas, opinião de especialista e a experiência dos operadores e técnicos. A metodologia mais aplicada na *Matriz de Priorização de*

¹ **Eventos Perigosos:** eventos que introduzem ou impedem a eliminação dos perigos no sistema de abastecimento (WHO, 2009).

² **Perigo:** agentes físicos, biológicos, químicos ou radiológicos presentes na água que podem causar danos à saúde pública (WHO, 2009).

Risco é a correlação entre a probabilidade de ocorrência e a severidade de consequência (AS/NZS, 2004).

Assim, para avaliar o risco associado a um perigo, determina-se a probabilidade de ocorrência, por meio da Escala de Probabilidade de Ocorrência, e as consequências para a saúde da população abastecida, por meio de uma Escala de Severidade das Consequências (VIEIRA; MORAIS, 2005). Quanto maior a correlação entre os dois itens maior o risco de contaminação, dessa forma norteia-se e prioriza as ações as quais devem ser tomadas diante o risco encontrado. Na Figura 03 tem-se um exemplo de uma matriz de classificação dos riscos usando a técnica qualitativa.

Figura 03 - Matriz qualitativa de priorização de risco

| Ocorrência | Consequência | | | | |
|-----------------|----------------|-------|----------|------------|-------------|
| | Insignificante | Baixa | Moderada | Grave | Muito grave |
| Quase certo | Baixo | Médio | Alto | Muito alto | Muito alto |
| Muito frequente | Baixo | Médio | Alto | Muito alto | Muito alto |
| Frequente | Baixo | Baixo | Médio | Alto | Muito alto |
| Pouco frequente | Baixo | Baixo | Médio | Alto | Muito alto |
| Raro | Baixo | Baixo | Baixo | Médio | Alto |

Legenda: Análise de risco

Muito Alto: risco extremo e não tolerável; necessidade de ação imediata.

Alto: risco alto e não tolerável; necessidade de especial atenção.

Médio: risco moderado; necessidade de atenção.

Baixo: risco baixo e tolerável, controlável por meio de procedimentos de rotina.

Fonte: Adaptado de AS/NZS (2004).

3.4.2.3 Monitoramento Operacional

Após a priorização dos riscos, é necessária a adoção do monitoramento operacional, que tem por objetivo controlar os riscos e garantir que as metas sejam atendidas. Para isso, devem-se determinar medidas de controle dos riscos, selecionar parâmetros de monitoramento, estabelecer limites críticos e ações corretivas em cada etapa do sistema (NEVES; FARIAS, 2014).

Vários parâmetros podem ser utilizados no monitoramento, como por exemplo, a ocorrência de floração de cianobactérias no manancial superficial de captação de água, a adequada concentração residual de desinfetante na saída da ETA, além da

sua manutenção ao longo do sistema de distribuição, avaliação da pressão atmosférica positiva e do parâmetro de turbidez ao longo do sistema de distribuição, dentre outros (BRASIL, 2012).

As medidas de controle são ações com o propósito de prevenir, reduzir ou eliminar a contaminação que possa ocorrer no sistema e são baseadas no princípio das múltiplas barreiras (PETERS, 2019). Esse método consiste em criar barreiras em cada etapa do sistema de abastecimento de água, de modo que se uma delas falhar, ainda haverá outras, em etapas posteriores, para bloquear a disseminação de contaminantes e garantir a proteção exigida. Considera-se que é possível que haja falhas nas barreiras sanitárias programadas e, por isso, alguns procedimentos e etapas são empregados em série, visando à melhor defesa possível contra os perigos. Vale ressaltar que as barreiras não são eficientes quando aplicadas de forma isolada (O'CONNOR, 2002).

O estabelecimento dos limites críticos dos riscos, tem por finalidade avaliar se o perigo está mantido sob controle. A definição de limites críticos deve ter como subsídio as informações reunidas na fase de descrição do sistema de abastecimento, nas atividades de avaliação de desempenho das estações de tratamento de água e na implementação do monitoramento da qualidade da água (VIEIRA, 2013). Quando um limite crítico é excedido, denomina-se como um “incidente”, provindo de uma situação em que se tenham fundamentos para suspeitar que tal ação possa distribuir uma água insegura para o consumo. Desta forma, a etapa de monitoramento operacional constitui-se de um conjunto de ações planejadas, em que o responsável pelo abastecimento de água para consumo humano monitora cada medida de controle, em tempo hábil, com a finalidade de realizar um gerenciamento eficaz do sistema e assegurar que as metas de saúde sejam alcançadas (WHO, 2011).

3.4.2.4 Planos de gestão

Os planos de gestão possibilitam a verificação constante do PSA, descrevem as ações que serão desencadeadas nas operações de rotina e em condições excepcionais (de incidentes), além de organizar a documentação da avaliação do sistema, a comunicação de risco à saúde, os programas de suporte e validação e verificação periódica do PSA, garantindo-se o melhor funcionamento do sistema de abastecimento de água para consumo humano (VIEIRA; MORAIS, 2005). As ações

a serem tomadas para o plano de gestão são: o estabelecimento de ações em situações de rotina e em situações emergenciais, organização e documentação do sistema, estabelecimento de comunicação de risco, programas de suporte e validação e verificação periódica do PSA (PETERS, 2019).

Para desenvolvimento dos planos de ações em condições de rotina devem ser estabelecidos alguns procedimentos, tais como a garantia da existência de programas de suporte, procedimentos e registros para aplicação do PSA. Além disso, deve-se elaborar um plano de ação para prover as medidas de controle, criar métodos para analisar os dados registrados na gestão de rotina, verificar desvios nos limites críticos, estabelecer as ações corretivas e um plano de revisão do PSA (VIEIRA; MORAIS, 2005).

É preciso prever acontecimentos de situações excepcionais que deixam o sistema de abastecimento de água mais exposto, podendo causar grandes danos à saúde pública. Situações essas que podem surgir em circunstâncias adversas, como exemplo, deslizamentos, inundações e secas. Diante desses acontecimentos são elaborados Planos de Contingência, os quais integram vários planos de ação, de modo a outorgar respostas para essas emergências. Esses planos descrevem ações a serem tomadas para manter a operação em condições normais. Estas devem incluir tanto soluções as variações normais no monitoramento de parâmetros operacionais, quanto respostas que aos parâmetros de monitoramento operacional que atingirem aos limites críticos. (WHO, 2011).

O próximo passo é elaboração dos Planos de Ações, que devem ser coerentes com os principais tipos de emergência ou desastres provindos da análise da vulnerabilidade, classificados na matriz de risco. É importante que os planos de ações sejam descritivos, ilustrado e apresente o diagrama de fluxo do sistema, mostrando todos os envolvidos durante o ocorrido e suas competências. Deve conter procedimentos para notificação interna e externa (ou seja, à população e ao setor saúde), estabelecimento do sistema de gestão de emergência, procedimentos para avaliação preliminar da situação, procedimentos para estabelecer objetivos e prioridades da resposta a incidentes específicos, procedimentos para executar o plano de ação, para a mobilização de recursos e relação de contatos de todos os setores

não governamentais que possam oferecer apoio logístico e/ou operacional às ações a serem desenvolvidas (BRASIL, 2012).

Por fim, a última etapa para o desenvolvimento do PSA é acompanhar e avaliar o próprio plano, formando um fluxo das informações para sua execução. Todas as informações sobre os desastres ou ocorrências, como as ações tomadas, resultados obtidos, relatórios para possíveis alterações nas medidas a serem executadas devem ser documentadas. Diante dos dados documentados os responsáveis pelo PSA são capazes de desenvolver relatórios, mensais e anuais, e principalmente após emergências, para que o plano sempre seja revisto e melhorado. Os protocolos de comunicação devem seguir as recomendações de legislação vigente da informação ao consumidor (BRASIL, 2005), por isso é importante realizar revisões e auditorias para verificar a eficácia do PSA.

3.4.2.5 Revisão e Auditorias Periódicas do PSA

O PSA não deve ser considerado um documento estático, pois deve ser regularmente analisado e revisto para assegurar seu funcionamento correto, bem como sua atualização à luz das mudanças nos sistemas e/ou desenvolvimento de novos projetos. Deve ser revisado também após desastres, emergências ou incidentes para garantir que, sempre que possível, os incidentes não se repitam e, quando isso não for possível, como no caso das inundações, para reduzir seus impactos. As revisões pós-incidentes podem identificar as áreas para melhoria e a necessidade de revisão do PSA, sendo instrumentos relevantes para a tomada de decisão relacionada a ajustes operacionais no sistema de abastecimento de água (WHO, 2011).

Entende-se que o PSA deve ser objeto de auditorias periódicas, internas e externas. Sugere-se, para tanto, o desenvolvimento de verificações periódicas documentadas, independentemente de auditorias ou de outros processos de verificação, para assegurar a eficácia do PSA (VIEIRA; MORAIS, 2005). Essas auditorias periódicas podem ser efetuadas para atestar se o PSA está em pleno funcionamento, de maneira adequada e eficaz, e quando certos fatores devem ser considerados e levantados. Por exemplo, avaliar se todos os perigos e eventos perigos foram identificados; verificar se as medidas adequadas para o controle foram realizadas; avaliar se os procedimentos de monitoramento operacional têm sido atendidos; se os limites

críticos foram definidos; se as ações corretivas têm sido identificadas e se os procedimentos de gerenciamento têm sido estabelecidos (BRASIL, 2012).

3.4.3 Dificuldade na Implantação do PSA

Durante a implantação do PSA podem ocorrer algumas dificuldades, como por exemplo, durante a etapa de avaliação do sistema de abastecimento de água, o sistema não possuir históricos de manutenção de equipamentos e reparos, existir procedimentos incorretos de gerenciamento, equipe com experiência limitada, falta de infraestrutura, heterogeneidade de riscos potenciais, grande extensão da rede de distribuição, incapacidade de encontrar recursos financeiros e a cultura corporativa engessada (TSITSIFLI; TSOUKALAS, 2019).

Os gestores de água podem associar o PSA com um aumento de despesas, na prática, isto pode ocorrer no início do período de implantação do PSA, como resultado de reparos necessários para lidar com riscos significativos em um sistema (CHANG et. al., 2013). Mas a longo prazo, no entanto, a implantação reduz os custos associados ao fornecimento de água potável, resultante de práticas operacionais aprimoradas, melhor eficiência gerencial e uso eficiente da água como resultado de melhorias na infraestrutura e melhor detecção de vazamentos (SUMMERILL et. al, 2010).

Um ponto relevante, é que atualmente não existe um conjunto de indicadores padronizados para avaliar os planos de segurança da água em particular. Ainda há a necessidade elaboração de uma lista de indicadores simples e mensuráveis que se apliquem especificamente aos resultados do PSA (KOT; CASTLEDEN; GAGNON, 2015).

Outro problema averiguado é que apesar das legislações sugerirem as premissas do PSA, ainda há pouca difusão de conhecimento acerca do assunto, principalmente a nível municipal, além disso, existem poucos relatos de casos na literatura sobre o desenvolvimento e implantação do PSA em território nacional (ROSSO et. al, 2016).

3.4.4 Considerações sobre o PSA no Brasil

No Brasil, o controle e gerenciamento de riscos associados à água têm sido feito principalmente com base em normas do Ministério da Saúde. Teve início em 2000

com a Portaria do MS Nº1469/2000, onde o Ministério da Saúde, por meio da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, com o apoio da Organização Panamericana de Saúde - OPAS, promoveu a revisão da legislação de potabilidade de água para consumo humano. Foi a mais ampla revisão feita até então, que contou com uma equipe de consultores oriundos de Laboratório, órgão ambiental, saúde e universidade (BASTOS, 2018).

Posteriormente, a Portaria nº 1.469/2000 foi praticamente reeditada como Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004. Somente em 2011 se procedeu à revisão da Portaria nº 518 / 2004, resultando na publicação da Portaria MS nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011). Em 2017, o Ministério da Saúde resolve agrupar suas diversas normas em Portarias de Consolidação e, assim, a Portaria nº 2.914 / 2011 é incorporada, como Anexo XX, à Portaria de Consolidação nº 5 - Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (BRASIL, 2017). Não houve, entretanto, qualquer alteração de conteúdo em relação à Portaria nº 2.914 / 2011 (BASTOS, 2018).

Em 2021, a Portaria de Consolidação 05/2017, anexo XX do Ministério da Saúde, foi alterada pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Na atual Portaria, o PSA é compreendido como uma importante ferramenta preventiva para o gerenciamento de riscos inseridos no contexto do abastecimento de água, desse modo a Autoridade de Saúde Pública poderá determinar a sua elaboração e implantação. E ainda, o PSA pode ser considerado requisito para que prestadores de serviço solicitem alteração do plano de amostragem previsto na Portaria (BRASIL, 2021).

Muitos trabalhos e propostas foram desenvolvidos recentemente na tentativa de propiciar água realmente segura aos consumidores de sistemas públicos de abastecimento no Brasil. Entre esses estão o “Plano de Segurança da Água SUS/2012” (BRASIL, 2012), o “Plano de Segurança da Água na visão de Especialistas” (BENSOUSSAN, 2015), o “Plano de Segurança da Água” (OPAS, 2019) e Os “Planos de Segurança da Água no Cenário Internacional” (NETTO, 2013). Todavia ainda no Brasil o PSA é pouco disseminado. Em contrapartida, as experiências internacionais trouxeram resultados eficazes e alertaram para a necessidade de alguns ajustes necessários na metodologia do PSA à realidade local,

bem como aos diferentes arranjos dos sistemas de abastecimento de água (HESPANHOL, 2015).

Mesmo com as orientações para a implantação do gerenciamento dos riscos desde 2000, a implantação do primeiro PSA no Brasil ocorreu no ano de 2006, por meio de um projeto piloto, sob a coordenação da Universidade Federal de Viçosa-MG, com colaboração do Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE Viçosa) e da Secretaria Municipal de Saúde. Desde então, Prefeituras, sistemas de abastecimento de água autônomo, concessionário de serviços públicos e Universidades têm se dedicado a esse tema de forma ostensiva, estudando e analisando estratégias de implantação e disseminação do PSA, de forma integrada entre autoridades de saúde e demais gestores da água. Porém, ainda há rejeições para a implantação da ferramenta (BRASIL, 2012).

E na nova Portaria de potabilidade no Brasil, a PCR nº5 anexo XX de 2017, alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021, introduz a possibilidade de a autoridade de saúde pública exigir dos responsáveis pelos sistemas e soluções coletivas de abastecimento de água, a elaboração e implementação do PSA. Além disso, é facultado ao responsável pelo SAA solicitar à autoridade de saúde pública alteração dos parâmetros monitorados e da frequência mínima de amostragem, mediante apresentação do PSA.

3.4.5 A Aplicação do PSA no cumprimento das metas de universalização do saneamento

É possível traçar uma linha ao longo da trajetória da expansão dos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto no Brasil e identificar as etapas do desenvolvimento industrial brasileiro. Entretanto, o progresso da cobertura do abastecimento de água potável, não acompanhou a velocidade e o crescimento industrial que o país experimentou a partir do período pós-guerra até os anos 1980. Os investimentos no saneamento brasileiro sempre foram, historicamente, aquém do necessário devido a uma aparente desmotivação política, à persistência de restrições e indefinições regulatórias e à ineficiência de parte dos provedores (SAIANI, 2020).

Desde a década de 1940, a titularidade dos serviços de saneamento fora atribuída aos municípios, porém, era notória a preocupação de que os municípios não seriam capazes de, por si só, investirem no setor, assim buscou-se sempre esforços de ajuda dos estados e, depois, da União com programas de financiamentos ao longo dos anos (TUROLLA, 2002). Em 2007, foi homologada a Lei do Saneamento Básico nº 11.445, que trata das diretrizes para o saneamento, o qual criou instrumentos de convênios de cooperação e contratos de programa, desobrigando a participação de companhias estaduais de saneamento em processos de licitação para a provisão de serviços de saneamento (BRASIL, 2007).

O cenário atual passa por um processo de reconstrução no setor de infraestrutura de saneamento no Brasil, com a atualização do Novo Marco Legal do Saneamento Básico, por meio da Lei nº 14.026/2020, incluindo a alteração da Lei nº 11.445/2007.

Em decorrência desse recente marco legal, a gestão dos serviços de saneamento básico no Brasil ocorre a partir das seguintes funções: planejamento, regulação, prestação dos serviços, fiscalização, controle social e abastecimento de sistemas de informação.

Quanto ao planejamento, deve ser elaborado pela União o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que orienta as políticas públicas no setor nos próximos anos, inclusive apontando os programas que devem ser criados, como ocorreu com o Programa Nacional do Saneamento Rural, que surgiu a partir da primeira edição do PLANSAB, em 2013.

Do ponto de vista local, o município é o ente da federação titular dos serviços de saneamento local e deve elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), que deve contemplar todo o município, ou seja, zona urbana e zona rural. A exemplo do Plano Nacional, o PMSB deve contar com diagnóstico, objetivos e metas e programas, projetos e ações. Independentemente do nível de planejamento, os princípios fundamentais devem ser seguidos, ou seja, deve-se buscar, entre outros aspectos, a universalização dos serviços e adoção de tecnologias adaptadas a realidade e capacidade de pagamento local (BEZERRA, 2005).

Uma função da gestão do saneamento básico que terá papel fundamental nos próximos anos é a regulação, que tem o papel de disciplinar e organizar um serviço

público, definindo, minimamente, normas técnicas e econômicas, assegurando a garantia do pagamento dos serviços, estabelecimento de mecanismo de pagamento, bem como do sistema contábil. Assim, a regulação impacta diretamente em prestação de serviço justa e adequada.

A partir da Lei nº 14.026/2020, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) passou a ser o órgão regulador nacional, em termos de normas técnicas, e, em função do novo modelo de contrato de prestação de serviço, espera-se que o número de agências reguladoras regionais cresça. Cabe ressaltar que áreas rurais, comunidades tradicionais e terras indígenas não necessariamente precisam seguir as normas de referência para prestação dos serviços públicos de saneamento básico estabelecidos pela ANA (Lei nº 14.026/2020, Art. 50, § 10).

A fiscalização dos serviços de saneamento básico é uma função a ser delegada pelo prestador do serviço e tem por objetivo garantir o acompanhamento, monitoramento, controle ou avaliação dos serviços. Se difere da regulação na medida em que o foco da fiscalização é no cumprimento nas normas, inclusive contratuais, enquanto a primeira tem por objetivo cobrir uma falha de mercado e alocar os recursos de maneira mais eficiente.

Por fim, a prestação dos serviços públicos deve atender a requisitos mínimos de qualidade, regularidade e continuidade. Podem ser prestados diretamente pelo titular ou delegados, por meio de contratos de concessão dos serviços ou contratos de programa, esta última modalidade apenas para aqueles ainda vigentes.

Do ponto de vista institucional, hoje, o saneamento básico é organizado da seguinte maneira:

- Ministério do Desenvolvimento Regional, em sua Secretaria Nacional de Saneamento: implementar a política nacional de saneamento, monitorar, avaliar e revisar o PLANSAB, formular, executar e coordenar programas e ações com vistas à universalização, dar apoio técnico aos estados e municípios e demais atividades de gestão nacional do saneamento básico (BRASIL, 2020);
- FUNASA, em seu Departamento de Engenharia de Saúde Pública: coordenar, planejar e supervisionar planos, programas e ações de saneamento com foco na

prevenção de doenças, cooperação técnica com Estados e Municípios para a melhoria da gestão do saneamento, saneamento em áreas especiais (BRASIL, 2016), além do forte trabalho no âmbito do saneamento dos pequenos municípios e na zona rural;

- ANA: “responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico” (BRASIL, 2020);
- Municípios: titular dos serviços de saneamento básico, deve realizar o planejamento local, fiscalizar os serviços, prestar diretamente ou delegar os serviços, criar e estabelecer mecanismos de participação e controle social;
- Prestadores de serviços: realizar a prestação dos serviços de saneamento de acordo com o contrato e demais normas e legislações vigentes além de disponibilizar as informações de maneira pública;
- Agências reguladoras subnacionais: regulação normativa, econômica e resolução de conflitos entre prestador e titular dos serviços, evitar abusos tarifários e avaliar o cumprimento das normas estabelecidas;
- Ministério da Saúde: controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano bem como estabelecer o padrão de potabilidade nacional.

No Brasil, o órgão que fomenta e apoia tecnicamente a implementação de Planos de Segurança da Água é o Ministério da Saúde, como parte do Programa Nacional de Apoio ao Controle da Qualidade da Água (BRASIL, 2017).

Entre as novas diretrizes criadas, exige novamente dos municípios a responsabilidade pela implantação da política e elaboração do Plano Municipal do Saneamento Básico, para a universalização dos serviços conforme metas da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas [ONU] (2015) (BRASIL, 2020).

A proposta da Lei nº 14.026/2020 é que, até o final de 2033, 99% da população brasileira tenha acesso a água potável e 90% da população tenha acesso a coleta e tratamento de esgoto. Estabelece, ainda, metas quantitativas de não intermitência do

abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento (BRASIL, 2020).

Ou seja, as metas de universalização da Lei nº 14.026/2020 levam em consideração não apenas a prestação dos serviços operacionais, mas também a prestação do fornecimento de água com qualidade e de forma ininterrupta. Problema relevante, à medida que há a falta de regularidade e qualidade do serviço de saneamento prestado em diversos municípios (BESSAANTUNES; D'OLIVEIRA, 2020).

Por isso, é importante que o responsável pelo sistema de abastecimento de água, seja ele público ou privado, detenha mecanismos eficientes de gestão de risco à saúde para assegurar a produção de uma água segura para a população. Um desafio ainda maior quando há mudança do responsável do sistema, uma vez que, o novo responsável, caso não aprecie realmente quais são os pontos de melhorias que o sistema recém concedido necessita, dificultará a tomada de decisão para eventos operacionais que possam prejudicar a qualidade da água ou o abastecimento, descumprindo então o marco regulatório e a Portaria de Potabilidade. Nesse contexto, pode-se concluir que a implantação do PSA é uma ferramenta imprescindível para as empresas de saneamento.

4. METODOLOGIA

De forma a cumprir com os objetivos propostos da pesquisa, realizou-se um levantamento bibliográfico de artigos científicos, documentos oficiais, teses, dissertações, tanto nacionais quanto internacionais, sobre as palavras-chave: “Plano de Segurança da Água” (e suas variantes em inglês), “controle da qualidade da água para consumo humano” e “avaliação de risco de água para consumo humano”. Procurou-se, também, por estudos de caso de forma a visualizar diferenças e semelhanças nas estratégias utilizadas nos diversos países, considerando os contextos dos sistemas de abastecimento de água avaliados (e.g. população abastecimento, vazão, se está dentro do contexto de países desenvolvidos ou em desenvolvimento). Optou-se assim por realizar o desenvolvimento do PSA de forma sequencial, em módulos temáticos (BARTRAM *et al.*, 2009).

A seleção e adequação do método de identificação dos perigos e avaliação de risco levou em consideração a metodologia proposta pela OMS nos *Guidelines for Drinking-Water Quality*, que trata da temática, desde 2004 até os dias atuais (WHO, 2004; WHO, 2005; WHO, 2011), na norma ISO 31000 de Gestão de Risco 255 (NBR ISO/IEC 31010:2012), bem como as diretrizes do Ministério da Saúde (BRASIL, 2012).

O foco desta pesquisa foi aplicar as etapas iniciais da metodologia do PSA para o gerenciamento dos riscos existentes no SAA de Vila do Riacho, localizada no Município de Aracruz-ES, de modo a auxiliar o cumprimento das metas da Lei nº 14.026/2020 e garantir o fornecimento de uma água segura. Assim, para o cumprimento dos objetivos da pesquisa foi desenvolvido as etapas iniciais do PSA, abrangendo a preparação, avaliação e descrição do sistema e o monitoramento operacional, conforme apresentado no Quadro 01.

Quadro 01 - Apresentação dos módulos abordados nesta pesquisa

| ETAPAS | MÓDULOS | TAREFAS |
|---------------------------|--|--|
| Preparação | Modulo 01 Constituição da Equipe de Trabalho | 1- Formar uma equipe multidisciplinar; 2- Planejar as atividades do PSA |
| Avaliação do Sistema | Modulo 02 Descrição do sistema de abastecimento de água | 3- Descrever o sistema de abastecimento de água; 4- Construir um diagrama de fluxo. |
| | Modulo 03 Determinação dos perigos e eventos perigosos e avaliação dos riscos | 5- Identificar e avaliar os perigos, eventos perigosos e os riscos associados. |
| | Modulo 04 Determinação e avaliação de medidas de controle e classificação dos riscos | 6- Caracterizar e priorizar os riscos; 7- Identificar e avaliar medidas de controle dos riscos. |
| | Modulo 05 Elaboração de um plano de melhoria | 8- Elaborar plano de melhoria 9- Estabelecer metas para o cumprimento do Novo Marco |
| Monitoramento Operacional | Modulo 06 Definição do monitoramento das medidas de controle | 10- Estabelecer procedimentos de monitoramento; 11- Estabelecer ações corretivas. |

Fonte: Elaborado pelo autor; adaptado de Vieira, 2020; WHO 2011

4.1 ETAPA INICIAL: PREPARAÇÃO

Essa etapa envolveu a formação de uma equipe técnica multidisciplinar, identificada como equipe PSA, o planejamento das atividades e o levantamento das informações necessárias para iniciar os trabalhos. A equipe foi indicada pela companhia de saneamento e ficou responsável por realizar o levantamento, planejamento, desenvolvimento e aplicação do PSA no sistema estudado.

A equipe formada teve caráter multidisciplinar, com integrantes que tinham conhecimento de todas as etapas do sistema de abastecimento a ser analisado, tornando mais fácil e preciso o processo de obtenção de informações, e consequentemente melhorando a qualidade final produto pretendido. A equipe contou com a participação de 06 colaboradores da área operacional da empresa (Quadro 02).

Quadro 02 - Apresentação dos componentes da Equipe

| COMPONENTES DA EQUIPE | | COMPONENTES DA EQUIPE |
|---|-----------------------------------|--|
| Componente da Equipe | Formação Acadêmica | Cargo na empresa |
| Amâncio Matiello | Técnico em Química | Técnico em Sistemas de Saneamento |
| Lorena Olinda Degasperi Rocha | Tecnóloga em Saneamento Ambiental | Monitor de Estação de Tratamento de Água |
| Ludimila Marvila Girondoli | Engenheira Ambiental | Analista de Saneamento |
| Luana Sperandio Cott | Graduanda em Engenharia Química | Estagiária |
| Maria Letícia de Abreu Faria Rocha | Engenheira Química | Analista de Saneamento |
| Saulo Machado da Silva | Engenheiro Civil | Chefe de Divisão |

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a constituição da equipe de trabalho e consequente apropriação dos conceitos e metodologias inerentes ao tema, foi realizada uma reunião de planejamento das atividades a serem desenvolvidas. Definiu-se um cronograma de trabalho, destacando as principais atividades necessárias à elaboração e aplicação da metodologia do PSA, de acordo com a realidade e capacidade de trabalho da equipe e da instituição.

Quadro 03 - Cronograma de trabalho
CRONOGRAMA DE TRABALHO

| Atividades | Responsável | Prazo |
|---|--------------------|---------------|
| 1- Constituição do grupo de trabalho | Empresa | Abril/2021 |
| 2- Estudo e assimilação da metodologia do PSA | Equipe | Julho/2021 |
| 3- Reunião do grupo de trabalho | Equipe | Mensal |
| 4- Levantamento das informações do sistema estudado | Equipe | Agosto/2021 |
| 5- Análise e descrição do sistema de abastecimento | Equipe | Setembro/2021 |
| 6- Construção e validação do diagrama de fluxo | Equipe | Setembro/2021 |
| 7- Identificação dos perigos/ eventos perigosos | Equipe | Outubro/2021 |
| 8- Caracterização e priorização dos perigos/ eventos perigosos | Equipe | Outubro/2021 |
| 9- Estabelecimento das medidas de controle | Equipe | Novembro/2021 |
| 10- Estabelecimento das medidas corretivas | Equipe | Novembro/2021 |
| 11- Elaboração do Plano de Melhorias e o Estabelecimento das metas | Equipe | Novembro/2021 |
| 12- Estabelecimentos dos procedimentos de monitoramento | Equipe | Dezembro/2021 |

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 ETAPA 01- AVALIAÇÃO DO SISTEMA

A avaliação do sistema ocorreu a partir do diagnóstico detalhado de todo o sistema de abastecimento de água, e teve por objetivo verificar se o sistema teria condições de garantir o tratamento e o fornecimento de água. Essa etapa foi composta por quatro fases:

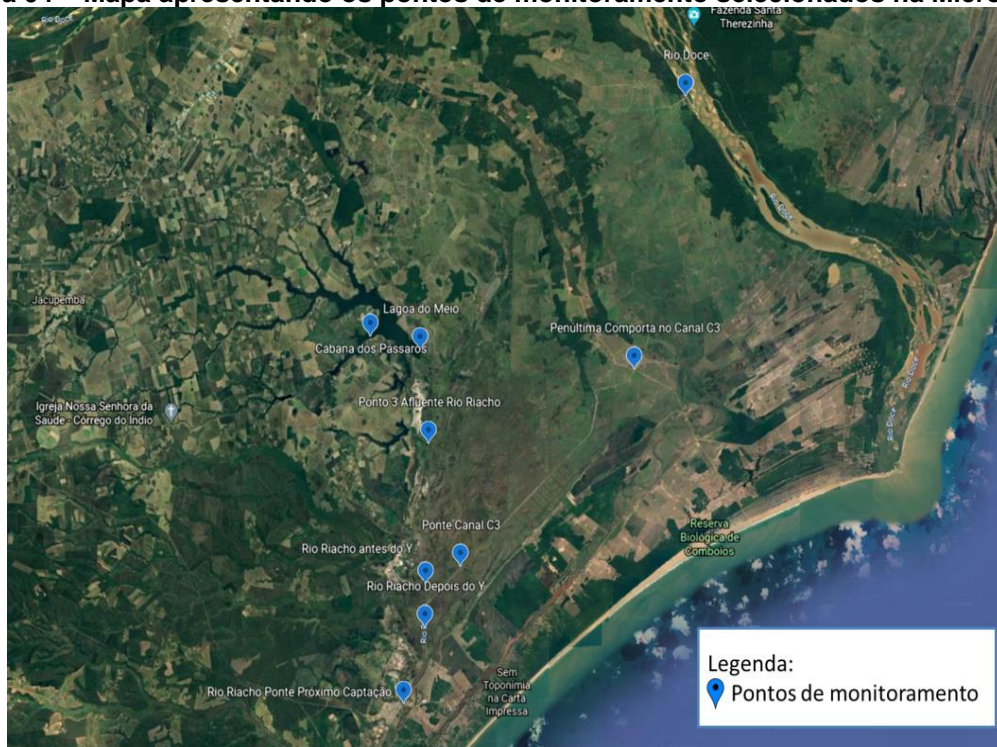
- Descrição do sistema de abastecimento de água, construção e validação do diagrama de fluxo;
- Identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos;
- Identificação e avaliação das medidas de controle.
- Elaboração de um plano de melhoria para os riscos considerados altos e muito altos.

Todas as atividades dessa etapa basearam-se nas metodologias de WHO (2009), WHO (2011) e Brasil (2012).

Para o cumprimento desta etapa, o levantamento das informações foi crucial para identificação e caracterização dos riscos. Os dados foram obtidos por meio das informações levantadas por meio de históricos fornecidos pelo SAAE (responsável anterior), pela Companhia de Saneamento (atual responsável), de pesquisas acadêmicas, projetos desenvolvidos na área de estudo, dados hidráulicos do SAA, dados do IBGE e google Earth. Inicialmente, houve dificuldades em obter informações sobre a qualidade da água bruta e distribuída, perante o responsável que operava anteriormente o sistema, havia informações incertas e desconhecidas, o que dificultou o andamento inicial da pesquisa. Desde modo, foram selecionados pontos de amostragem, conforme apresentado na Figura 04, e evidenciado a coleta na Figura 05 ao longo da microbacia do sistema estudado, para avaliação da qualidade da água bruta, de modo a avaliar os pontos vulneráveis do manancial, foram realizadas análises de cor, turbidez, pH e alumínio. A metodologia de coleta e preservação das amostras de água foram baseadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995), publicado pela *American Public Health Association*.

Durante a etapa de levantamento dos dados, constatou-se que a ETA estudada sofreu influência do rompimento da Barragem de Mariana, com isso, foi possível buscar junto o projeto Renova informações sobre a qualidade da água dos últimos seis anos, contribuindo para a avaliação da qualidade do rio e da qualidade da água tratada.

Figura 04 – Mapa apresentando os pontos de monitoramento selecionados na Microbacia



Fonte: Autora

Figura 05 - Foto da Realização da Coleta Para o Monitoramento na Microbacia



Na foto A mostra o momento da coleta no ponto identificado como penúltima comporta no canal C3 e a foto B mostra o momento da coleta no Ponto 3 Afluente do Rio Riacho

Fonte: Autora

4.2.1 Descrição do sistema de abastecimento de água

Nessa fase, com base nos dados secundários e primários levantados na etapa anterior descreveu-se o estado atual em que se encontrava o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Vila do Riacho, desde o manancial até a distribuição, sendo considerado como o inventário do SAA. A Descrição permitiu proporcionar informação suficiente para determinar os pontos vulneráveis, os eventos perigosos, os tipos de perigos importantes, avaliar as medidas de controle existentes e propor medidas mais efetivas para o sistema.

Após a descrição do sistema, elaborou-se o diagrama de fluxo do sistema, abordando detalhadamente todo o sistema de abastecimento de água. Para o desenvolvimento dos fluxogramas, utilizou-se o programa Lucidchart.

4.2.2 Identificação dos Perigos

A partir do diagrama de fluxo e do inventário do SAA a equipe do PSA iniciou o estudo para a identificação dos perigos e eventos perigosos, observou-se cada etapa do diagrama de fluxo do processo, o que poderia falhar no ponto analisado do sistema de fornecimento de água; ou seja, que perigos ou eventos perigosos poderiam produzir-se. Para isso, realizaram-se visitas constantes a ETA, avaliação hidráulica de cada etapa do tratamento, análise dos documentos existente do SAA, avaliação de acontecimentos na região e informações do passado por meio de entrevistas não estruturadas, baseando-se como princípios na informação e conhecimentos dos serviços de abastecimento de água sobre aspectos particulares do sistema de tratamento.

Na etapa de identificação dos perigos e eventos perigosos avaliou-se cada componente da microbacia, da captação, do tratamento de água, da reservação e da rede de distribuição visando um número maior de perigos e eventos perigosos. Para auxiliar a reconhecimento dos perigos, utilizou-se um *checklist* com diversos exemplos de possíveis passíveis que possam ocorrer em um sistema de abastecimento, bem como perguntas chaves, de modo a nortear a equipe. Esse *checklist* foi elaborado considerando várias experiências de autores que fizeram ou realizam o PSA, como a metodologia descrita no Relatório de implantação do Plano de Segurança da Água - Projeto Piloto Brasil – PSA da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Vargas (2019),

WHO (2009), WHO (2011), Brasil (2012), Peters (2019), Braga (2015) e Dantas (2021).

Outro ponto importante da metodologia de identificação dos riscos foi a inserção das macrocausas envolvidas na ocorrência dos eventos perigosos, ou seja, a determinação da origem desses eventos. Essa metodologia foi desenvolvida pela empresa Hidrosan, utilizando a metodologia de causa-raiz, com o objetivo de conhecer a origem dos eventos perigosos, de modo a propor medidas de controle mais assertivas ao sistema. As macrocausas são divididas em quatro categorias:

- Ambiente externo (contemplam os fatores externos ao SAA, como exemplo a qualidade da água bruta);
- Infraestrutura do SAA;
- Operação (pessoal);
- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA (DANTAS, 2021).

Para facilitar a organização dos pontos identificados, desenvolveu-se uma planilha no software excel denominada “Identificação dos Perigos”, constando o componente, o evento perigoso, o perigo, como foi identificado e a macrocausas.

4.2.3 Avaliação e Classificação dos Riscos

Após a identificação dos perigos potenciais e suas fontes, o risco associado a cada perigo ou evento perigoso foi comparado, de modo que as prioridades de gerenciamento de risco pudessem ser estabelecidas. O risco associado a cada perigo ou evento perigoso foi descrito, identificando a probabilidade de ocorrência e avaliando a gravidade das consequências se o perigo ocorrer. O objetivo nessa etapa foi distinguir entre perigos ou eventos perigosos importantes e menos importantes.

Os riscos encontrados foram classificados segundo o efeito produzido por eles, na capacidade que o sistema tem de fornecer água segura, ou seja, considerou-se seu possível efeito na saúde pública bem como os efeitos organolépticos, a continuidade e a suficiência do abastecimento, e o funcionamento do serviço de abastecimento de água.

Nessa pesquisa utilizou-se a *Matriz semiquantitativa de Priorização de Risco* (Vieira & Morais, 2005), que atribui valores numéricos às probabilidades de ocorrência e

severidade das consequências, de forma que seu cruzamento (multiplicação) resulte em uma pontuação.

Na Escala de Probabilidade de Ocorrência (Tabela 01) classificou-se o risco em: “quase certa”, “muito provável”, “provável”, “pouco provável” e “raro”. Já na Escala de Severidade das Consequências (Tabela 02), avaliou-se as consequências dos riscos como: “insignificante”, “pequena”, “moderada”, “grande” e “catastrófica. Com o resultado da multiplicação entre os pesos atribuído em cada escala, foi possível classificar o risco em “muito alto”, “alto”, “médio” e “baixo”, conforme indicado na Tabela 03.

Tabela 01– Escala de Probabilidade de Ocorrência

| Probabilidade de Ocorrência | Descrição | Peso |
|-----------------------------|--|------|
| Quase Certa | Quase certo que ocorra 1 vez por dia | 5 |
| Muito provável | Provavelmente ocorra 1 vez por semana | 4 |
| Provável | Provavelmente ocorra 1 vez por mês | 3 |
| Pouco provável | Pode ocorrer 1 vez por ano | 2 |
| Raro | Pode ocorrer em situações excepcionais (1 vez a cada 2 anos ou mais) | 1 |

Fonte: Adaptado de Peters, 2019

Tabela 02 - Escala de Severidade de Consequência

| Severidade das Consequências | Descrição | Peso |
|------------------------------|--|------|
| Catastrófica | Afeta a maioria da população ou o funcionamento total do sistema | 5 |
| Grande | Afeta grande parte da população ou parte do funcionamento do sistema | 4 |
| Moderada | Não afeta a população, mas o impacto no sistema não é grave | 3 |
| Pequena | Não afeta a população e o impacto no sistema é pequeno | 2 |
| Insignificante | Não afeta a população e impacto no sistema é indetectável | 1 |

Fonte: Adaptado de Peters, 2019

Tabela 03 - Matriz semiquantitativa de Priorização de Risco

| Probabilidade de Ocorrência | Severidade de Consequências | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------|----------|--------|--------------|
| | Insignificante | Pequena | Moderada | Grande | Catastrófica |
| Quase certa | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| Muito provável | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| Provável | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| Pouco provável | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Raro | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Legenda: Análise de risco

Muito Alto > 16: risco extremo é não-tolerável; necessidade de adoção imediata de medidas de controle e/ou ações de gestão ou de intervenção física, a médio e longo prazos, sendo necessário, quando couber, o estabelecimento de limites críticos e monitoramento dos perigos para cada ponto identificado.

Alto - 12 a 15: risco alto é não-tolerável; necessidade de adoção de medidas de controle e/ou ações de gestão ou de intervenção física, a médio e longo prazos, sendo necessário, quando couber, o estabelecimento de limites críticos e monitoramento dos perigos para cada ponto identificado.

Médio - 6 a 10: risco moderado; necessidade de adoção de medidas de controle e/ou ações de gestão ou de intervenção física, a médio e longo prazos, sendo necessário, quando couber, o estabelecimento de limites críticos e monitoramento dos perigos para cada ponto identificado.

Baixo < 5: risco baixo, tolerável, sendo controlável por meio de procedimentos de rotina, não constituindo prioridade.

Fonte: Adaptado de AS/NZS (2004) e BARTRAM et. al. (2009)

Todos os riscos encontrados foram documentados, incluindo os eventos que apresentaram o risco baixo. Isso porque, evita-se dessa forma, esquecer-se ou ignorá-los, e permite que o serviço de abastecimento de água documente sua atuação diligentemente em caso de incidente. Para compilação dos resultados, elaborou-se uma planilha no software Excel denominada “Classificação do Risco”, para cada evento perigoso identificado, formando assim um pequeno histórico dos perigos encontrados em cada componente do sistema de água.

4.2.4 Medidas de Controle

Após a classificação, foi avaliado se os riscos considerados significativos (altos e muito altos) detinham medidas de controle, bem como, a sua eficácia para o controle do risco, ou seja, se essa medida de controle conseguiria evitar, reduzir ou eliminar o perigo a um nível aceitável. Após a avaliação, os riscos foram reavaliados e reclassificados. Nessa etapa criou-se a planilha no software Excel nomeada de “Medidas de Controle”.

Para os riscos altos e muito altos, o qual a medida de controle não se fazia eficaz, foi desenvolvido então um plano de melhoria.

4.2.5 Plano de Melhoria

Nesta etapa, a equipe PSA, visando priorizar os riscos com maior probabilidade de ocasionar problemas ao sistema e a saúde da população, definiu-se considerar os riscos altos e muito altos. Foi elaborado um cronograma de atividades, no software Excel, com o intuito de eliminar ou reduzir o perigo, definindo os responsáveis por cada atividade, uma estimativa de tempo possível para execução e os recursos necessários.

Junto com o plano de melhoria, foi preparado um relatório técnico, apresentando todo descritivo do sistema, o fluxograma, a avaliação dos perigos e eventos perigosos, os riscos associados, bem como sua classificação, destacando aqueles perigos cujo risco foi avaliado como muito alto e necessita de ação urgente, de modo a auxiliar o prestador de serviços nas tomadas de decisões e assim conduzi-lo no planejamento das metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento, que são solicitadas pelo Marco Regulatório.

4.3 MONITORAMENTO OPERACIONAL

Após a avaliação das medidas de controle, buscou-se definir estratégias para acompanhar os riscos avaliados como alto e muito alto, de forma a garantir que falhas sejam prontamente detectadas, iniciando a etapa do monitoramento operacional. Essa etapa é fundamental para dar apoio à gestão de riscos demonstrando que a medida de controle é eficaz e que, se detectado um desvio, podem-se adotar medidas que evitem colocar em perigo à segurança da água.

Desenvolveu-se nessa etapa uma planilha no software Excel, denominada “Monitoramento Operacional”, contendo: o componente, o perigo, limite crítico estabelecido e o plano de ação, contendo o que monitorar, onde, periodicidade, como fazer, o responsável e a medida de correção estabelecida.

4.4 ÁREA DE ESTUDO

Aracruz é um município com área de 1420,28km², que ocupa 3,15% do território do Estado do Espírito Santo. Está localizada na microrregião do Rio Doce, ao norte de

Vitória e é dividida em cinco distritos: a sede Aracruz, Jacupemba, Riacho, Santa Cruz e Guaraná (Figura 06). O município pode ser considerado de porte médio, com uma população estimada de 103.101 habitantes em 2020 (IBGE, 2010).

Figura 06 - Brasil, Espírito Santo e o Município de Aracruz



Fonte: Có, 2013.

A partir dos anos 1970, Aracruz foi alvo de grandes investimentos industriais, o que provocou impactos ambientais, sociais e econômicos, com reflexo na qualidade de vida de sua população e que até hoje ainda não foram efetivamente resolvidos. Trata-se de uma cidade portuária que possui ferrovia, tornando Aracruz um lugar economicamente estratégico, colocando-a dentro do contexto da economia mundial globalizada (ALVES *et al.*, 2016). Ao longo da história, as instalações industriais no município fizeram os índices de urbanização em Aracruz elevar-se rapidamente. A partir de 2017, diversos investimentos estão sendo implantados na região, como: o complexo da Suzano e a sua ampliação; a exploração petrolífera e os investimentos em logística; o Porto da Barra do Riacho - Portocel; o plantio de florestas de eucalipto em toda a região; o Estaleiro Jurong; a Carta Fabril; a Nutripetro; a Imetame; a Petrobrás; dentre outros (CELI *et al.*, 2019).

Aracruz também é município de belezas naturais, o uso do solo para fins de turismo ocorre praticamente em todo seu território, porém, com maior concentração no litoral, onde as praias caracterizam-se como principal atrativo. Dentre as praias mais procuradas destacam-se as praias de Barra do Sahy, Coqueiral, Praia dos Padres e Santa Cruz (ALVES *et al.*, 2016). E como todo o estado do Espírito Santo, o município também conta com manifestações com traços tradicionais dos principais povos que iniciaram a cidade como, por exemplo, os afrodescendentes, índios, jesuítas e

italianos, e é o único município do estado que tem em seu território áreas de Reservas Indígenas (PMA, 2020).

Atualmente, o serviço de sistema de abastecimento de água e esgoto do município é de responsabilidade do Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) de Aracruz, uma autarquia municipal administrada pela própria Prefeitura Municipal de Aracruz. Todavia, por meio do Contrato de Programa nº 04122019, publicado em 19/03/2020, a CESAN passou a ser a responsável pela prestação de serviços públicos municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário em toda a orla de Aracruz. O repasse integral dos sistemas à CESAN ocorreu em 01/08/2020 após a execução do Plano de Transição dos Serviços, conforme cláusula 1.6.1 do Contrato de Programa nº 04122019. Os sistemas de abastecimento de água concedidos para a CESAN foram: Santa Cruz, Barra do Sahy, Barra do Riacho, Vila do Riacho e Coqueiral, estes sistemas abastecem a região litorânea do município.

De acordo com Coutinho (2006), a história de Vila do Riacho nasce juntamente com a história do município de Aracruz. Foi por volta do ano de 1556 que ocorreu a ocupação do núcleo colonial português na região. Localizado na foz do Rio Piraqueaçu, o lugar denominado Aldeia Nova começa a consolidar o povoamento na Bacia do Rio do Riacho, com a integração cultural entre padres jesuítas e os índios temiminós, maioria na região.

Em sua história sofreu um processo diferenciado de desenvolvimento, com a instalação de um quartel na confluência dos Rios Riacho e Comboios, com o objetivo de repelir os ataques dos índios botocudos a viajantes, índios civilizados, comboios e boiadas que tinham que passar na região. Talvez em razão dos conflitos com os indígenas, a região apresentou um fraco crescimento na ocasião. Contudo, em 1828 foi criada a Intendência Municipal de Vila do Riacho. E junto a ela o quartel, nessa mesma época, chegam a região os primeiros colonos. Com o crescimento dos quartéis e investimentos militares na região, fazendeiros e imigrantes tinham a impressão de segurança fornecida pelo Império e rapidamente passaram a ocupar o local, fazendo a região se desenvolver (LUCAS, 2017).

Na década de 1860, o imperador brasileiro, D. Pedro II, visitou terras capixabas e foi a região norte do Espírito Santo, passando pela Vila do Riacho. Na vila, o que chamou

a atenção do imperador foi a singela capela existente na localidade. Mais tarde, a pequena capela saiu de cena e, em seu lugar, foi edificada em Vila do Riacho a Igreja de São Benedito do Rosário. Ainda durante a visita, o monarca teria descrito características do Rio Riacho e desenhado um croqui do Rio (Figura 07), que atualmente abastece a vila:

O Riacho é muito tortuoso e estreito, custando muito navegá-lo com canoa grande como a em que vou. [...] As margens do Riacho só de certa altura para cima é que se apresentam plantas altas e árvores (ROCHA, 2008).

Figura 07 – Desenho do Rio Riacho feito por Dom Pedro II em visita a Vila do Riacho, 1851.



Fonte: Documentos avulsos. Acervo do Arquivo Público do Estado do Espírito Santo. Apud LUCAS, 2017.

4.4.1 Dados Socioeconômico e de Saneamento Básico

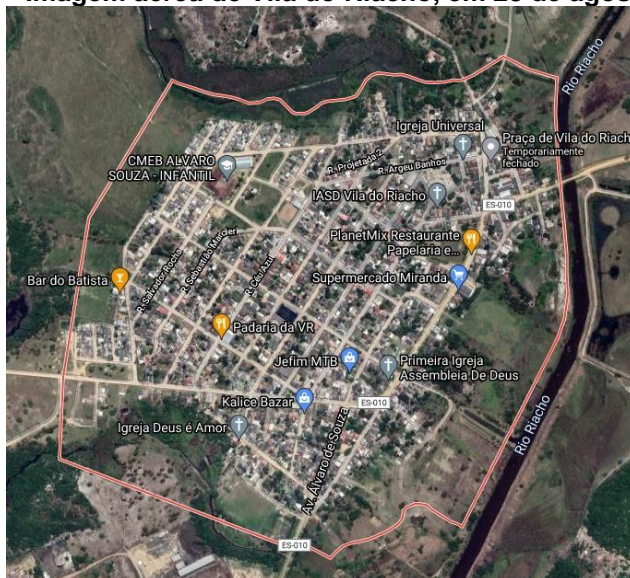
De acordo com os dados do Censo Demográfico do IBGE (2010), Vila do Riacho possui 3.509 habitantes, o que corresponde a 4,3% da população total de Aracruz. Além disso, a comunidade possui 971 domicílios, o que representa 4,1% do total existente no município. Os seguintes resultados indicam que, em média, Vila do Riacho possui 3,61 pessoas por domicílio, sendo este valor, pouco superior ao total de Aracruz, que foi de 3,44 pessoas por domicílio.

Contudo, cabe destacar que, embora o Censo Demográfico de 2010, do IBGE, sejam os últimos dados oficiais divulgados sobre o quantitativo populacional do bairro de Vila do Riacho, possivelmente, estes valores atuais (em 2021), são superiores aos verificados naquele momento. Pode-se comprovar esta afirmação a partir das imagens aéreas do Google Earth, no período entre 2009 e 2021, que encontram-se nas Figuras 08 e 09. Neste caso, a opção por iniciar esta análise a partir das imagens de julho de 2009, deve-se pelo fato de ser a que mais se aproxima da data de realização do Censo Demográfico do IBGE, que foi em setembro de 2010.

Figura 08 - Imagem aérea de Vila do Riacho, em 02 de julho de 2009

Coordenadas: -19.747.759/ -40.04509

Fonte: GOOGLE EARTH, 2021

Figura 09 - Imagem aérea de Vila do Riacho, em 28 de agosto de 2021

Coordenadas: -19.747.759/ -40.04509

Fonte: GOOGLE EARTH, 2021

A predominância da região era economicamente agrícola, atualmente, após a implantação de uma empresa de celulose, é uma comunidade cercada pela plantação de eucalipto, o isso significa que muitas famílias em Vila do Riacho perderam sua principal fonte de renda. Atualmente a maior oferta de emprego na Vila vem de uma fábrica de argamassa (DE'NADAI, A. et. al., 2005).

Sobre as características socioeconômicas dos domicílios, 74,7% dos domicílios do bairro recebem até um salário-mínimo, enquanto em Aracruz, este resultado é igual a 58,3%. Assim, percebe-se que Vila do Riacho apresenta um perfil de renda de sua

população inferior de Aracruz. Em relação as edificações, praticamente todos os domicílios do bairro são constituídos por edificações de um pavimento. Atualmente, o bairro conta com poucos e pequenos edifícios de apartamentos e uso comercial. Sobre a infraestrutura geral disponível aos domicílios, Vila do Riacho é atendido pelo sistema de água e esgoto. Segundo a Companhia de Saneamento, 100% dos domicílios são abastecidos pelo sistema de água e 78,69% atendidos pela coleta e tratamento de esgoto. Abrangendo um total de 1351 economias atendidas, cerca de 3090 habitantes, o consumo médio per capita é de 197 L/s (CESAN, 2021). A área urbana de Vila do Riacho possui rede de drenagem e projeto em praticamente todas as ruas e em relação, conforme dados do Censo Demográfico do IBGE, de 2010, Vila do Riacho é bem atendido pelo serviço de coleta, já que ocorre na maioria de seus domicílios, em 98,56% e o caminhão de coleta de lixo faz sua rota pela comunidade de segunda a sábado.

4.4.2 O Sistema de Abastecimento de Vila do Riacho

O Sistema de Abastecimento de Água do bairro de Vila do Riacho capta água do manancial superficial Rio Riacho, sua nascente está localizada na Lagoa Aguiar, divisa com o município de Linhares, e ainda sofre influência do Rio Doce pelo canal Caboclo Bernardo. O sistema de captação possui um canal, a partir do qual, é feita a tomada d'água diretamente no leito do rio e a vazão de projeto é de 40L/s.

Quando o sistema foi concedido a CESAN, em 2020, a vazão média captada é de 17 L/s e o tempo de funcionamento da ETA era de 14 horas por dia. A adutora de água bruta se estende da captação a ETA, cobrindo uma extensão de 400 metros, com um desnível geométrico igual a 15 m, sendo constituída de uma adutora de PVC DN 150mm (SAAE, 2020).

Além da captação superficial, o sistema contava com a contribuição de um poço artesiano localizado na área da ETA. Este era utilizado quando a ETA não conseguia realizar o tratamento da água adequadamente devido às características da água bruta. Durante toda pesquisa, não obteve-se informações do perfil do poço.

A tecnologia de tratamento da ETA era o sistema convencional, composto por aerador, mistura rápida (calha parshall), floculador, decantador convencional, filtros ascendentes e filtro de pressão. A Figura 10 mostra parte da ETA na primeira visita

em campo feita ao local. E a rede de distribuição de água de Vila do Riacho possui aproximadamente 15.298 metros lineares de extensão (SAAE, 2020).

Figura 10 - Vista da estação de tratamento de Vila do Riacho



Fonte: Autora, 2020

A ETA Vila do Riacho possui área total e área construída estimadas em, respectivamente, 3.125 m² e 255 m². A Figura 11 apresenta a localização da ETA.

Figura 11 - Localização da ETA Vila do Riacho



Fonte: CESAN, 2021

5. RESULTADOS

5.1 DIAGNOSTICO DO SISTEMA ESTUDADO

O SAA avaliado nessa pesquisa, foi o sistema de abastecimento de água de Vila do Riacho, localizado em Aracruz, no Estado do Espírito Santo. Esse sistema era gerenciado pelo SAAE de Aracruz e, em agosto de 2020, passou a ser administrado pela Companhia de Saneamento do Estado. A escolha desse sistema foi devida as condições de risco que se apresentava no momento, análises com presença de metais pesado, pH muito baixo e rejeição da a água pela população, que reclamam da qualidade e da intermitência que ocorria isso pode ser observado em conversas com o próprio SAAE, funcionários do sistema e moradores. Algumas pesquisas também relataram o problema, como na de Lucas (2017), no trecho transcrito abaixo:

[...] Cabe ressaltar ainda que o saneamento básico se apresentou nas entrevistas, como um dos aspectos mais preocupantes por parte das lideranças, moradores e coordenadores dos equipamentos. Foi unânime a reivindicação por melhorias nas condições do abastecimento de água, que historicamente passou por profundas mudanças na Vila após o redirecionamento/construção do canal Caboclo Bernardo. Segundo as entrevistas realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2016, o abastecimento de água para os domicílios e para as atividades de agricultura passaram ao longo dos últimos anos por processos de constante desabastecimento, além da qualidade comprometida muitas vezes pelo odor e coloração da água, que ainda que habilitada pelos órgãos competentes, chega aos consumidores, com alto grau de insatisfação e confiabilidade. Esta situação se agravou substancialmente, após o despejo de rejeitos de mineração pela Samarco no Rio Doce, o que tem levado muitos moradores à busca de soluções individuais ao abastecimento público, como o uso de poços artesanais e a compra de água mineral por aqueles que assim, podem pagar pelo custo excessivo desta forma de consumo. De acordo com o questionário realizado com os moradores de Aracruz para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento de Aracruz pela PMA, na Vila do Riacho o abastecimento de água foi um dos locais pior avaliados. Cerca de 15% dos entrevistados que indicaram a falta de água em sua moradia são de Vila do Riacho. Os mesmos indicaram que a frequência de falta de água ocorre semanalmente ou mensalmente, e em geral nos horários vespertino e noturno (LUCAS, 2017).

Diante desta situação, a equipe PSA, apontou que esse seria o melhor sistema para utilização da metodologia do PSA, uma vez que, era necessário diagnosticar a causa desses problemas de qualidade ocorrerem e principalmente, a rejeição da população perante o sistema, de forma a nortear a Companhia quais os principais obstáculos que necessitariam ser resolvidos, indicando as metas que poderiam ser estabelecidas para o cumprimento da Lei nº 14.026/2020.

Um dos principais pontos apresentados para a rejeição da água, é que o Rio Riacho, fonte da captação do sistema, contém alto teor de alumínio, e a população não sabia ao certo porque dessa quantidade de alumínio, existiam diversas suposições para o motivo de tal fato ocorrer, como por exemplo, a construção do canal Caboclo Bernardo, no ano de 1999, o rompimento da Barragem Fundão em 2015, em Mariana, rejeito da empresa de argamassa instalada na região, dentre outras. Por isso, avaliou-se importante buscar os aspectos históricos e demográficos da região para melhor conhecer o uso e ocupação da bacia, de modo a identificar a macro causa desse perigo e controlá-lo na ETA.

5.1.1 Manancial Subterrâneo

Dentro da ETA da Vila do Riacho, existem perfurados dois poços artesianos (Figura 12). Sendo um usado quando a ETA não consegue realizar o tratamento da água adequadamente devido às características da água bruta e o outro está desativado, porém não foi tamponado. Não se obteve informações do perfil do poço e nem informações da vazão captada.

Figura 12 – Poços artesianos localizados na ETA



Fonte: Autora, 2020

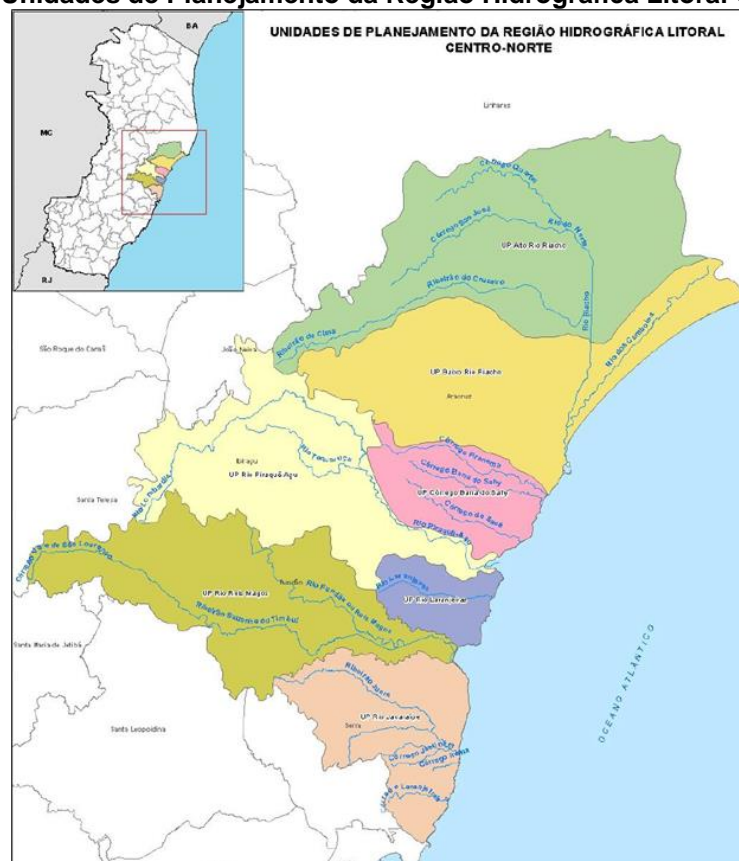
5.1.2 Manancial Superficial: Rio Riacho

De acordo com os dados do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), o Rio Riacho, com nascente na Lagoa de Aguiar, possui uma área de

drenagem de 2.003 km² percorrendo uma área de 1.321 km², tendo uma extensão de cerca de 59,2 km e tem como principais afluentes o Rio dos Comboios, o Rio do Norte, o Ribeirão do Cruzeiro, o Ribeirão Brejo Grande, o Rio Gimuhuna e o Córrego Santa Joana (VIEIRA, 2012).

O Rio Riacho, conforme classificação estabelecida por Espírito Santo (2020), pertence a Região Hidrográfica Litoral Centro-Norte. Essa região hidrográfica foi dividida em Unidades de Planejamento (UPs), ou seja, segmentou-se o território em porções físicas que possuem uma identidade regional mais homogênea, levando-se em consideração aspectos físicos, socioculturais, econômicos e políticos. Contudo, a bacia hidrográfica do Rio Riacho, devido as características, pertence a duas UPs: a UP alto Riacho e a UP Baixo Riacho, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Unidades de Planejamento da Região Hidrográfica Litoral Centro-Norte.



Fonte: Espírito Santo (2020).

No decorrer dos anos, o Rio Riacho teve seu curso alterado para atender demandas de cultivo. No final dos anos de 1960, as várzeas do Riacho tornaram-se objeto de intervenção do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), quando esse passou a instalar canais de drenagem no intuito de tornar o solo aproveitável

para o desenvolvimento da agricultura e pecuária, em parceria com programas federais e estaduais (REBELLO, 2012).

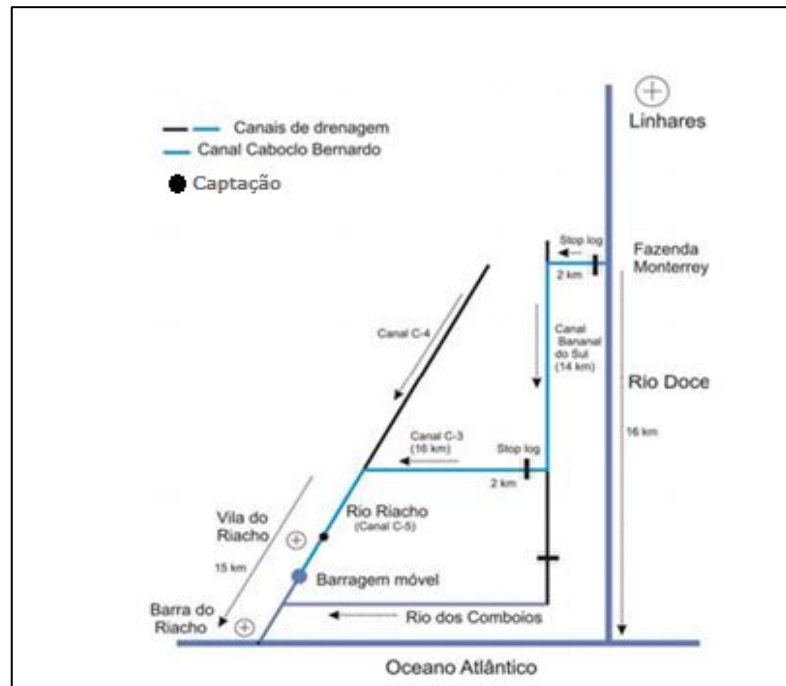
Posteriormente, a dinâmica natural da bacia do Rio Riacho também foi modificada em decorrência da necessidade do volume de água para abastecer o ritmo da construção e ampliação das unidades fabris de pasta de celulose. Primeiramente, foi construído um sistema integrado de represas e reservatórios, utilizando os rios e córregos a partir de desvios e barragens (VIEIRA, 2012). Após, em 1999, realizou-se a transposição de bacias (Rio Doce, sob administração federal, e Rio Riacho, sob administração estadual) para captação de água, com a construção do canal Caboclo Bernardo (MARACCI, 2010). Segundo Rebello (2012), o Canal Caboclo Bernardo foi projetado para uma vazão de $10\text{m}^3/\text{s}$, na qual supriria a demanda industrial de polpa de celulose e outras demandas da região como as agropecuárias.

O canal construído transporta a água através dos antigos canais do DNOS, desaguando no Rio Comboios e no Rio Riacho, até as represas que abastecem a fábrica de celulose. Essa engenharia produziu inclusive a inversão de alguns cursos d'água que passaram a "subir" através de bombeamento até a água chegar as represas. Esse canal está construído a cerca de 20 km da foz do Rio Doce possuindo, a alguns metros depois do canal, uma estação com três comportas que pode regular a quantidade de água percorrida. Para evitar possíveis erosões, já que a mata ciliar foi suprimida, a empresa instalou nas duas margens do canal, barras de ferro presas a cordas de aço, precavendo-se de possíveis deslizamentos de terra que poderiam afetar a quantidade de água que seria necessária para seu consumo industrial (VIEIRA, 2012).

Segundo Rebello (2006), após as três comportas, a água flui até o canal Bananal do Sul (construído pelo DNOCS em 1972) e deságua no Rio Comboios, e outra parte é direcionada ao canal C3, que deságua na confluência do canal C4 e C5 (construído pelo DNOCS em 1970) com o Rio Riacho.

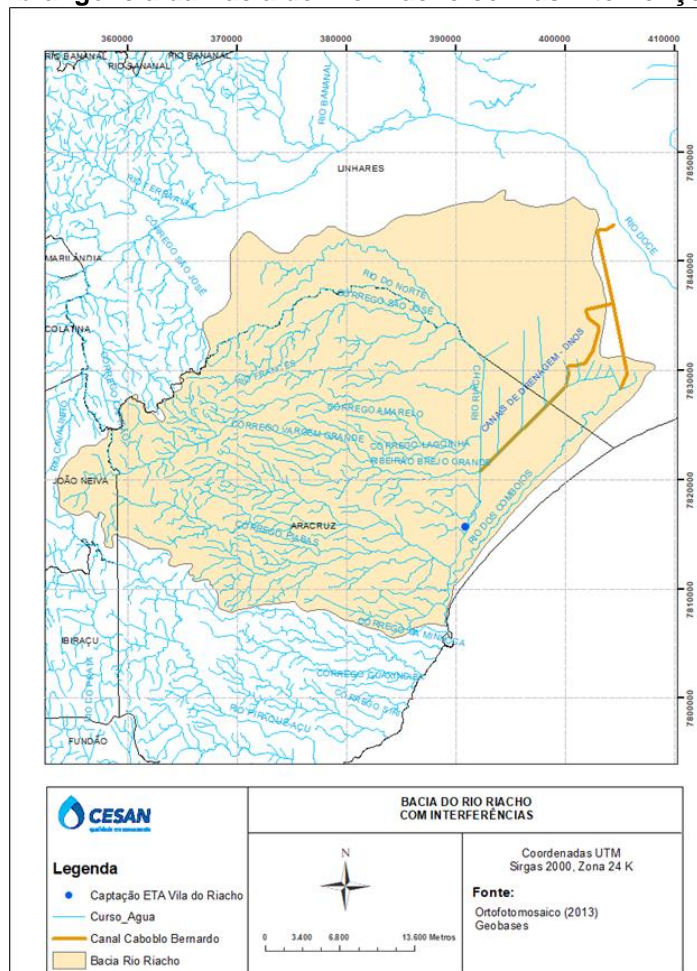
A Figura 14 ilustra o esquema de transposição da água do Rio Doce para a bacia do Rio Riacho e a Figura 15 o mapa de abrangência da Bacia do Rio Riacho com as intervenções.

Figura 14 - Fluxograma esquemático da transposição de água do Rio Doce para a Bacia do Rio Riacho.



Fonte: Vilarinho (2005)

Figura 15 - Abrangência da Bacia do Rio Riacho com as intervenções antrópicas



Fonte: CESAN, 2021.

Atualmente, o direito de captação de água no Rio Doce, através do Canal Caboclo Bernardo, foi dado à empresa de celulose sob a Outorga nº 786/20, contando o valor máximo permitido para a vazão industrial captada de 5,5 m³/s (ANA, 2020), não há detalhamento sobre a vazão que ficaria disponível para os demais usos no Canal Caboclo Bernardo.

Em estudo de disponibilidade hídrica superficial, elaborado pela Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH (ESPÍRITO SANTO, 2020), a bacia do Rio Riacho possui as vazões de referência apresentadas abaixo. Na análise de disponibilidade hídrica, conforme apresentado no documento, foi considerada uma adução de 12,6 m³/s do Rio Doce através do Canal Caboclo Bernardo.

- QMLT: 28,8 m³/s (vazão média de longo tempo)
- Q90: 17,1 m³/s (vazão de estiagem sendo uma estimativa da vazão com 90% de permanência no tempo)

A captação da água para a ETA Vila do Riacho está a montante da barragem móvel (Figura 14), onde a empresa de celulose deriva água do Rio Riacho. Dessa forma, a qualidade da água captada tem influência não só das atividades desenvolvidas ao longo da bacia do Rio Riacho, mas também das águas aportadas pelo Canal Caboclo Bernardo e das áreas de várzeas e dos alagados da região, através canais executados pelo DNOS.

5.1.5.1 Características Climáticas

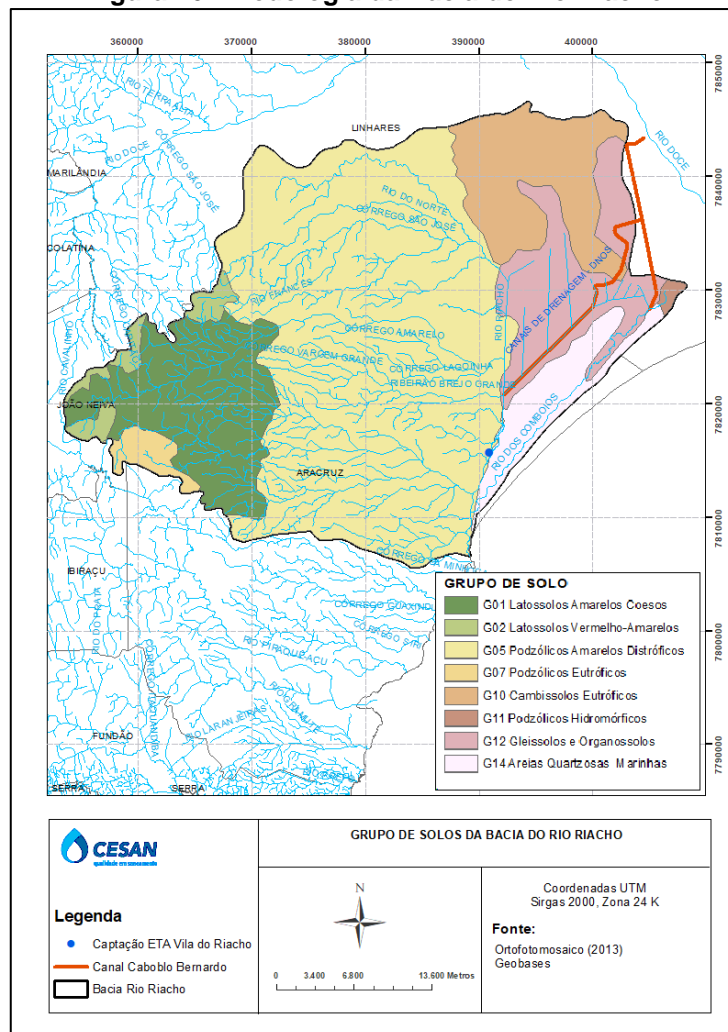
O estado do Espírito Santo encontra-se na zona climática Tropical Central, com clima predominantemente quente e úmido, sem uma estação fria definida. Segundo a classificação de Köppen, a maior parte do estado possui clima tropical úmido, com temperaturas médias acima de 18°C. Nesse contexto, a bacia do Rio Riacho possui clima tropical, com inverno seco e estações chuvosa (novembro a abril) e seca (maio a outubro) bem definidas. Em relação a umidade, as UP Alto e Baixo Riacho apresentam clima predominantemente úmido, com um a dois meses secos. Já a precipitação média anual na Bacia do Rio Riacho oscila entre 1150 mm/ano a 1350 mm/ano, com valor médio de 1250 mm/ano (ESPÍRITO SANTO, 2020).

Em relação ao relevo da Região Litoral Centro Norte, há uma predominância, as planícies, principalmente na região costeira ou litorânea e a presença de planaltos na porção sudoeste da região, principalmente no município de Santa Teresa. Já a vegetação natural da região foi completamente modificada pela atividade agropecuária (ESPÍRITO SANTO, 2020).

5.1.5.2 Características do Solo

A Figura 16 apresenta a pedologia da Bacia do Riacho, onde se verifica uma maior abrangência da classe de solo Pdzólico Amarelo Distrófico. Especificamente a área de drenagem para o ponto de captação da ETA Vila do Riacho possui predominância da classe de solos pdzólico amarelo distrófico, seguido por cambissolos eutróficos, gleissolos, organossolos e uma pequena porção de latossolos amarelos coesos localizados na região das nascentes do Córrego Amarelo.

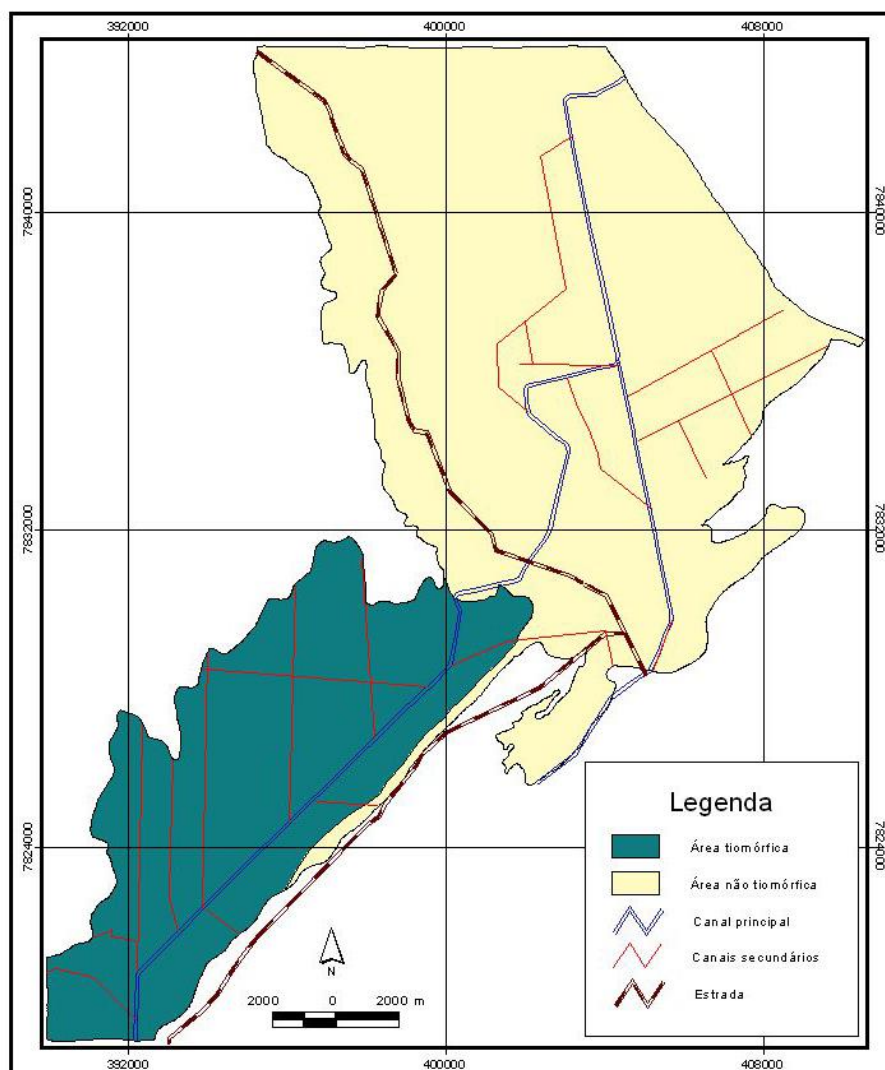
Figura 16 – Pedologia da Bacia do Rio Riacho



Fonte: CESAN, 2021

Os solos Organossolos e Gleissolos, são tiomórficos e, segundo EMBRAPA (2018), para serem classificados como tal, torna-se necessário a existência de um horizonte sulfúrico com espessura mínima de 15 cm, cujo valor baixo do pH está associado a concentração de jarosita ou de materiais sulfídricos imediatamente subjacentes. Característica que chama atenção, tanto pelo seu dinamismo como pela sua abrangência. Na região de estudo, verifica-se um limite claro entre as zonas as quais esse fenômeno ocorre ou não, como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Limites de ocorrência do tiomorfismo na área de estudo



Fonte: Vilarinho, 2005

Os solos existentes no domínio hidromórficos apresentam características peculiares, como valores de pH menores que 4, altos teores de alumínio trocável. Esta forte acidez desenvolve-se como resultado da drenagem de materiais de origem ricos em

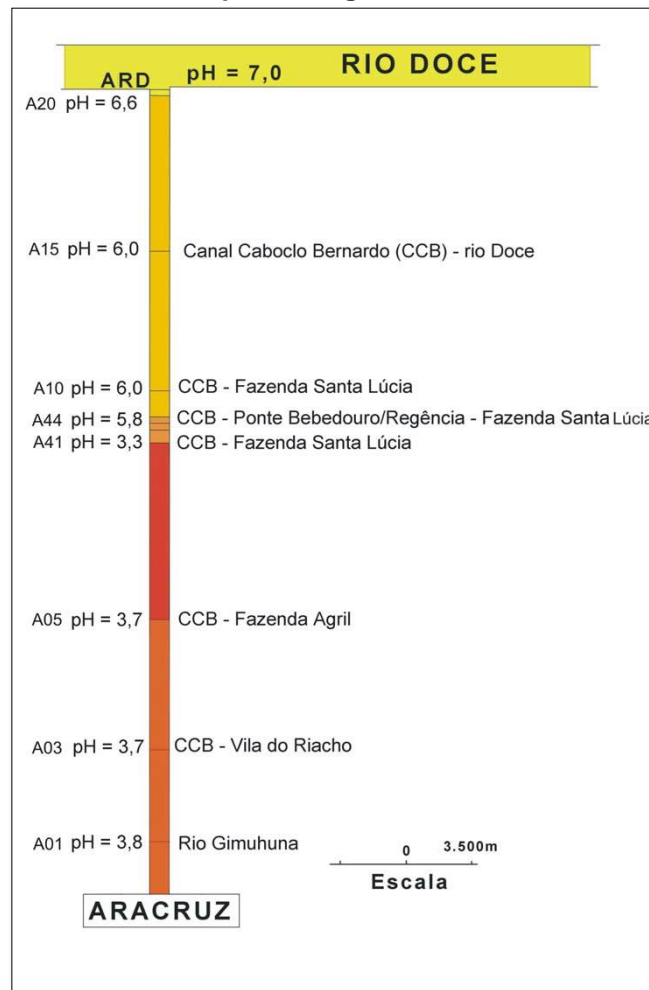
pirita. Assim, se a capacidade de neutralização (tampão) do solo é ultrapassada, forma-se ácido sulfúrico, o que abaixa o pH a nível < 4 (VILARINHO, 2005).

O processo de oxidação do material sulfídrico pode acontecer a partir de práticas de manejo como a drenagem, com o fim de incorporar maiores áreas a atividades como a pecuária extensiva ou ocorrer naturalmente, a partir de processos geomorfológicos e da fauna, porém a ação do homem pode torná-lo muito mais rápido e impactante VAN BREEMEN & PONS (1978).

A produção de acidez a partir da formação da jarosita, permite desestabilização abaixo de um determinado valor de pH, em torno de 3, a partir do qual passa a predominar o Ferro em solução (VAN BREEMEN & HASRMTEN, 1975). Assim, o equilíbrio entre a jarosita e óxidos de Ferro dar-se-ia nesta faixa de pH.

VILARINHO realizou um estudo na região em 2005, onde registrou que naquele ano, o volume de chuvas excedeu em 50 mm a média histórica da região, o que ocasionou inundação na área tiomórfica, fazendo com que o local ficasse excessivamente ácido, como apresentado na Figura 18, a captação da ETA está localizada na Figura 18 entre os pontos A03 e A01.

Figura 18 - Valores de pH ao longo do canal Caboclo Bernardo



Fonte: Vilarinho, 2005

Outro aspecto crítico no ambiente estudado é a relação solo-água, os aluviais argilosos, no período das chuvas, podem estar sujeitos a um ambiente parcialmente hidromórfico, que permite a redução do ferro e manganês (formas amorfas), o que pode ser tóxico às culturas mais sensíveis (VILARINHO, 2005).

Segundo o estudo de Vilarinho (2005), grande parte do Canal Caboclo Bernardo corta área de domínio de Organossolos, Cambissolos e Gleissolos, porém, levando-se em conta à existência da camada subsuperficial arenosa e o comportamento do nível freático, pode-se considerar que a área de influência direta do canal não ultrapassaria 150 metros de cada lado do mesmo. Ou seja, as águas do Canal Caboclo Bernardo podem melhorar as condições das águas tiomórficas ($\text{pH} < 3,8$) após a Comporta da Rodovia BR 101 a Regência, especialmente no período seco (abril a setembro).

5.1.5.3 Usos e Ocupação do Solo

Os usos consuntivos identificados na Bacia do Rio Riacho foram abastecimento humano urbano e rural, abastecimento industrial, irrigação e dessedentação de animais. A estimativa da utilização da água para abastecimento populacional por UP está apresentada na tabela 04.

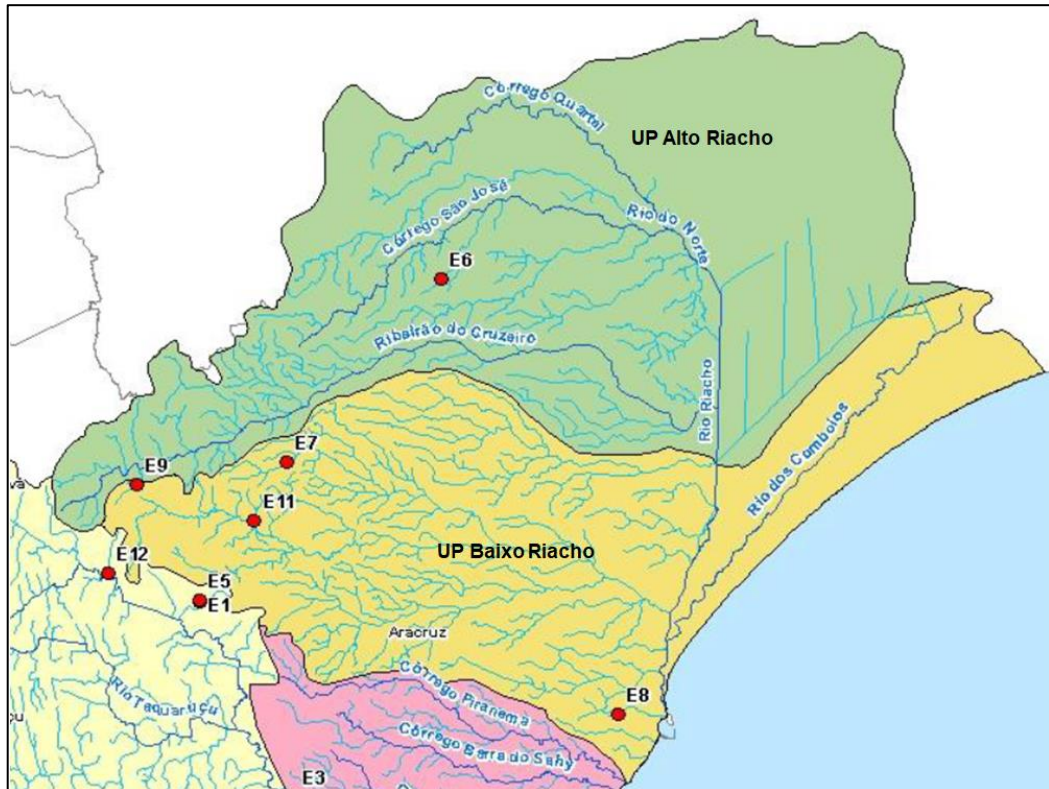
Tabela 04- Vazão de retirada para o abastecimento humano urbano e rural

| UP | Vazão de retirada (L/s) | | |
|------------------|-------------------------|-------|-------|
| | Urbano | Rural | Total |
| Alto Rio Riacho | 64,34 | 10,42 | 74,76 |
| Baixo Rio Riacho | 49,82 | 2,87 | 52,69 |

Fonte: Adaptado de Espírito Santo (2020).

Em relação ao uso da água para a finalidade industrial, conforme concluído por Espírito Santo (2020), nota-se uma carência de informação sobre a captação industrial na região, uma vez que o universo de indústrias que captam água em seus cursos d'água é muito superior ao obtido no banco de dados existente no Estado. Contudo para as indústrias que possuem outorga de uso dos recursos hídricos superficiais, foi elaborado um diagnóstico no qual os usuários estão distribuídos na Figura 19 e identificados na Tabela 05.

Figura 19 – Distribuição espacial das indústrias com captação de água superficial na UP Alto e Baixo Riacho.



Fonte: Adaptado de Espírito Santo (2020)

Tabela 05 – Identificação das indústrias com captação de água superficial na UP Alto e Baixo Riacho.

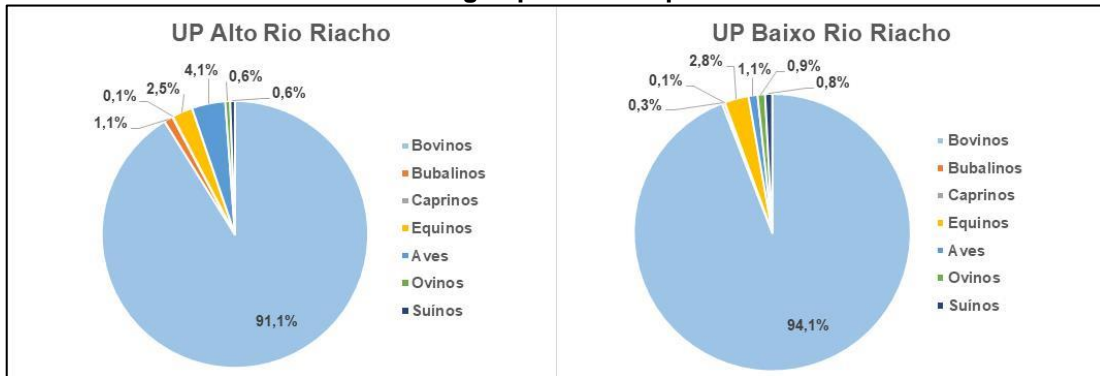
| Identificação | Usuário | UP | Vazão (L/s) |
|---------------|---------------------------------------|------------------|-------------|
| E6 | Cachaça Caiana Ltda - ME | Alto Rio Riacho | 1,0 |
| E7 | Frigini Agroindustrial Ltda - ME | Baixo Rio Riacho | 0,1 |
| E8 | Fibra Celulose S.A | Baixo Rio Riacho | 4.000* |
| E9 | CBF Indústria de Gusa S/A | Baixo Rio Riacho | 5,4 |
| E11 | Forte Boi Indústria de Alimentos Ltda | Baixo Rio Riacho | 8,3 |

*Este valor difere do outorgado pela Outorga nº 786/2020 (5.500 L/s)

Fonte: Adaptado de Espírito Santo (2020)

Sobre o uso para a dessedentação de animais, a predominância é para a dessedentação de bovinos, onde nas UP Alto e Baixo Riacho a demanda percentual de água é de 91 e 94% respectivamente, em relação aos demais rebanhos, como mostra a Figura 20.

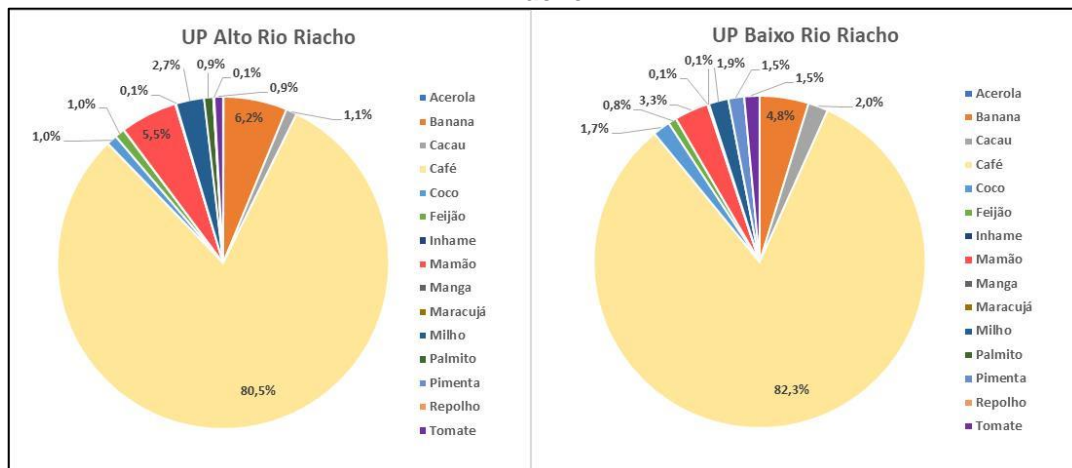
Figura 20 – Percentual de demanda de água para cada tipo de rebanho na Bacia do Rio Riacho.



Fonte: Adaptado de Espírito Santo (2020)

Na demanda de água para culturas irrigadas, na bacia do Rio Riacho há um predomínio para a cultura do café e da banana, conforme apresenta a Figura 21.

Figura 21 – Percentual de demanda de água para cada tipo de cultura irrigada na Bacia do Rio Riacho.



Fonte: Adaptado de Espírito Santo (2020)

5.1.6 Qualidade da Água dos Mananciais de Captação

5.1.6.1 Rio Riacho

Inicialmente, ocorreram dificuldades em identificar o histórico da qualidade da água bruta do Rio Riacho, foram poucos dados informados pelo antigo gestor do sistema de abastecimento, assim, foi necessário monitorar e buscar em outros estudos a qualidade da água do manancial superficial, conforme descrito no item 4.2. O Quadro 04 apresenta o resultado das análises de alguns parâmetros de qualidade de água do Rio Riacho realizado pela CESAN no ponto de captação da ETA Vila do Riacho.

Quadro 04 – Resultado de alguns parâmetros de qualidade da água analisados no Rio Riacho no ponto de captação

| DATA | PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MICROBIOLÓGICO |
|----------|----------------------------|-----------------|------------|-------------|-------------|------------|-----------------|-----------------|--------------|------------|------------------|------------------|------------------|---------|------------|------|----------|----------|----------|---------------------|
| | Al mg Al/L | Al(Dis) mg Al/L | Cl mg Cl/L | COR(VER) UC | DBO mg O2/L | CYA cel/mL | Fe(dis) mg Fe/L | Fe(tot) mg Fe/L | P_tot mg P/L | Mn mg Mn/L | N_NO3 mg N-NO3/L | N_NO2 mg N-NO2/L | N_NH3 mg N-NH3/L | O&G | OD mg O2/L | pH | SDT mg/L | SO4 mg/L | TURB NTU | EschColi NMP/100 mL |
| 27/08/20 | - | - | - | - | - | 1407 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 14/09/20 | - | - | - | - | - | 1662 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 |
| 19/10/20 | - | - | - | - | - | 464 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 27 |
| 04/11/20 | - | 0,145 | 25,2 | 8 | < 2 | 2045 | 2,4 | 3 | < 0,03 | 0,27 | < 0,1 | <0,01 | 0,45 | Ausente | 6,3 | 5,94 | 213,7 | 98,36 | 11 | <1 |
| 14/12/20 | - | 0,157 | 16,4 | 21 | 2,1 | < 207 | 3,5 | 5,1 | < 0,03 | 0,14 | 0,249 | <0,01 | 0,24 | Ausente | 4,3 | 6 | 114,7 | 41,31 | 32 | 201 |
| 18/01/21 | - | - | - | - | - | < 207 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 292 |
| 01/02/21 | - | - | - | - | - | 484 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 249 |
| 17/03/21 | - | - | - | - | - | 966 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 29/03/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 49 |
| 19/04/21 | - | - | - | - | - | < 207 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 |
| 10/05/21 | - | 0,492 | 13,4 | 7 | < 2 | 1226 | 1,1 | 1,5 | < 0,03 | 0,32 | 0,454 | <0,01 | 0,34 | Ausente | 8,35 | 3,78 | 131,3 | 71,71 | 2,9 | 17 |
| 19/05/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 |
| 02/06/21 | 0,11 | - | - | - | - | - | - | 4,2 | - | 0,16 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 09/06/21 | 0,53 | - | - | - | - | - | - | < 0,10 | - | 0,15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16/06/21 | 0,4 | - | - | - | - | < 207 | - | 5,7 | - | 0,16 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 23/06/21 | 0,41 | - | - | - | - | - | - | 3 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21/07/21 | - | - | - | - | - | < 207 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 33 |
| 18/08/21 | - | - | - | - | - | 1030 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 26 |
| 22/09/21 | - | - | - | - | - | < 207 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 130 |
| 13/10/21 | - | - | - | - | - | 250 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 17/11/21 | - | - | - | - | - | < 207 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 |

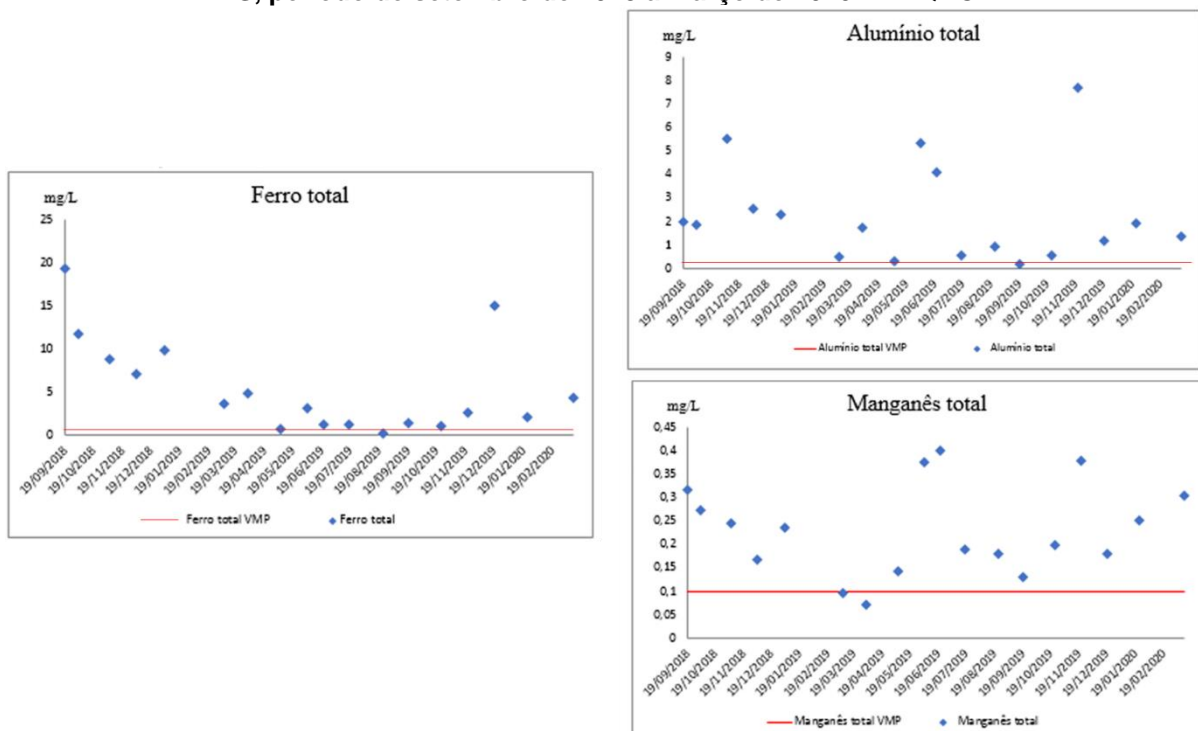
Legenda

Resultados fora do padrão da Padrão de potabilidade segundo o Anexo XX Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 Alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021

Al - alumínio total; **Al(Dis)** - alumínio dissolvido; **Cl** - cloretos; **COR(VER)** - Cor verdadeira; **DBO** - demanda bioquímica de oxigênio; **CYA** - densidade de cianobactérias; **EschColi** - Escherichia coli; **Fe(dis)** - ferro dissolvido; **Fe(tot)** - ferro total; **P_tot** - fósforo total; **Mn** - manganês; **N_NO3** - nitrato; **N_NO2** - nitrito; **NH3** - nitrogênio amoniacal; **O&G** - óleos e graxas; **OD** - oxigênio dissolvido; **pH** – potencial hidrogeniônico; **SDT** - sólidos sedimentáveis totais; **SO4** - sulfatos; **TURB** - turbidez.

Complementando a avaliação da água bruta do Rio Riacho, foram utilizados os dados do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano (PMQACH), desenvolvido pela Renova, que realizou o monitoramento da qualidade da água bruta, no ponto de captação da ETA, e da água tratada no período de setembro de 2018 a março de 2020. Dentre todos os resultados apresentados nesse relatório, destacam-se nessa pesquisa os resultados dos parâmetros de qualidade que apresentaram os resultados fora do padrão de potabilidade segundo o anexo XX Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017. Alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Figura 22) (FUNDAÇÃO RENOVA, 2021).

Figura 22 – Parâmetros de qualidade da água bruta da ETA do SAA de Vila do Riacho, Aracruz-ES, período de setembro de 2018 a março de 2020 - PMQACH.

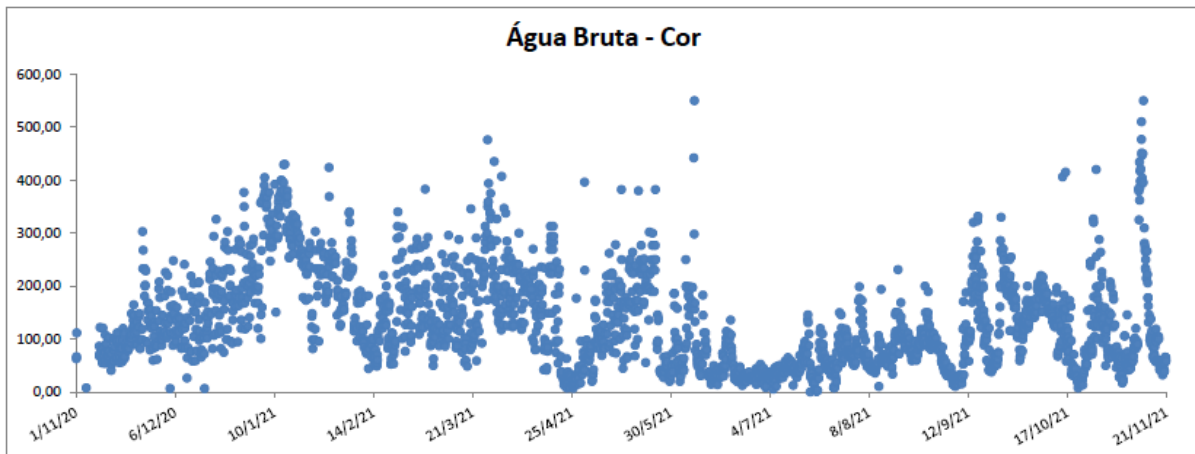


Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2021

Segundo o Relatório, o monitoramento do alumínio total na água bruta do Rio Riacho apresentou em 94,4% dos 18 (dezoito) resultados obtidos, concentrações elevadas, quando se utiliza como referência o limite estabelecido na Portaria GM/MS n. 888/2021 (limite 0,2 mgPt-Co/L), no mesmo contexto, o parâmetro ferro total (limite 0,3 mgPt-Co/L) apresentou 94,4% dos resultados elevados quando comparados. O parâmetro manganês total (limite 0,1 mgPt-Co/L), apresentou em 88,9% das amostras analisadas concentração superior ao limite estabelecido.

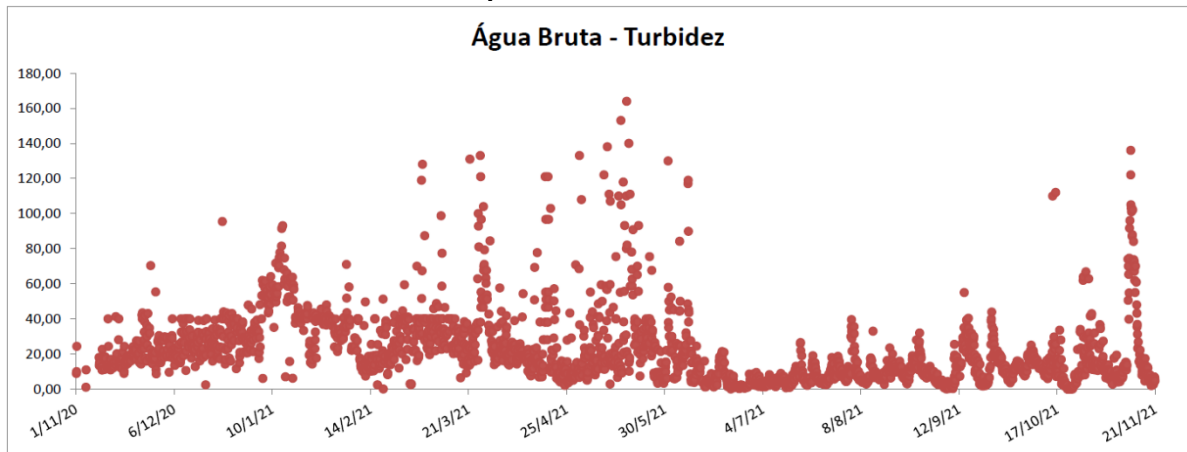
Além dos dados externos, avaliaram-se os dados de qualidade da água bruta, no ponto de captação, em relação aos parâmetros: cor, turbidez, pH e alumínio, analisados pela operação da ETA, em um período de um ano, conforme apresentado nos gráficos 01, 02, 03 e 04.

Gráfico 01 – Resultados das análises de COR da água bruta realizada pela operação num período de um ano



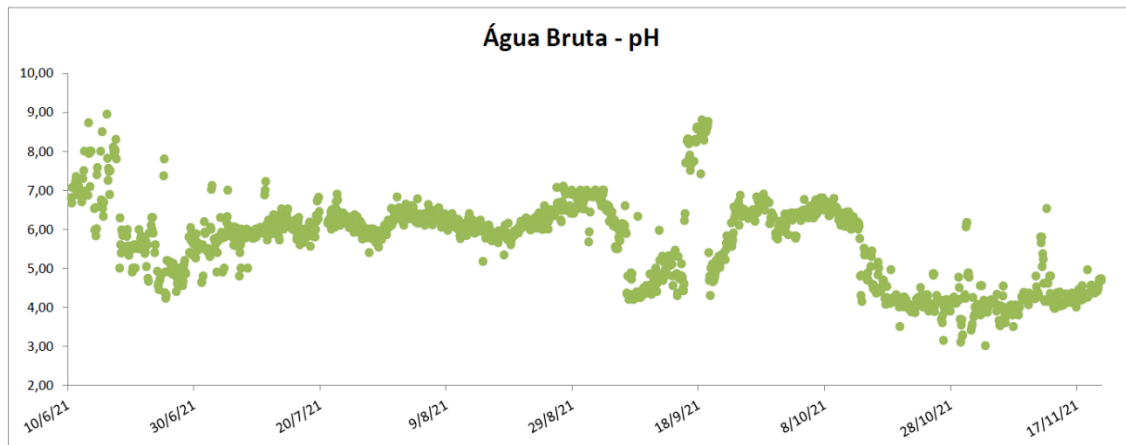
Fonte: Autora, 2021

Gráfico 02 – Resultados das análises de TURBIDEZ da água bruta realizada pela operação num período de um ano



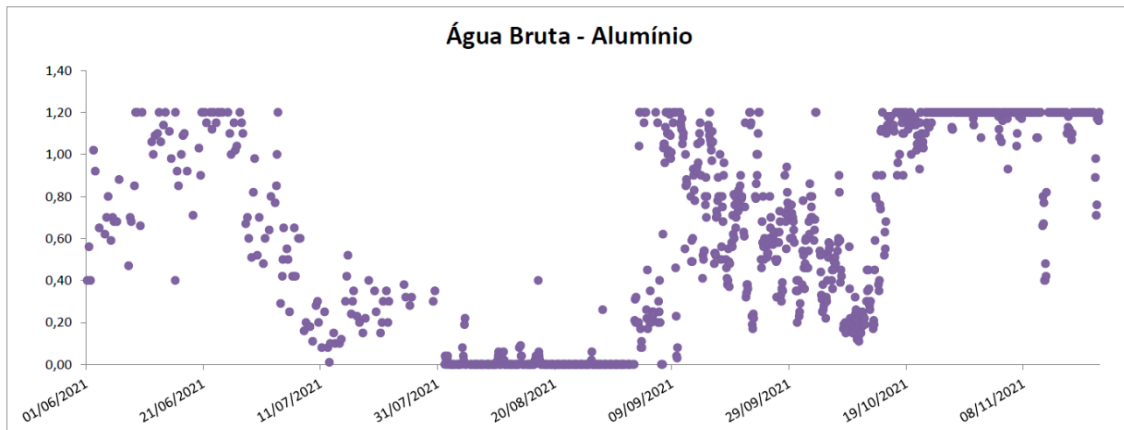
Fonte: Autora, 2021

Gráfico 03 – Resultados das análises de pH da água bruta realizada pela operação no período de junho a novembro de 2021



Fonte: Autora, 2021

Gráfico 04 – Resultados das análises de Alumínio da água bruta realizada pela operação no período de junho a novembro de 2021



Obs: Limite de leitura do equipamento analítico da ETA é de 1,2 mg/L

Fonte: Autora, 2021

A partir dos dados obtidos, verificou-se que é praticamente constante a presença do alumínio, ferro e manganês na água do Rio Riacho, interferindo diretamente no tratamento.

Após a avaliação dos dados analíticos e históricos, a presença desses metais tem grande contribuição pela presença deles no solo da região, principalmente pela predominância dos organossolos que, usualmente, são solos fortemente ácidos, apresentando alta capacidade de troca de cátions e baixa saturação por bases (distróficos), apresentando, por vezes, teor de alumínio elevado.

5.1.6.2 Poço Artesiano

Em relação aos dados de qualidade do poço artesiano (Quadro 05), obteve-se somente os dados de qualidade após a mudança da gestão do sistema, com a avaliação dos resultados, observa-se que o parâmetro ferro está muito acima do valor de referência permitido pela Portaria GM/MS Nº 888/21.

Quadro 05 - Resultado de alguns parâmetros de qualidade da água do poço artesiano

| Data | PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | | | | | | | | | | | | | MICROBIOLÓGICO |
|----------|----------------------------|-----------------|------------------------|----------------|--------------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|-------------|-------------|-------------|------------------------|
| | Al mg Al/L | NH3 mg NH3/L | DUR(tot) mg CaCO3/L | COR(VER) UC | Fe(tot) mg Fe/L | Mn mg Mn/L | N_NO3 mg N-NO3/L | N_NO2 mg N-NO2/L | N_NH3 mg N-NH3/L | pH | SDT mg/L | SO4 mg/L | TURB NTU | EschColi NMP/100 mL |
| 27/10/20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 |
| 04/11/20 | 2 | 0,75 | 28,77 | 12 | 15,6 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | 0,6 | 5,98 | 86,3 | 0,27 | 90 | <1 |
| 11/11/20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | >2419,2 |
| 14/12/20 | 0,05 | 0,45 | 33,08 | 47 | 13,3 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | 0,36 | 6,01 | 85,3 | 1,55 | 20 | <1 |
| 06/01/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 184 |
| 03/02/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40 |
| 19/04/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 |
| 10/05/21 | 0,09 | 0,4 | 26,9 | 75 | 14,3 | <0,05 | 0,372 | <0,01 | 0,31 | 6,28 | 94 | 13,11 | 75 | 1 |
| 17/05/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 16/06/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 14/07/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45 |
| 18/08/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 20/09/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 291 |
| 13/10/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <1 |
| 17/11/21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 18 |

Legenda

Resultados fora do padrão da Padrão de potabilidade segundo o Anexo XX Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 Alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021

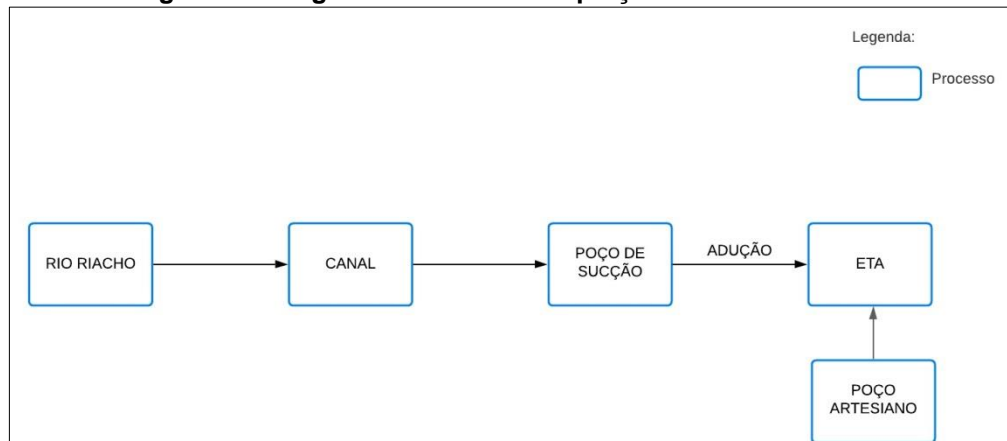
Al - alumínio total; Al(Dis) - alumínio dissolvido; Cl - cloretos; COR(VER) - Cor verdadeira; DBO - demanda bioquímica de oxigênio; CYA - densidade de cianobactérias; EschColi - Escherichia coli; Fe(dis) - ferro dissolvido; Fe(tot) - ferro total; P_tot - fósforo total; Mn - manganês; N_NO3 - nitrato; N_NO2 - nitrito; NH3 - nitrogênio amoniacal; O&G - óleos e graxas; OD - oxigênio dissolvido; pH - potencial hidrogeniônico; SDT - sólidos sedimentáveis totais; SO4 - sulfatos; TURB - turbidez.

Com os dados obtidos nessa fase, foi possível avaliar com mais exatidão a probabilidade de ocorrência e a severidade das consequências para a saúde da população e/ou funcionamento do sistema dos principais eventos perigosos que podem ocorrer na microbacia, auxiliando na classificação do risco, bem como as medidas de controle que precisariam ter para redução do risco.

5.2 DIAGRAMA DE FLUXO

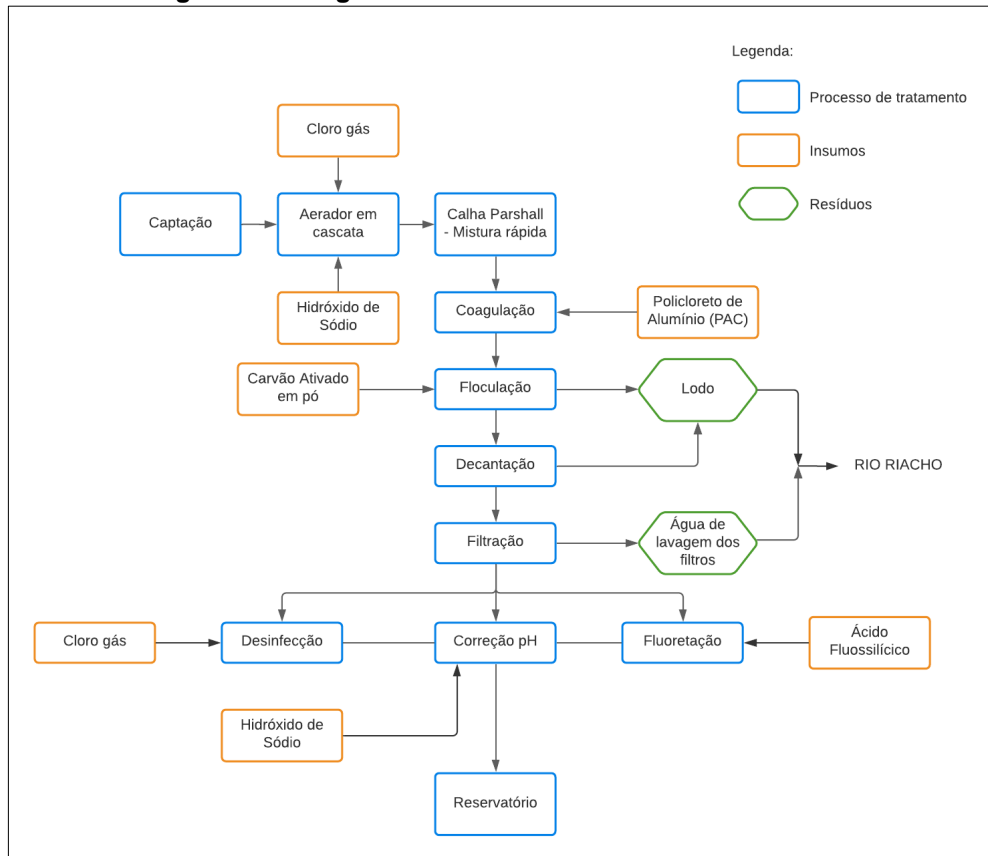
Nessa etapa, foi realizada a descrição fiel do estado atual em que se encontra o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Vila do Riacho, desde o manancial até a distribuição. Com o objetivo de conhecer detalhadamente o processo de produção, de forma que os perigos, eventos perigosos e os riscos observados possam ser devidamente localizados nos processos de produção da água tratada. Ao todo foram criados três fluxogramas. O primeiro com uma visão detalhada da captação (Figura 23), o segundo do tratamento, com os insumos e os resíduos gerados (Figura 24) e o terceiro da distribuição (Figura 25).

Figura 23- Diagrama de fluxo da captação da Vila do Riacho



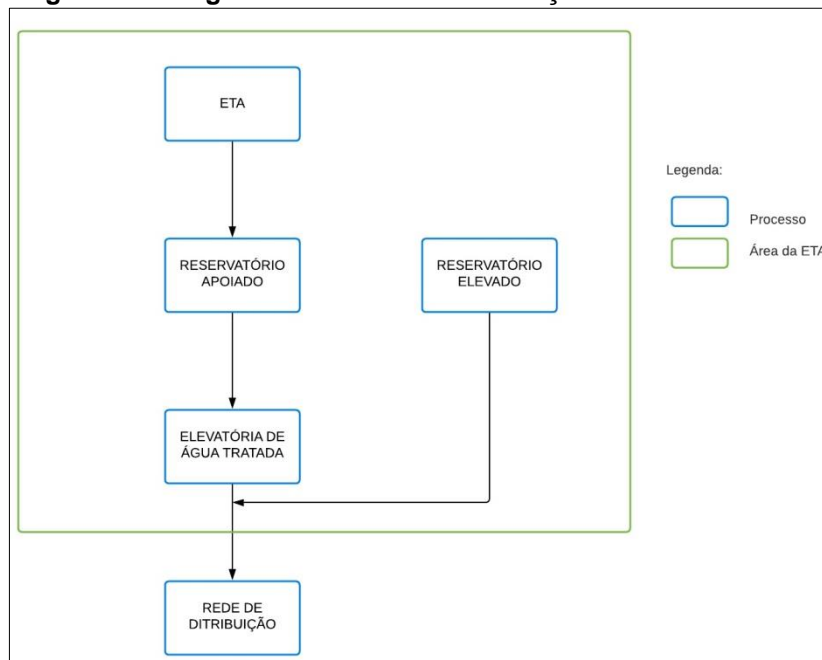
Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Figura 24 - Diagrama de fluxo da ETA da Vila do Riacho



Fonte: elaborado pelo autor (2021)

Figura 25 - Diagrama de fluxo da distribuição da Vila do Riacho



Fonte: elaborado pelo autor (2021)

5.3 DESCRIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS E EVENTOS PERIGOSOS

Na etapa de identificação dos eventos perigos, levou-se em consideração a experiência de cada membro da equipe e seu conhecimento sobre o sistema, além de visitas in loco para avaliação da microbacia e de todos os processos do sistema de abastecimento até a distribuição.

5.3.1 *Microbacia*

Como citado, no item 4.4.2, Vila do Riacho capta água do manancial superficial Rio Riacho, sendo que sua nascente está localizada na Lagoa Aguiar e sofre influência do Rio Doce pelo canal Caboclo Bernardo. Possuem características bem peculiares, como descrito no item 5.1.2, onde verifica-se que é um manancial com concentração de metais (ferro, manganês e alumínio) acima do limite permitido pela Portaria GM/MS Nº 888/21 do Ministério da Saúde, principalmente o alumínio que contém concentrações altas e constantes ao longo do ano. Com a avaliação da equipe pode-se identificar 10 eventos perigosos, observados no Quadro 06. Na Figura 26, evidência por fotos alguns dos eventos perigosos identificados.

Figura 26 – Algumas das evidências dos eventos perigosos da microbacia

Sedimentos depositados ao longo do Rio



Plantação de Café próximo ao Rio Riacho



Fábrica Abandonada a beira do canal Caboclo



Áreas de recreação na Bacia do Rio Riacho



Áreas de Pastagem próximo ao Rio Riacho



Fonte: Autor, 2020

Quadro 06 – Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Microbacia

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------|---|---|---|----------------------------------|---|-----------------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| MICROBACIA | Há mudanças repentinas de cor e turbidez na água bruta, quando se produzem variações climáticas e sazonais devido às chuvas. | x | | | | Físico, químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade da água, desabastecimento, rejeição e patogênicos | visual/documental/analítica |
| MICROBACIA | Presença de substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo (alumino, ferro e manganês). | x | | | | Físico e químico | Comprometimento da qualidade da água, contaminação química, desabastecimento e rejeição | visual/documental/analítica |
| MICROBACIA | Transposição de Bacia Hidrográfica por meio do Canal Caboclo Bernardo | x | | | | Físico, químico e microbiológico | Contaminação química e presença de patogênicos | visual/documental |
| MICROBACIA | Possíveis usos de substâncias químicas na zona de captação, como fertilizantes e pesticidas agrícolas, devido zona de cultivo na região. Identificado: café, melancia, laranja, eucalipto, maracujá, coco, pimenta e milho. | x | | | | Químico | Contaminação química | visual/documental |
| MICROBACIA | Acesso livre de pessoas e animais | x | | | | Químico e microbiológico | Contaminação química e presença de patogênicos | visual |
| MICROBACIA | Presença de criação de gado e cavalo ao longo da microbacia | x | | | | Microbiológico | Presença de patogênicos | visual |
| MICROBACIA | Pontos de assoreamento ao longo do Rio | x | | | | Físico | Desabastecimento | visual |
| MICROBACIA | Fábrica com tanques de produto químico desativada | x | | | | Químico | Contaminação química | visual |
| MICROBACIA | Deposição de resíduos industriais em decorrência do acidente ambiental proveniente do rompimento da barragem de Fundão em 2015 | x | | | | Físico e químico | Contaminação química e desabastecimento | documental |
| MICROBACIA | Atividades de recreação na bacia hidrográfica do manancial; | x | | | | Químico e microbiológico | Contaminação química e presença de patogênicos | visual |

Nota: Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.2 Sistema de Captação e Adução: Rio Riacho

O sistema de captação da ETA Vila do Riacho, conta com um canal de derivação/desarenação, com aproximadamente 145 m de comprimento, que além de derivar a água do corpo hídrico também possui a função de desarenação. Tem como principal finalidade a remoção de areia por sedimentação a fim de evitar abrasão dos equipamentos e tubulações, eliminar ou reduzir obstruções em tubulações e em outras unidades, e facilitar o transporte da água. Após o canal, o sistema conta com uma estação elevatória de água bruta (EEAB), composta por poço de sucção, 02 conjuntos moto-bomba, barrilete, painel de comando, que possui a finalidade de recalcar a água bruta para ETA. Nesse processo, identificou-se 10 eventos perigosos, apresentados na no Quadro 07, com fotos de algumas das evidências na Figura 27.

Figura 27 – Algumas das evidências dos eventos perigosos da captação do rio



Fonte: Autor, 2020

Quadro 07 – Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Captação do Rio

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------|---|---|---|--------------------------|---|----------------------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| CAPTAÇÃO RIO | Assoreamento do canal | | | x | | Físico e químico | Comprometimento da qualidade e desabastecimento | visualização e avaliação técnica |
| CAPTAÇÃO RIO | Acesso fácil de animais e pessoas no ponto de captação | | x | x | | Químico e microbiológico | Contaminação química e patogênica | visual |
| CAPTAÇÃO RIO | Ocorrências de florações de vegetação no canal | | | x | x | Químico e microbiológico | Contaminação e aumento da matéria orgânica | visual |
| CAPTAÇÃO RIO | Ausência de manutenção preventiva das adutoras | | x | x | | Físico | Desabastecimento | documental |
| CAPTAÇÃO RIO | Inexistência de mecanismos de controle (válvulas de retenção, registros, válvula de pé e ventosas) | | x | x | | Físico | Desabastecimento | visual |
| CAPTAÇÃO RIO | Inexistência de obstáculos a sólidos grosseiros (gradeamento) | | x | x | | Físico | Desabastecimento | visual |
| CAPTAÇÃO RIO | Captação recebe efluentes sem tratamento adequado provenientes da limpeza das unidades de tratamento da ETA | | x | x | | Químico e microbiológico | Contaminação química e patogênica | visual |
| CAPTAÇÃO RIO | Falhas mecânicas elétricas ou estruturais devidas a catástrofes naturais (trovoadas, deslizamento de terras etc.). | x | x | | | Físico | Desabastecimento | documental |
| CAPTAÇÃO RIO | Situação de cheia (inundação do cabeamento enterrado no solo, caso necessário manutenção no sistema, não é possível acesso ao local, risco de choque) | | x | x | | Físico | Desabastecimento | visual |
| CAPTAÇÃO RIO | Inexistência de mecanismo de controle das bombas, o operador precisa se ausentar da estação para controlar a bomba de captação | | x | x | x | Físico e químico | Comprometimento da qualidade e desabastecimento | visual |

Nota: Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: *Elaborado pelo autor, 2021*

5.3.3 Sistema de Captação: Poço Artesiano

Não foi possível a avaliação completa desse ponto de captação devido à falta de informações do perfil do poço, ponto esse identificado como evento perigoso. Ao todo foram identificados seis eventos perigosos, conforme apresentado no Quadro 08, com fotos de algumas das evidências na Figura 28.

Figura 28 – Algumas das evidências dos eventos perigosos do poço artesiano

Cor acima do limite da Portaria, com odor de ferrugem, análise comprovou presença de ferro acima do limite



Poços Perfurados sem a distância e PIPs necessários: raio de dez metros, conforme Lei Estadual 6.295/2000



Fonte: Autor, 2020

Quadro 08 – Planilha de identificação dos eventos perigosos do componente poço artesiano

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------|---|---|---|-------------------------|--|-----------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| POÇO ARTESIANO | Excesso de ferro no poço artesiano | x | | | | Químico | Comprometimento da qualidade da água, desabastecimento | visual e analítico |
| POÇO ARTESIANO | Ausência de informação sobre o perfil do poço | | | X | | Físico | Desabastecimento | documental |
| POÇO ARTESIANO | Não monitorar a vazão de saída do poço artesiano | | | X | | Físico | Desabastecimento | visual |
| POÇO ARTESIANO | Não cumprimento do Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (PIPS) - Raio de dez metros, conforme Lei Estadual 6.295/2000 | | x | | | Microbiológico | Risco de contaminação | visual e documental |
| POÇO ARTESIANO | Existência de outro poço artesiano próximo a fonte de captação (distância menor que 200m) | | x | | | Microbiológico e físico | Risco de contaminação e interferência | visual |
| POÇO ARTESIANO | Inexistência de bomba reserva | | | X | | Físico | Desabastecimento | visual |

Nota: Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: **Elaborado pelo autor, 2021**

5.3.4 Sistema de Tratamento

Na etapa da identificação dos eventos perigosos do processo de tratamento, foi avaliado cada etapa do tratamento individualmente, de modo a identificar todos os eventos perigosos do sistema estudado, conforme apresentado a seguir.

A ETA, como citado no item 4.2.4, é composta por aerador, mistura rápida (calha parshall), floculador hidráulico de fluxo vertical, decantador convencional, filtros ascendentes e filtro de pressão. Cada etapa do tratamento pode ser observada na Figura 24 apresentada no item 5.2 indica o diagrama de fluxo da ETA indicando as unidades de tratamento.

Nessa pesquisa foram abordados parâmetros hidráulicos para as unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração, a fim de avaliar o desempenho do tratamento. Os parâmetros hidráulicos foram calculados para a capacidade máxima de tratamento 40L/s, baseando-se no projeto existente da ETA. Sendo os resultados posteriormente comparados com a NBR 12216 (1992), assim, estes são considerados parâmetros hidráulicos teóricos.

5.3.4.1 Pré-Tratamento, Mistura Rápida e Coagulação

O primeiro componente de tratamento existente na ETA é um aerador em cascata utilizado para oxidação dos metais, principalmente ferro e manganês. Nesse ponto, era aplicado o cloro gás, a aplicação desse produto era realizado por bomba dosadora, com a função de oxidar e os metais e remover a matéria orgânica da água, contudo, a aplicação do cloro no início do tratamento pode ocasionar a formação de subprodutos e conseqüentemente dos Trihalometanos (THM).

Após o aerador a água é conduzida para o processo de mistura rápida, na ETA a unidade de mistura rápida é a calha parshall de $W = 6''$, com o objetivo de fornecer à água uma agitação para a dispersão do coagulante. Nesse ponto era adicionado o hidróxido de sódio e o coagulante policloreto de alumínio (PAC). A adição de coagulante tem a finalidade de reduzir as forças eletrostáticas de repulsão, que mantém separadas as partículas em suspensão, as coloidais e parcela das dissolvidas e o hidróxido de sódio aplicado com a função de capacidade de corrigir o pH para a coagulação.

Os parâmetros de projeto avaliados para as unidades de coagulação e mistura rápida foram o tempo de mistura e o gradiente de velocidade (relacionado a intensidade de agitação da massa líquida necessária para garantir a adequada dispersão dos coagulantes). Segundo a NBR 12216 (1992), as condições ideais em termos de gradiente de velocidade e tempo de mistura rápida devem ser determinadas em ensaios de laboratório. Caso não seja possível, a norma recomenda que o gradiente de velocidade esteja compreendido entre 700 e 1100s⁻¹.

Considerando a vazão máxima do projeto (40L/s), o gradiente de velocidade do ressalto calculado (995 s⁻¹) está dentro dos padrões da NBR.

Nesses pontos do tratamento foram identificados 07 eventos perigosos, conforme apresentado no Quadro 09, com fotos de algumas das evidências na Figura 29.

Figura 29 – Algumas das evidências dos eventos perigosos da etapa inicial do tratamento



Fonte: Autor, 2020

Quadro 09 – Planilha de identificação dos eventos perigosos do componentes pré-tratamento, mistura rápida e coagulação

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------|---|---|---|----------------------------------|---|----------------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| PRÉ TRATAMENTO | Existência de precursores de subprodutos organoclorados na água bruta e dosagem sem controle na dosagem de cloro | | | X | | Químico | Formação de subprodutos | visual e analítico |
| COAGULAÇÃO | Inexistência do equipamento de Jarreste na ETA, sem controle de dosagem do coagulante | | | X | | Físico e químico | Comprometimento da qualidade, desabastecimento e contaminação química | visual e analítico |
| COAGULAÇÃO | Estação funcionando no "automático" o operador não altera a dosagem do coagulante em função da qualidade da água bruta ou quando a vazão muda | | | X | x | Físico, químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade, desabastecimento e contaminação química | visual |
| COAGULAÇÃO | Ausência de bomba dosadora reserva e sistema de dosagem alternativo, caso bomba dosadora pare o funcionamento | | | X | | Físico, químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade e desabastecimento | visual |
| COAGULAÇÃO | Ausência de ensaios para estabelecimento de concentração, pH e dose ótimos | | | X | | Físico, químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade, desabastecimento e contaminação química | visual e analítico |
| COAGULAÇÃO | Diluição do coagulante realizada sem critério | | | X | x | Físico, químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade, desabastecimento e contaminação química | visual |
| MISTURA RÁPIDA | Ponto de aplicação do coagulante inadequado | | | X | | Químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade | visual e avaliação técnica |

Nota: Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: *Elaborado pelo autor, 2021*

Após a avaliação desta etapa, foram realizadas modificações importantes após realização de ensaios de tratabilidade. Foi retirada da dosagem do cloro na pré do aerador e inclusão da dosagem do peróxido de hidrogênio na captação com a função da oxidação dos metais e da matéria orgânica, mudança do local de aplicação do hidróxido de sódio para o aerador, com o intuito de adequar o pH na faixa de precipitação do alumínio e mudança do ponto de dosagem do coagulante para imediatamente antes do ponto de maior dissipação de energia.

Contudo, as maiores mudanças ocorreram na operação do sistema, nas visitas em campo, observou-se a inexistência do Jarteste e a falta do controle na dosagem, a ETA funcionava sem alteração na dosagem, independente da qualidade da água. A dosagem era realizada com bomba dosadora, porém não havia bomba reserva e nem outro ponto alternativo de dosagem, assim caso a bomba apresentasse problemas, a ETA precisava ser paralisada e o coagulante era diluído sem critério. Esses pontos após identificados, foram corrigidos. A ETA recebeu o equipamento de jarteste e os operadores foram treinados, foi instalado um ponto alternativo de dosagem, a bomba dosadora foi substituída e assim não foi mais necessário que o operador diluísse o coagulante.

5.3.4.2 Floculação e Decantação

A etapa de floculação tem o objetivo de agregação de partículas de duas etapas no qual muitas partículas pequenas formam poucos flocos grandes, para que possam ser removidas pelo processo físico de decantação e filtração. O floculador da ETA é do tipo hidráulico de fluxo vertical, composto de 8 (oito) chicanas. A passagem de água de uma câmara para a outra é feita através de orifícios retangulares superiores e inferiores. Dos choques resultantes entre as partículas que ascendem e descendem, obtém-se a formação e o crescimento dos flocos. No floculador, era acionado carvão ativado vegetal em pó com o intuito de remoção dos subprodutos gerados pela aplicação da pré-oxidação com o cloro gás.

O floculador da ETA foi modificado em 2016, quando foi redimensionado, incluindo novas chicanas em madeira de lei, com passagens inferiores e superiores, através de orifícios.

No mesmo ano em que o floculador foi modificado, na busca da melhoria da qualidade da água, o sistema de decantação foi alterado para flotação, porém, as mudanças não apresentaram melhorias no tratamento, assim o processo de flotação foi desfeito e a ETA passou novamente para a decantação.

Os parâmetros de projeto avaliados na etapa de floculação foram o tempo de detenção no tanque de floculação e o gradiente de velocidade. Considerando os dados do projeto, o volume de floculação é de 69,14 m³; profundidade média útil do floculador de 3,65 m, 4 serie de canais e 8 chincanas.

Na tabela 06 estão apresentados os valores calculados para as séries dos canais com passagens inferiores e superiores, com as seguintes informações: séries de canais, características das passagens, dimensões das passagens, velocidades, perdas de carga, e gradientes de velocidades nas passagens e nos canais.

Tabela 6 – Avaliação hidráulica do floculador

| Série de Canais | Característ. das Passagens | Número de Passagens | Dimensões das Passagens (m) | Velocidade nas Passagens (m/s) | Perda de Carga (m) | Gradientes Velocidade Passagens (s ⁻¹) |
|-----------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------|--|
| 1 ^a | Inferior Superior | 1 1 | 0,20 x 0,65 | 0,130 | 0,011 0,013 | 22,49 23,76 |
| 2 ^a | Inferior Superior | 1 1 | 0,25 x 0,65 | 0,162 | 0,007 0,008 | 17,99 18,95 |
| 3 ^a | Inferior Superior | 1 1 | 0,35 x 0,65 | 0,227 | 0,004 0,004 | 12,85 13,46 |
| 4 ^a | Inferior Superior | 1 1 | 0,61 x 0,65 | 0,396 | 0,001 0,001 | 7,37 7,65 |
| SOMA | - | 8 | - | - | 0,049 | - |

Os gradientes de velocidade observados nas passagens são sempre inferiores aos gradientes de velocidades observados nos canais precedentes. Assim, os gradientes de velocidade nos canais atendem à NBR 12216.

O tempo de detenção para a vazão de 40 l/s calculado foi de 28,81 minutos, pela NBR 12216 o tempo total de mistura lenta deve estar entre 20 e 30 minutos, assim esse parâmetro também está dentro dos limites observados.

A decantação é um fenômeno físico natural e corresponde a etapa de deposição das impurezas, aglutinadas em flocos no processo nas etapas anteriores do tratamento

da água (coagulação e floculação), devido a ação da força gravitacional. Na ETA estudada o decantador é convencional com escoamento horizontal.

A NBR 12216 (1992), estabelece que estações com capacidade de até 1000m³/dia com funcionamento de 24h, ou com capacidade de até 10000m³/d com período de funcionamento de até 18h por dia, podem dispor de apenas uma unidade de decantação, para as demais vazões devem existir com pelo menos duas unidades. No caso da ETA Vila do Riacho, não haveria necessidade de uma segunda unidade de decantação, porém durante a pesquisa, identificou-se que quando há a paralização do sistema, ocorre o arraste de sedimentos na rede de distribuição, ocasionando reclamações de água suja diante a população, por isso a falta de duas unidades de floculação e decantação foram considerados eventos perigosos.

Para a avaliação dos decantadores, foram feitos cálculos teóricos da velocidade de sedimentação, velocidade longitudinal e o tempo de detenção no processo de decantação. Pelos dados de projeto, a área (As) do decantador é de 32,06 m² o volume (V) de decantação é de 128,24 m³. Os resultados são apresentados na Tabela 07 indicam que o decantador atende aos padrões da NBR.

Tabela 07 – Avaliação hidráulica do decantador

| Valores Calculados | Valores NBR 12216 (1992) |
|--|---|
| Taxa de escoamento superficial: 51,20 m³/m²/dia | 20 a 60 m ³ /m ² /dia |
| Velocidade longitudinal: 0,50 cm/s | Em estações com capacidade até 10.000 m ³ /dia: 0,50 cm/s; |
| Tempo de detenção: 1,8 horas | Valor Recomendado 1,5 a 3 h |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Não foi possível avaliar a qualidade da água decantada no início da pesquisa, uma vez que, os operadores não realizavam as análises da água decantada, ou seja, não havia monitoramento da eficiência do tratamento.

Diante os dados apresentados, e visitas in loco, foram identificados 5 eventos perigosos no processo de floculação e decantação (Quadro 10). E algumas evidências na Figura 30.

Figura 30 – Algumas das evidências dos eventos perigosos das etapas de floculação e decantação

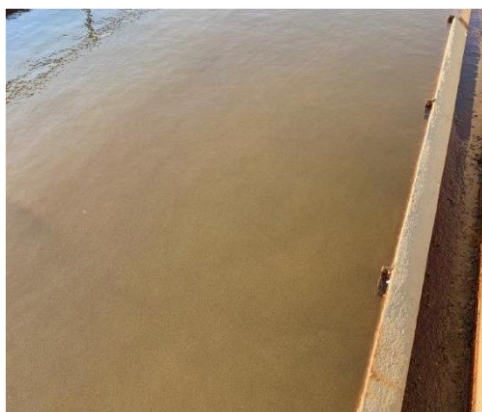
Floculador com excesso de coagulante



Ausência do monitoramento da água decantada no laboratório



Decantador com muitas partículas suspensas



Fonte: Autora, 2020

Quadro 10 – Planilha de identificação dos eventos perigosos dos componentes floculação e decantação

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|--|-------------|---|---|---|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| FLOCULAÇÃO | Intervalo de tempo excessivo entre as operações de limpeza do floculador | | | x | | Microbiológico | Comprometimento da qualidade | visual e documental |
| FLOCULAÇÃO | Ausência de tratamento do lodo do floculador | | x | | | Químico e microbiológico | Contaminação química e patogênica | visual |
| DECANTAÇÃO | Intervalo de tempo excessivo entre as operações de limpeza | | | x | | Químico e microbiológico | contaminação química e patogênica | visual e documental |
| DECANTAÇÃO | Ausência do monitoramento da qualidade da água (análises laboratoriais) | | | x | | Químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade | visual e documental |
| DECANTAÇÃO | Ausência de tratamento do lodo do decantador | | x | | | Químico e microbiológico | contaminação química e patogênica | visual |

Nota: Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: Elaborado pelo autor 2021.

Dentre os riscos encontrados nessas etapas, destaca-se o intervalo excessivo entre as limpezas das unidades e a falta do cronograma de limpeza, as limpezas ocorriam esporadicamente, conforme interesse da operação. O lodo da ETA não era tratado e ainda deposto ao lado do canal de captação, como apresentado na Figura 27.

Foi criado um cronograma de limpeza para as unidades e estabelecido pequenas descargas no decantador a fim de controlar o alumínio precipitado no decantador de forma que não saturasse o mesmo. Além das limpezas e descargas planejadas, o operador controla o residual de alumínio na água decantada, quando o mesmo atinge o limite estabelecido na medida de controle, o operador efetua mais descargas.

O tratamento do lodo da ETA foi indicado no plano de melhoria e encaminhado a empresa.

5.3.4.3 Filtração

A etapa da filtração é a última barreira de proteção da ETA, sendo responsável por reter as partículas que não foram removidas na decantação, representando, portanto, um sistema capaz de corrigir falhas de processos anteriores. A ETA Vila do Riacho possui dois processos de filtração, sendo composta por dois filtros de filtração ascendente e um filtro de pressão. A lavagem dos filtros é realizada por gravidade, através do reservatório elevado existente na ETA. O filtro de pressão era usado com o intuito de remover o do alumínio da água, sendo o material filtrante desse filtro um carvão, mas não se conseguiu informações acerca do material.

Parte do material filtrante do filtro de pressão estava indo para o reservatório, indicando um possível rompimento. Foi realizada, então, uma verificação interna do filtro em questão, o qual constatou corrosão interna e rompimento do fundo falso, o filtro foi então desativado. Além disso, no interior do leito foram identificados sacos plásticos, como se o material estivesse sido jogado dentro da embalagem.

Não foi possível, avaliar detalhadamente os filtros ascendentes, por falta de dados operacionais, como projeto detalhado do filtro com a descrição do material filtrante e falta de algumas ferramentas como piezômetro para medição de perda de carga e o expansor de leito para avaliação da expansão dos meios granulares.

Assim, avaliou-se apenas a taxa de filtração e a taxa de lavagem.

Para os cálculos hidráulicos, foi considerado os dados de projeto, sendo a área de cada filtro é de 12,30 m², o volume do reservatório elevado da ETA é de 100m³ de diâmetro 6,20m e na lavagem dos filtros usa-se em média 145cm em 900 segundos, assim, tem-se os seguintes resultados na Tabela 08.

Tabela 08 – Avaliação hidráulica dos filtros

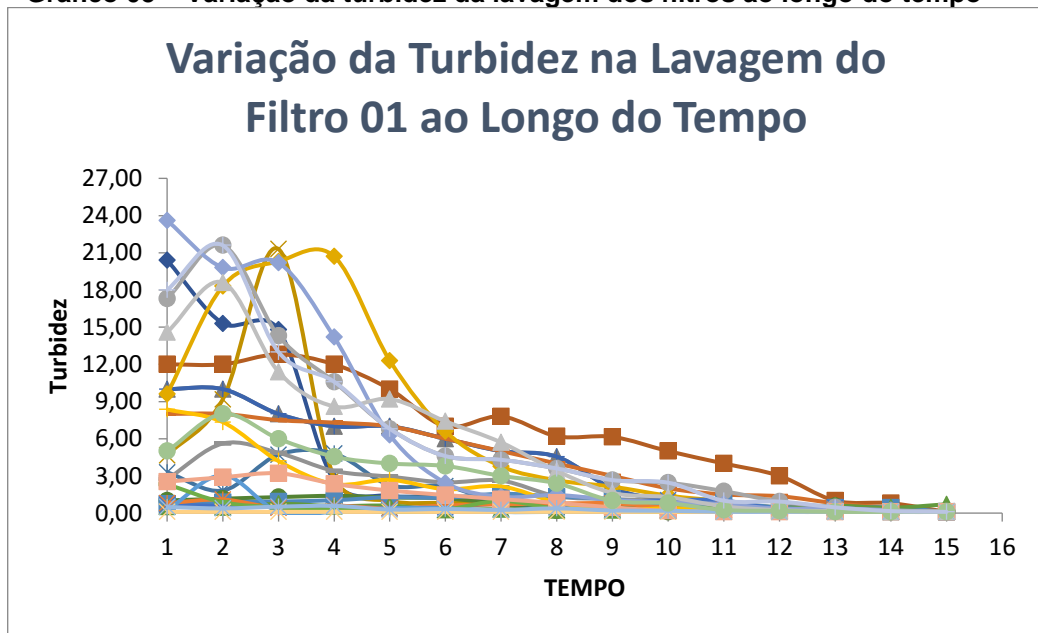
| Valores Calculados | Valores NBR 12216 (1992) |
|---|--|
| Taxa de filtração: 133 m³/m²xdia | 120 a 240 m ³ /m ² xdia |
| Taxa de lavagem: 1.365,9 m³/m²xdia | 950 a 1300 m ³ /m ² xdia |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Os operadores não controlavam a qualidade da água dos filtros, não havia análise individual e a carreira de operação dos filtros, segundo os operadores demoravam cerca de três dias ou mais para lavarem o filtro, porém não havia informações precisas nos controles diários. Assim, somente após mudança na operação da ETA, foi possível avaliar a turbidez individual dos filtros e a turbidez ao longo da lavagem dos filtros.

O gráfico 05 mostra os resultados de turbidez ao longo da lavagem dos filtros ascendentes, foi realizado o monitoramento desse parâmetro durante um mês, em toda as lavagens, os resultados demostram que a lavagem consegue atingir ao final de 15 minutos a turbidez menor de 1,0 para o reinício do sistema.

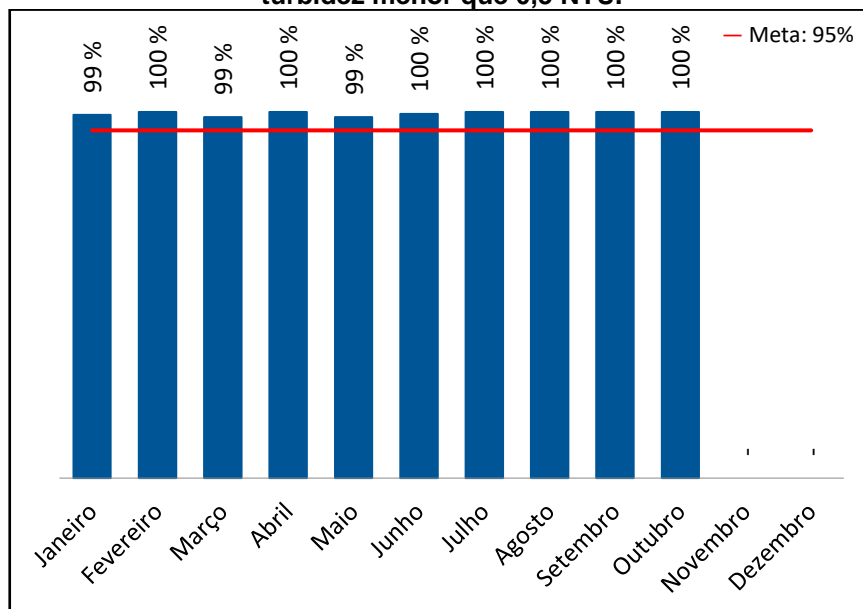
Gráfico 05 – Variação da turbidez da lavagem dos filtros ao longo do tempo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

No gráfico 06 é possível avaliar que a turbidez na saída dos filtros está atendendo o padrão de Potabilidade da Portaria GM/MS n. 888/2021, ou seja, mais de 95% das análises estão abaixo de 0,5 NTU.

Gráfico 06 – Percentual de atendimento ao parâmetro de turbidez na saída dos filtros – turbidez menor que 0,5 NTU.



Meta estabelecida pela CESAN
Elaborado pelo Autor, 2021

Após avaliação das informações apresentada na etapa de filtração, foram encontrados 10 eventos perigosos, apresentados no Quadro 11 e alguns deles evidenciados na Figura 31.

Figura 31 – Algumas das evidências dos eventos perigosos na etapa de filtração



Fonte: Autor, 2020

Quadro 11 – Planilha de identificação dos eventos perigosos do componente filtração

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------|---|---|---|--------------------------|--|-----------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| FILTRAÇÃO | Carreira de filtração excessiva, ultrapassa 60 horas | | | x | x | Microbiológico | Formação de biofilme no filtro | visual e documental |
| FILTRAÇÃO | Lavagem dos filtros sem critérios com tempo insuficiente | | | x | x | Microbiológico | Comprometimento da qualidade e presença de patogênicos | visual e documental |
| FILTRAÇÃO | Ausência ou falha de monitoramento da carreira de filtração (não é monitoramento o tempo de operação do processo de filtração cada filtro ou ocorre falha nos registros dos períodos) | | | x | x | Microbiológico | Comprometimento da qualidade e presença de patogênicos | visual e documental |
| FILTRAÇÃO | Ausência de monitoramento da qualidade da água individual dos filtros | | | x | | Microbiológico | Comprometimento da qualidade e presença de patogênicos | visual e documental |
| FILTRAÇÃO | Perda do leito filtrante do filtro de pressão, material cai dentro do reservatório | | x | x | | Químico e microbiológico | Patogênico e desabastecimento | visual |
| FILTRAÇÃO | Ausência de monitoramento e/ou controle da expansão do leito filtrante | | | x | | Microbiológico | Comprometimento da qualidade e presença de patogênicos | visual e documental |
| FILTRAÇÃO | Ausência de monitoramento da qualidade microbiológica da água de lavagem | | | x | | Microbiológico | Comprometimento da qualidade e presença de patogênicos | visual e documental |
| FILTRAÇÃO | Ausência de tratamento da água de lavagem dos filtros | | x | x | | Microbiológico | Contaminação química e patogênica | visual |
| FILTRAÇÃO | Insatisfatória conservação dos registros/válvulas e estruturas de controle de vazão de água de lavagem e de água filtrada | | x | | | Microbiológico e físico | Comprometimento da qualidade e desabastecimento | visual |
| FILTRAÇÃO | Água filtrada sem proteção (filtro ascendente sem tapagem) | | x | x | | Microbiológico | Presença de patogênicos | visual |

Nota: Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Após a avaliação do processo de filtração, foram realizadas melhorias e mudanças operacionais. Em relação aos filtros ascendentes, houve mudança no procedimento de limpeza dos filtros, a carreira de filtração máxima ficou estabelecida em 24 horas, o tempo de lavagem dos filtros passou a ser de 12 minutos a fim de garantir que a turbidez de início de operação não ultrapasse 1,0 NTU, conforme estudo feito e apresentado no gráfico 5, e implantação do monitoramento individual dos filtros.

No filtro de pressão, foi feita a avaliação interna e verificou-se o rompimento do mesmo, este foi então desativado e com a mudança do tratamento, entendeu-se que o mesmo não seria mais necessário.

5.3.4.4 Etapas Finais



Os ajustes finais do tratamento de água, correspondem aos processos de desinfecção, fluoretação e correção de pH.

O processo de desinfecção, representa uma etapa fundamental do tratamento, pois se configura como a última barreira para os microorganismos. A desinfecção pode ser feita por agentes físicos ou por agentes químicos. A eficiência de desinfecção depende: i) das características da água; ii) do microorganismo a ser inativado, já que cada grupo de microorganismo possui uma resistência à desinfecção; e iii) das características do desinfetante, tal como o potencial de oxidação (LIBÂNIO, 2010; PÁDUA e FERREIRA, 2006). A ETA Vila do Riacho usa como desinfetante cilindros de 68kg de cloro gás.

Em termos de desinfecção da água por meio de cloração, deve ser observado o anexo 3 da Portaria GM/MS Nº 888/21, que indica a relação entre concentração de cloro residual livre na saída do tratamento e o tempo de contato do produto utilizado com a água (CxT), essa relação depende da temperatura média mensal da água tratada e do pH. A ETA estudada, não possui tanque de contato, sendo o contato do cloro realizado dentro do reservatório semienterrado da ETA. A dosagem é realizada na calha parshall localizada anexa ao reservatório.

A avaliação da eficiência do processo de desinfecção foi feita por meio do cálculo do tempo de contato, de acordo com o estabelecido pela portaria. Encontrado os valores apresentados no Quadro 12.

Quadro 12 - Estimativa de tempo de contato para desinfecção

| | | | | | |
|--|--|---|------------------------|---|---|
|  | | Companhia Espírito Santense de Saneamento Diretoria de Meio Ambiente Gerência de Pesquisa e Controle da Qualidade Divisão de Gestão e Pesquisa | |  | |
| 2012-44 Programa de Implantação de Ações para Atendimento à Portaria MS nº 2.914/2011 Estimativa do tempo de contato para desinfecção | | | | | |
| Temperatura média da água: | | 25 °C | | | |
| Faixa de pH: | | Mínimo 6,5 | $\leq \text{pH} \leq$ | Máximo 7,0 | Tempo de contato recomendado (min): 5 $\leq t \leq$ 11 |
| Faixa de CRL na saída da ETA (mg/L): | | Mínimo 1,2 | $\leq \text{CRL} \leq$ | Máximo 1,8 | |
| Tempo de contato estimado (min) | | | | | |
| Volume do tanque de contato (m ³) | | Vazão (L/s) | | | |
| | | Mínima | Média | Máxima | |
| | | 11,30 | 17,00 | 19,00 | |
| Mínimo: | | 45,00 | 66,4 | 44,1 | 39,5 |
| Máximo: | | 135,00 | 199,1 | 132,4 | 118,4 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

A fluoretação é a etapa seguinte à desinfecção e representa a penúltima etapa do tratamento de água. Para as águas que não possuem concentração de fluoreto (F-) dentro do estabelecido pela Portaria GM/MS Nº 888/21, a mesma recomenda a adição de compostos de flúor, de maneira a prevenir a cárie dentária. A ETA utiliza o ácido fluossilícico diluído, a diluição é feita em uma caixa d'água em cima do reservatório.

A correção de pH se configura como a última etapa do tratamento de água e é responsável pela adição de álcalis para ajustar o pH da água aos padrões recomendados pela Portaria de potabilidade, caso seja necessário.

Nas etapas finais, foram identificados seis eventos perigosos, como evidenciado no Quadro 13, e alguns desses eventos estão apresentados na Figura 32.

Figura 32– Algumas das evidências dos eventos perigosos na etapas finais

Calha onde é dosado o cloro sem proteção



Apenas um clorador para o uso do cloro na pré e pós



Cilindros de cloro sem identificação



Fonte: Autor, 2020

Quadro 13 - Planilha de identificação dos eventos perigosos do componente etapas finais

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------|---|---|---|--------------------------|---|-----------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| DESINFECÇÃO | Sistema de cloro gás não atende os padrões de segurança | | | X | | Microbiológico e físico | Desabastecimento contaminação patogênica | visual |
| DESINFECÇÃO | Ausência de sistema de dosagem alternativo, o sistema para o funcionamento | | | X | | Físico | Desabastecimento | visual |
| DESINFECÇÃO | Não é possível alterar a dosagem da desinfecção sem alterar a dosagem do cloro na pré, os dois são interligados | | | X | x | Químico e microbiológico | Formação de subprodutos e contaminação química/patogênica | visual e analítico |
| DESINFECÇÃO | Água utilizada no sistema de cloração vem do reservatório elevado, quando o reservatório fica com nível baixo, não é formado o hipoclorito, o sistema fica sem dosagem de cloro | | | X | x | Microbiológico e físico | Desabastecimento contaminação patogênica | visual |
| FLUORETAÇÃO | Sem critérios para a diluição do ácido fluossilícico | | | X | x | Químico | contaminação química | visual |
| FLUORETAÇÃO | Ausência de bomba dosadora reserva e sistema de dosagem alternativo, caso bomba dosadora para o funcionamento | | | X | | Físico | Desabastecimento | visual |

Nota: Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

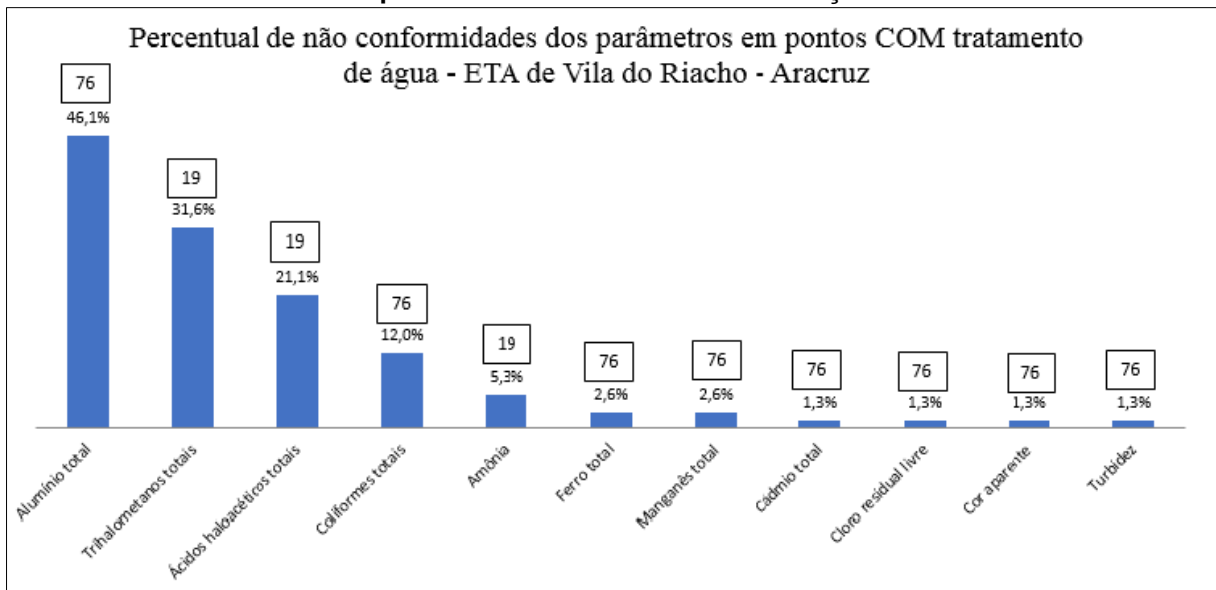
Fonte: elaborado pelo autor, 2021

Os riscos, cuja macrocausa eram de origem operacional encontrados, foram tratados imediatamente, como por exemplo, a dosagem do pré-tratamento, o qual era interligada na mesma tubulação de dosagem do cloro no processo de desinfecção, ou seja, o operador aumentava o cloro da pré com a tentativa de melhorar o tratamento e com isso o cloro usado no processo de desinfecção aumentava na mesma proporção, podendo o cloro residual ultrapassar o limite de segurança estabelecido pela Portaria. Esse processo foi refeito e o cloro da pré desativado. O ácido fluossilícico usado no processo de fluoretação que era diluído sem critério, com a mudança da bomba dosadora, passou a ser dosado concentrado e os operadores treinados para realizarem as novas mudanças.

5.3.4.5 Qualidade da Água Tratada

Para a avaliação da qualidade da água distribuída pela ETA Vila do Riacho, foram usados os dados do Instituto Renova, disponibilizados no Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano. A Figura 33 expressa, em percentual, a quantidade de resultados em desacordo com o limite estabelecido na Portaria GM/MS nº 888/2021 considerando o total de amostras monitoradas para cada um dos parâmetros, no período de setembro de 2018 a março de 2020.

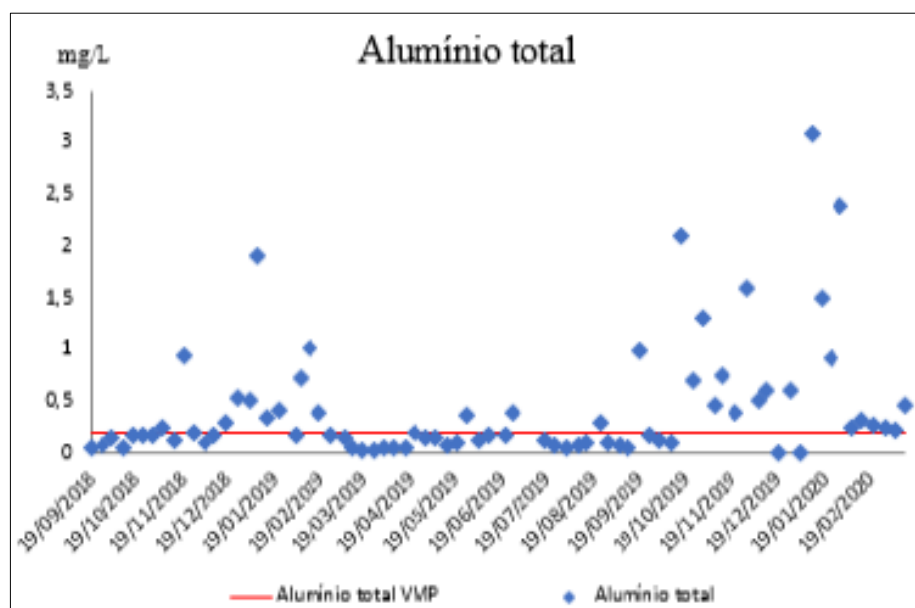
Figura 33 - Percentual de não atendimento no ponto “saída do tratamento” da ETA Vila do Riacho no período de setembro de 2018 a março de 2020.



Fonte: Instituto Renova

Na avaliação do gráfico da figura, observa-se que 46,1% das análises de alumínio estavam fora do limite estabelecido pela Portaria, é notório também para os resultados de Trihalometanos total (THM) e Ácidos haloacéticos total (AHT). No mesmo relatório, são representados graficamente os resultados de alumínio (Figura 34), vale ressaltar que, de acordo com os resultados, o alumínio chegou a sair da ETA com 3,5 mg/L sendo o limite estabelecido na Portaria GM/MS n. 888/2021 é de 0,2 mg/L. Resultados que indicam a ineficiência da ETA na remoção desses parâmetros.

Figura 34 - Monitoramento de alumínio total (mg/L) na água tratada da ETA do SAA de Vila do Riacho, Aracruz-ES, período de 2018 a 2020 PMQACH



Fonte: Instituto Renova

5.3.5 Elevatória de Água Tratada e Reservatório

A reservação é responsável pelo suprimento de água nas horas de maior consumo ou situações atípicas e ainda contribui para diminuir os custos com a rede de distribuição. Além disso, os reservatórios prolongam a continuidade do abastecimento, quando é necessário interrompê-lo para manutenção em determinadas partes do sistema (Barros et al., 1995). A ETA possui dois reservatórios, um elevado com capacidade de 100m³ e outro semienterrado de 150m³. Ambos distribuem e o reservatório elevado possibilita a retrolavagem dos filtros, a lavagem dos filtros é realizada somente com água.

A estação elevatória de água tratada é composta por 02 conjuntos moto-bomba, barrilete e painel de comando, que possui a finalidade de distribuição da água tratada e recalque da água para o reservatório elevado.

Nessa etapa, foram avaliados o estado de conservação dos reservatórios e da elevatória de água tratada, capacidade de armazenamento, aspectos estruturais, mecânicos e limpeza das unidades.

Em relação a capacidade de armazenamento, A NBR12217/94 recomenda o volume mínimo igual a 1/3 do volume distribuído no dia de consumo máximo. O consumo máximo diário em 2021 era de 985m³, sendo necessário uma reservação de 328m³, como a reservação máxima na ETA é de 250m³, a reservação atual já não atende a população atual.

Assim, ao todo foram identificados nove eventos perigosos (Quadro 14), parte evidenciada na Figura 35.

Figura 35 – Algumas das evidências dos eventos perigosos na etapa da reservação e adução da água tratada

Reservatório sem duto de ventilação



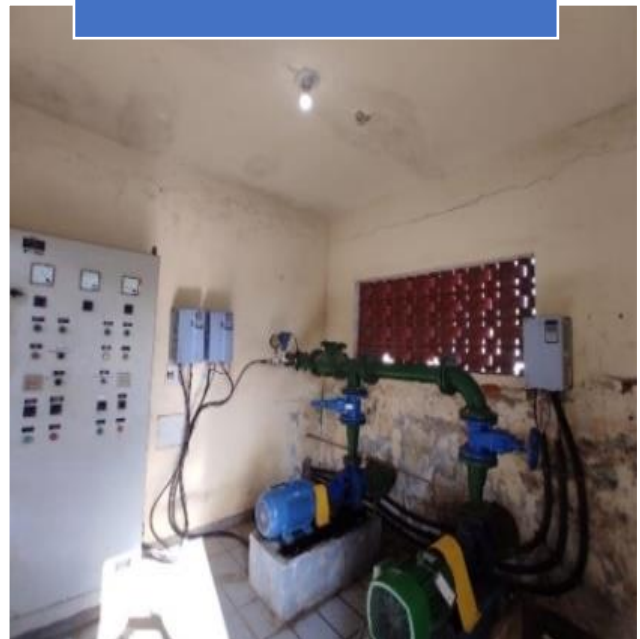
Material depositado no interior do reservatório



Válvula de pé em estado de corrosão avançada



Estrutura interna da da EAT



Fonte: Autor, 2021

Quadro 14- Planilha de identificação dos eventos perigosos do componente reservação e adução da água tratada

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|--|-------------|---|---|---|--------------------------|--|-----------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| RESERVAÇÃO | Existência de uma calha parshall na entrada do reservatório sem tamponamento | | | x | | Microbiológico | Presença de patogênicos | visual |
| RESERVAÇÃO | Ausência de dutos de ventilação para entrada e saída de ar | | x | | | Microbiológico | Presença de patogênicos | visual |
| RESERVAÇÃO | Existência de acúmulo de sedimentos no interior do reservatório | | | x | | Químico e microbiológico | Presença de patogênicos, formação de subprodutos | visual e analítico |
| RESERVAÇÃO | Ausência de extravasor | | x | | | Físico | Perda de água e transbordamento | visual |
| RESERVAÇÃO | pouca reservação | | x | | | Físico | Desabastecimento | avaliação técnica |
| RESERVAÇÃO | Ausência de limpeza dos reservatórios | | | x | x | Microbiológico | Presença de patogênicos, formação de subprodutos | visual e documental |
| ELEVATÓRIA ÁGUA TRATADA | Válvula de pé em estado avançado de deterioração | | x | x | | Físico | Desabastecimento | avaliação técnica |
| ELEVATÓRIA ÁGUA TRATADA | Bombas em precário estado de conservação | | | x | | Físico | Desabastecimento | avaliação técnica |
| ELEVATÓRIA ÁGUA TRATADA | Não é possível alterar a vazão da água distribuída | | | x | | Físico | Desabastecimento | avaliação técnica |

Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Nesta etapa alguns riscos foram tratados, como limpeza do reservatório e criação de cronograma de limpeza, troca da válvula de pé, troca das bombas de água tratada e instalação de inversor para alteração da vazão. Os demais riscos foram tratados e inseridos no plano de melhoria.

5.3.6 Sistema de Distribuição

A rede de distribuição é constituída por um conjunto de condutos assentados nas vias públicas, com a função de conduzir a água para os prédios e as demais edificações e pontos de consumo público, por meio das inúmeras derivações da vazão e uma disposição em rede, de onde advém sua denominação (Barros et al., 1995). A avaliação desta etapa foi realizada mediante aos dados das redes de distribuição de água na região estudada.

No bairro Vila do Riacho, como visto no fluxograma (Figura 25), não existem outras elevatórias de água tratada ou reservatórios interligados a rede de distribuição, além da ETA, devido às características da região.

Nessa etapa, foram avaliados somente os parâmetros de projeto que prejudicassem a qualidade da água distribuída tais como cor, turbidez e cloro. Assim foi possível identificar a ausência ou presença dos eventos perigosos na rede de distribuição que interferem diretamente na qualidade da água. Ao todo, foram identificados doze eventos perigosos, como observado no Quadro 15 e parte evidenciado na Figura 36.

Nesta etapa, vale destacar o procedimento de limpeza e reabilitação das tubulações, verificou-se o desconhecimento da importância dos procedimentos para manutenção da qualidade da água (plano de descargas). Segundo Tsutiya (2006), mesmo em águas bem tratadas, podem ocorrer depósito de materiais, necessitando de limpeza periódica do sistema de distribuição. Esse pode ser avaliado tanto visualmente, em conversa com moradores, quanto nas análises realizadas pelo laboratório central da nova administradora do sistema, como já citado, não obteve-se muitas informações com a administração anterior.

Outro ponto identificado foi a quantidade de pontos de descargas ao longo da rede de distribuição, tanto pelo cadastro atualizado da rede quanto em campo, ao todo são

seis pontos de descargas para uma extensão de 15298 metros. A equipe entendeu que essa quantidade não atende a limpeza total da rede.

Figura 36 – Algumas das evidências dos eventos perigosos na etapa rede de distribuição

Ponto de descargas abandonados



Acumulo de sedimentos



Reparo em rede sem realizar o processo de desinfecção



Material inadequado usado na rede de água



Fonte: Autor, 2020

Quadro 15- Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Rede de Distribuição

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|--|-------------|---|---|---|----------------------------------|---|-----------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| DISTRIBUIÇÃO | Negligência nas operações de manutenção e limpeza da rede | | | X | x | Microbiológico | Comprometimento da qualidade da água, Presença de patogênicos | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Inexistência de desinfecção das tubulações após realizar serviços de construção ou reparos | | | X | x | Microbiológico | Comprometimento da qualidade da água/Contaminação patogênica | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Perda de água na rede de distribuição | | x | X | | Físico | Desabastecimento | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Formação de Biofilme | | | X | | Microbiológico | Comprometimento da qualidade da água/Contaminação patogênica | visual |
| DISTRIBUIÇÃO | Inexistência de descargas e do plano de monitoramento de descargas na rede de distribuição | | | X | x | Microbiológico | Comprometimento da qualidade da água/Contaminação patogênica | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Situações em que as tubulações fiquem vazias ou despressurizadas | | | X | | Microbiológico e físico | Comprometimento da qualidade da água/desabastecimento | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Turbidez e cor acima do limite permitido | | | X | | Físico, químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade da água/Contaminação patogênica/rejeição | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Coliformes Totais acima do limite permitido | | | X | | Microbiológico | Comprometimento da qualidade da água/Contaminação patogênica | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Rupturas e vazamentos | | x | X | | Microbiológico e físico | Comprometimento da qualidade da água/Contaminação patogênica | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Rede construída com material impróprio e precário estado da tubulação | | x | | | Microbiológico e físico | Comprometimento da qualidade da água/Contaminação patogênica | visual |
| DISTRIBUIÇÃO | Pontos de descarga não atendem toda a rede de distribuição | | x | | | Microbiológico e físico | Comprometimento da qualidade da água/Contaminação patogênica/rejeição | visual/documental |
| DISTRIBUIÇÃO | Perda de água na rede de distribuição | | x | | | Físico | Desabastecimento | visual/documental |

Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Na etapa de distribuição, foram realizadas descargas na rede para melhoria da cor e turbidez e os riscos foram inseridos no plano de melhorias.

5.3.7 *Outros Componentes*

Além da avaliação dos processos, a equipe definiu outros componentes considerados importantes a serem avaliados, que de alguma forma, prejudicava a segurança da água, como: a operação, o laboratório, a estrutura física e a rejeição populacional. Ao todo, foram identificados 14 eventos perigosos (Quadro 16), alguns evidenciados na Figura 37. Destaca-se, nesse ponto, a precariedade da estrutura da casa de química, do laboratório, a falta de controle da calibração dos equipamentos analíticos, bem como o tempo de uso, as análises de flúor e cloro eram realizadas visualmente, e mesmo sabendo do problema da incidência de alumínio na água bruta, esse parâmetro não era analisado na ETA.

Os tanques de armazenamento, encontravam-se acima da casa de química e do reservatório de água tratada, em tanques inapropriados com risco de rompimento, como o armazenamento do ácido fluossilícico que estava em cima do reservatório, sem qualquer proteção contra o derramamento do mesmo. Além disso, o acúmulo de sedimentos dos produtos químicos nos tanques era alto, segundo o operador era constante o entupimento das bombas, prejudicando a qualidade da água.

Em relação a dosagem dos produtos químicos, é importante destacar que caso faltasse energia, ou houvesse problema na bomba dosadora, não havia uma segunda alternativa para a dosagem dos produtos, tendo que paralisar o tratamento até o problema ser resolvido.

Em relação a operação, verificou-se que a terceirização da mão de obra também foi um evento perigoso, pois, devido a influência política, foram contratadas pessoas sem a capacidade técnica para o tratamento, por isso, a ETA funcionava no “automático”, ou seja, o operador não tinha a autonomia de modificar a dosagem do sistema, independente da qualidade de água bruta, era a mesma dosagem e dosagens altas. Outro ponto preocupante, é a rotatividade da mão de obra e a troca de contratos, pois nesses pontos há uma alta troca de mão de obra e o operador é um profissional que não é encontrado com facilidade e tecnicamente preparado para o cargo.

Outro ponto relacionado aos interesses políticos, é que, como houve a troca do responsável pelo sistema, existem grandes conflitos entre as pessoas que preferem o antigo gestor e outros que preferiram a nova gestão. Além disso, há uma alta rejeição da água dentre os moradores, como citado por Lucas (2017), no item 4.4 e evidenciado em conversas informais com os moradores (sem registros).

Após a identificação dos riscos, se iniciou o processo de adequação, o laboratório foi reformado, inserida a carta controle para avaliação da eficiência dos equipamentos de bancada, substituição e inserção de equipamentos analíticos, mudança no procedimento de operação, construção do tanque de contenção de produtos químicos, bem como a troca de tanques, treinamento de operadores. Os demais riscos foram encaminhados para tratamento pelo plano de melhorias.

Figura 37– Algumas das evidências dos eventos perigosos dos componentes laboratório, estrutura, operação e população

Acumulo de sedimentos no interior dos tanques de produtos químicos



Tanques sem contenção de vazamento de produtos



Tanques inadequados em locais de difícil acesso



Laboratório da ETA em estado precário



Vista da parte da estrutura da casa de química



Fonte: Autor, 2020

Quadro 16- Planilha de identificação dos eventos perigosos dos componentes laboratório, estrutura, operação e população

| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------|---|---|---|----------------------------------|--|-----------------------|
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | MACROCAUSAS | | | | PERIGO | JUSTIFICATIVA | COMO FOI IDENTIFICADO |
| | | A | I | O | P | | | |
| LABORATÓRIO | Aparelhos analíticos de bancada sem calibração | | | X | | Químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade da água | visual |
| LABORATÓRIO | Inexistência de aparelho analítico para análise de alumínio | | | X | | Químico | contaminação química | visual e documental |
| LABORATÓRIO | Dados de qualidades lançados em papeis sem local apropriado | | | X | x | Físico | comprometimento das informações | visual e documental |
| ESTRUTURA | Inexistência de tanque de contenção | | x | X | | Químico | contaminação química | visual |
| ESTRUTURA | Tanques de armazenamento de produto químico em local de difícil acesso e irregular | | x | X | | Físico e químico | Contaminação química e desabastecimento | visual |
| ESTRUTURA | Alta concentração de sedimentos em tanques. | | | X | | Físico e químico | Contaminação química e desabastecimento | visual |
| ESTRUTURA | Fácil acesso de moradores na ETA | | x | | | Físico, químico e microbiológico | Contaminação química, patogênica e sabotagem | visual |
| OPERAÇÃO | Operador não qualificado para operação do sistema | | | X | X | Físico, químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade da água, desabastecimento, patogênicos e contaminação química | visual/documental |
| OPERAÇÃO | Terceirização da mão de obra do operador - inexistência de mão de obra qualificada disponível | | | X | X | Físico, químico e microbiológico | Comprometimento da qualidade da água, desabastecimento, patogênicos e contaminação química | avaliação técnica |
| OPERAÇÃO | Inexistência de unidade secundárias do tratamento, ocasionando paralização do sistema para limpeza das unidades | | x | | | Físico | desabastecimento | avaliação técnica |
| OPERAÇÃO | Funcionamento da operação da ETA menor do que a demanda do abastecimento | | | X | X | Físico | desabastecimento | avaliação técnica |
| POPULAÇÃO | Interesses políticos | x | | | | Físico, químico e microbiológico | Rejeição e má qualidade dos serviços prestados | visual |
| POPULAÇÃO | Alta rejeição da água do sistema de abastecimento | x | | | | Físico | Rejeição | documental/visual |
| POPULAÇÃO | Domicílios sem reservação | x | | | | Físico | Desabastecimento | visual |

Macrocausas: **A** – Ambiente externo, **I** – Infraestrutura, **O**- Operação, **P**- Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS

A caracterização dos riscos foi realizada utilizando uma metodologia de priorização de riscos, baseada no bom senso e no conhecimento das características do sistema, obtidas a partir do diagnóstico do mesmo. Para avaliar o risco associado a cada evento perigoso, foi definida a probabilidade de ocorrência do mesmo e a severidade das consequências para a saúde da população e/ou funcionamento do sistema, de forma que se possa ter a possibilidade de reduzir ou eliminar o impacto que esse risco possa vir a causar a saúde da população. Sendo assim, conseguiu-se determinar o nível de perigo e análise de risco, para que fosse possível determinar as medidas de controle que eram prioritárias.

Ao todo, foram avaliados 89 riscos, destes 11 foram classificados como risco muito alto, 30 riscos tiveram a classificação de risco alto e 03 riscos considerados catastróficos, apresentados no Quadro 17, ou seja, existe 49,43% de chance da população receber água fora dos padrões de qualidade ou quantidade insuficientes, não atendendo as metas estabelecidas pela Lei nº 14.026/2020 e nem as metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, que em resumo, é a prestação do fornecimento de água com qualidade e de forma ininterrupta, não sendo distribuída portanto uma água segura na maioria do tempo. O que chama a atenção, é que dos 44 riscos classificados como alto, muito alto e catastróficos apenas 15,9% dos riscos são eventos perigosos possuem a sua origem de ambientes externos, em contrapartida 81,8% desses riscos tem sua origem em eventos operacionais.

Quadro 17- Planilha de caracterização dos riscos, destacando os riscos alto e muito alto

| CARACTERIZAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS EVENTOS PERIGOSOS | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|-------------|---|---|---|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|
| RISCO | | | MACROCAUSAS | | | | CARACTERIZAÇÃO | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | PERIGO | A | I | O | P | PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA | SEVERIDADE DA OCORRÊNCIA | CARACTERIZAÇÃO DO RISCO | |
| | | | | | | | VALOR ATRIBUÍDO | VALOR ATRIBUÍDO | TOTAL | CLASSIFICAÇÃO |
| MICROBACIA | Há mudanças repentinas de cor e turbidez na água bruta, quando se produzem variações climáticas e sazonais devido às chuvas. | Físico, químico e microbiológico | X | | | | 3 | 4 | 12 | ALTO |
| MICROBACIA | Presença de substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo (alumino, ferro e manganês). | Físico e químico | X | | | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| MICROBACIA | Presença de criação de gado e cavalo ao longo da microbacia | Microbiológico | X | | | | 4 | 4 | 16 | MUITO ALTO |
| MICROBACIA | Deposição de resíduos industriais em decorrência do acidente ambiental proveniente do rompimento da barragem de Fundão em 2015 | Físico e químico | X | | | | 1 | 5 | 5 | CATASTRÓFICO |
| MICROBACIA | Fábrica com tanques de produto químico desativada | Químico | X | | | | 2 | 5 | 10 | CATASTRÓFICO |
| CAPTAÇÃO RIO | Acesso fácil de animais e pessoas no ponto de captação | Microbiológico | | x | x | | 4 | 4 | 16 | MUITO ALTO |
| CAPTAÇÃO RIO | Captação recebe efluentes sem tratamento adequado provenientes da limpeza das unidades de tratamento da ETA | Químico e microbiológico | | x | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| POÇO ARTESIANO | Não cumprimento do Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (PIPS) - Raio de dez metros, conforme Lei Estadual 6.295/2000 | Microbiológico | | x | | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| POÇO ARTESIANO | Existência de outro poço artesiano próximo a fonte de captação (distância menor que 200m) | Microbiológico e físico | | x | | | 5 | 3 | 15 | ALTO |

| CARACTERIZAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS EVENTOS PERIGOSOS | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|-------------|---|---|---|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|
| RISCO | | | MACROCAUSAS | | | | CARACTERIZAÇÃO | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | PERIGO | A | I | O | P | PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA | SEVERIDADE DA OCORRÊNCIA | CARACTERIZAÇÃO DO RISCO | |
| | | | | | | | VALOR ATRIBUÍDO | VALOR ATRIBUÍDO | TOTAL | CLASSIFICAÇÃO |
| LABORATÓRIO | Aparelhos analíticos de bancada sem calibração | Químico e microbiológico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| LABORATÓRIO | Inexistência de aparelho analítico para análise de alumínio | Químico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| ESTRUTURA | Fácil acesso de moradores na ETA | Físico, químico e microbiológico | | x | | | 3 | 4 | 12 | ALTO |
| OPERAÇÃO | Operador não qualificado para operação do sistema | Físico, químico e microbiológico | | | x | X | 5 | 5 | 25 | CATASTRÓFICO |
| OPERAÇÃO | Terceirização da mão de obra do operador - inexistência de mão de obra qualificada disponível | Físico, químico e microbiológico | | | x | X | 5 | 4 | 20 | MUITO ALTO |
| OPERAÇÃO | Funcionamento da operação da ETA menor do que a demanda do abastecimento | Físico | | | x | X | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| PRÉ TRATAMENTO | Existência de precursores de subprodutos organoclorados na água bruta e dosagem sem controle na dosagem de cloro | Químico | X | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |

| CARACTERIZAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS EVENTOS PERIGOSOS | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|-------------|---|---|---|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|
| RISCO | | | MACROCAUSAS | | | | CARACTERIZAÇÃO | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | PERIGO | A | I | O | P | PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA | SEVERIDADE DA OCORRÊNCIA | CARACTERIZAÇÃO DO RISCO | |
| | | | | | | | VALOR ATRIBUÍDO | VALOR ATRIBUÍDO | TOTAL | CLASSIFICAÇÃO |
| COAGULAÇÃO | Inexistência do equipamento de Jarteste na ETA, sem controle de dosagem do coagulante | Físico e químico | | | x | | 5 | 4 | 20 | MUITO ALTO |
| COAGULAÇÃO | Estação funcionando no "automático" o operador não altera a dosagem do coagulante em função da qualidade da água bruta ou quando a vazão muda | Físico, químico e microbiológico | | | x | x | 5 | 4 | 20 | MUITO ALTO |
| COAGULAÇÃO | Ausência de ensaios para estabelecimento de concentração, pH e dosagem ótima | Químico e microbiológico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| COAGULAÇÃO | Diluição do coagulante realizada sem critério | Químico e microbiológico | | | x | x | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| COAGULAÇÃO | Ponto de aplicação do coagulante inadequado | Químico e microbiológico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| FLOCULAÇÃO | Intervalo de tempo excessivo entre as operações de limpeza do floculador | Microbiológico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| FLOCULAÇÃO | Ausência de tratamento do lodo do floculador | Microbiológico | | x | | | 4 | 3 | 12 | ALTO |

| CARACTERIZAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS EVENTOS PERIGOSOS | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|-------------|---|---|---|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|
| RISCO | | | MACROCAUSAS | | | | CARACTERIZAÇÃO | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | PERIGO | A | I | O | P | PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA | SEVERIDADE DA OCORRÊNCIA | CARACTERIZAÇÃO DO RISCO | |
| | | | | | | | VALOR ATRIBUÍDO | VALOR ATRIBUÍDO | TOTAL | CLASSIFICAÇÃO |
| DECANTAÇÃO | Intervalo de tempo excessivo entre as operações de limpeza | Microbiológico | | | x | | 4 | 4 | 16 | MUITO ALTO |
| DECANTAÇÃO | Ausência do monitoramento da qualidade da água (análises laboratoriais) | Microbiológico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| DECANTAÇÃO | Ausência de tratamento do lodo do decantador | Microbiológico | | x | | | 4 | 3 | 12 | ALTO |
| FILTRAÇÃO | Carreira de filtração excessiva, ultrapassa 60 horas | Microbiológico | | | x | x | 4 | 3 | 12 | ALTO |
| FILTRAÇÃO | Lavagem dos filtros sem critérios com tempo insuficiente | Microbiológico | | | x | x | 5 | 4 | 20 | MUITO ALTO |
| FILTRAÇÃO | Ausência de monitoramento da qualidade da água individual dos filtros | Microbiológico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| FILTRAÇÃO | Ausência de tratamento da água de lavagem dos filtros | Microbiológico | | x | x | | 4 | 3 | 12 | ALTO |
| DESINFECÇÃO | Ausência de sistema de dosagem alternativo, o sistema pare o funcionamento | Físico, químico e microbiológico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| DESINFECÇÃO | Não é possível alterar a dosagem da desinfecção sem alterar a dosagem do cloro na pré, os dois são interligados | Químico e microbiológico | | | x | x | 3 | 4 | 12 | ALTO |
| DESINFECÇÃO | Água utilizada no sistema de cloração vem do reservatório elevado, quando o reservatório fica com nível baixo, não é formado o hipoclorito, o sistema fica sem dosagem de cloro | Químico e microbiológico | | | x | x | 4 | 4 | 16 | ALTO |

| CARACTERIZAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS EVENTOS PERIGOSOS | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|-------------|---|---|---|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|
| RISCO | | | MACROCAUSAS | | | | CARACTERIZAÇÃO | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | PERIGO | A | I | O | P | PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA | SEVERIDADE DA OCORRÊNCIA | CARACTERIZAÇÃO DO RISCO | |
| | | | | | | | VALOR ATRIBUÍDO | VALOR ATRIBUÍDO | TOTAL | CLASSIFICAÇÃO |
| RESERVAÇÃO | Reservação insuficiente | Físico | | x | | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| RESERVAÇÃO | Ausência de limpeza dos reservatórios | Químico e microbiológico | | | x | x | 5 | 4 | 20 | MUITO ALTO |
| DISTRIBUIÇÃO | Negligência nas operações de manutenção e limpeza da rede | Microbiológico | | | x | x | 3 | 4 | 12 | ALTO |
| DISTRIBUIÇÃO | Inexistência de desinfecção das tubulações após realizar serviços de construção ou reparos | Microbiológico | | | x | x | 3 | 4 | 12 | ALTO |
| DISTRIBUIÇÃO | Formação de Biofilme na rede de distribuição | Microbiológico | | | x | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| DISTRIBUIÇÃO | Inexistência de descargas e do plano de monitoramento de descargas na rede de distribuição | Microbiológico | | | x | x | 4 | 4 | 16 | MUITO ALTO |
| DISTRIBUIÇÃO | Situações em que as tubulações fiquem vazias ou despressurizadas | Microbiológico e físico | | | x | | 4 | 3 | 12 | ALTO |
| DISTRIBUIÇÃO | Turbidez e cor acima do limite permitido | Físico, químico e microbiológico | | | x | | 3 | 4 | 12 | ALTO |
| DISTRIBUIÇÃO | Rede construída com material impróprio e precário estado da tubulação | Microbiológico e físico | | x | | | 5 | 3 | 15 | ALTO |
| DISTRIBUIÇÃO | Pontos de descarga não atendem toda a rede de distribuição | Microbiológico e físico | | x | | | 4 | 4 | 16 | MUITO ALTO |
| POPULAÇÃO | Alta rejeição da água do sistema de abastecimento | Físico | x | | | | 3 | 4 | 12 | ALTO |

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

Após a classificação dos riscos, iniciou-se a avaliação das medidas de controle, descrita a seguir.

5.5 MEDIDAS DE CONTROLE

Como determinado nos objetivos, os riscos que foram considerados muito alto e alto, passaram pelo processo de avaliação de medidas de controle. Em cada risco avaliado, foi verificado se existia uma medida de controle e se essa era eficaz.

Nessa avaliação, identificou-se que nenhum dos riscos possuía qualquer medida de controle. Por isso, a equipe iniciou a fase de adequação do sistema, a partir dos riscos classificados como muito alto e alto, e que tinham origem (macrocausa) operacional e de controle e procedimentos operacionais, visando reduzir os riscos, propor medidas de controle e estabelecer limites críticos e ações corretivas em cada etapa do sistema.

Para os riscos cuja origem eram em “ambientes externos”, entende-se que não há possibilidade da empresa de controlar a presença do risco no manancial, então eles foram monitorados e relacionados ao tratamento, ou seja, foram adotadas medidas de controle internas para eliminá-los dentro do tratamento. Como exemplo, a presença de metais no solo da região, não há como evitar que os metais cheguem à ETA, por isso o tratamento foi adequado para removê-los no sistema. Dentre eles está a remoção do alumínio na água tratada, onde foram realizados testes de tratabilidade para acerto da dosagem do coagulante e controle do pH da água bruta a fim de estabilizá-lo e promover a precipitação do alumínio no decantador.

Em relação aos riscos considerados catastróficos, dois desses tinham como macrocausa ambientes externos, sendo eles denominados: “Deposição de resíduos industriais em decorrência do acidente ambiental proveniente do rompimento da barragem de Fundão em 2015” e “Fábrica com tanques de produto químico desativada”, foram criados planos de emergências. O risco cuja macrocausa era operacional “Operador não qualificado para operação do sistema”, foi desenvolvido o treinamento para os operadores, de modo a qualificá-los para a operação.

Após a implantação das medidas de controle e do monitoramento operacional, foi feita a reavaliação dos riscos (Quadro 18). Com a implantação das medidas de controle, 83,82% riscos após reavaliados foram classificados como baixo ou médio, estes ainda

precisam de atenção, mas as consequências do risco não afetam diretamente a população ou o sistema.

Assim, pode-se concluir que a água produzida na ETA Vila do Riacho vem se tornando mais segura. E isso ocorreu sem investimentos altos, apenas com mudanças e adequações no sistema.

Quadro 18- Planilha de avaliação das medidas de controle estabelecidas

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---|--|---|--|--|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVALIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| MICROBACIA | Presença de substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo (alumino, ferro e manganês). | ALTO | NÃO | Tratamento inadequado | SIM | Alteração no sistema de tratamento da ETA | SIM | Readequação do tratamento de acordo com as características da região | MÉDIO | SIM |
| MICROBACIA | Há mudanças repentinas de cor e turbidez na água bruta, quando se produzem variações climáticas e sazonais devido a chuvas. | ALTO | NÃO | Tratamento inadequado | SIM | Alteração no sistema de tratamento da ETA | SIM | Readequação do tratamento de acordo com as características da região | BAIXO | SIM |
| MICROBACIA | Presença de criação de gado e cavalo ao longo da microbacia | MUITO ALTO | NÃO | Não foram identificadas medidas de controle | SIM | Alteração no sistema de tratamento da ETA e melhoria no processo de filtração | SIM | Risco estabilizado | MÉDIO | SIM |

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|------------------------|-----------------------------------|---|--|---|--|---|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVALIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| MICROBACIA | Deposição de resíduos industriais em decorrência do acidente ambiental proveniente do rompimento da barragem de Fundão em 2015 | CATASTRÓFICO | NÃO | Não foram identificadas medidas de controle | SIM | Elaboração do plano de Emergência | NÃO | Esse risco não possui controle operacional, são adotadas medidas emergenciais caso ocorra | CATASTRÓFICO | SIM |
| MICROBACIA | Fábrica com tanques de produto químico desativada | CATASTRÓFICO | NÃO | Não foram identificadas medidas de controle | SIM | Elaboração do plano de Emergência | NÃO | Esse risco não possui controle operacional, são adotadas medidas emergenciais caso ocorra | CATASTRÓFICO | SIM |
| CAPTAÇÃO RIO | Acesso fácil de animais e pessoas no ponto de captação | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Melhoria da cerca ao entorno da captação, melhoria no portão de acesso e colocação de cadeado | SIM | Risco estabilizado | MÉDIO | SIM |
| CAPTAÇÃO RIO | Efluentes da lavagem das unidades desaguadas na captação | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Requer investimentos, risco inserido no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | MÉDIO | NÃO |

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---|--|--|--|--------------------|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVALIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| POÇO ARTESIANO | Não cumprimento do Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (PIPS) - Raio de dez metros, conforme Lei Estadual 6.295/2000 | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Poço artesiano desativado | SIM | Risco estabilizado | BAIXO | NÃO |
| POÇO ARTESIANO | Existência de outro poço artesiano próximo a fonte de captação | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Poço artesiano desativado | SIM | Risco estabilizado | BAIXO | NÃO |
| LABORATÓRIO | Aparelhos analíticos de bancada sem calibração | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Equipamentos substituídos e implantado na ETA a carta controle de calibração e verificação | SIM | Risco estabilizado | BAIXO | SIM |
| LABORATÓRIO | Inexistência de aparelho analítico para análise de alumínio | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Adquirido o equipamento de análise de alumínio, além de receberem treinamento | SIM | Risco estabilizado | BAIXO | NÃO |

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---|--|--|---|---|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVLIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| ESTRUTURA | Fácil acesso de moradores na ETA | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Feito muro em volta da ETA, trocado portão e fechaduras, em andamento instalação de alarme e câmeras | SIM | Risco estabilizado | MÉDIO | NÃO |
| OPERAÇÃO | Operador não qualificado para operação do sistema | CATASTRÓFICO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Realizados treinamentos com os operadores | SIM | Os operadores estão sendo treinados constantemente | MÉDIO | SIM |
| OPERAÇÃO | Terceirização da mão de obra do operador - inexistência de mão de obra qualificada disponível | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | MUITO ALTO | NÃO |
| OPERAÇÃO | Funcionamento da operação da ETA menor do que a demanda do abastecimento | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Mudança no horário de operação | SIM | ETA aumentou o tempo de funcionamento para 24 horas | BAIXO | NÃO |
| PRÉ TRATAMENTO | Existência de precursores de subprodutos organoclorados na água bruta e dosagem de cloro na pré | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Substituição do cloro gás por peróxido de hidrogênio | SIM | Risco Equalizado | MÉDIO | SIM |

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---|--|--|--|---|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVALIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| COAGULAÇÃO | Inexistência do equipamento de Jarteste na ETA, sem controle de dosagem do coagulante | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Adquirido equipamento de jarteste, além de receberem treinamento do uso | SIM | Implantado o ensaio de tratabilidade na ETA | BAIXO | SIM |
| COAGULAÇÃO | Estação funcionando no "automático" o operador não altera a dosagem do coagulante em função da qualidade da água bruta ou quando a vazão muda | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Realizada alteração do sistema de tratamento e treinamento com os operadores | SIM | O operador foi treinado a controlar a dosagem dos produtos químicos conforme ensaio de tratabilidade e mudança de vazão | BAIXO | NÃO |
| COAGULAÇÃO | Ausência de ensaios para estabelecimento de concentração, pH e dosagem ótima | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Operadores treinados a realizarem os ensaios de tratabilidade | SIM | Os operadores receberam treinamento para realizarem o controle da dosagem | BAIXO | SIM |
| COAGULAÇÃO | Diluição do coagulante realizada sem critério | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Operadores treinados a realizarem os ensaios de tratabilidade | SIM | Os operadores receberam treinamento | BAIXO | SIM |
| COAGULAÇÃO | Ponto de aplicação do coagulante inadequado | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Realizada mudança do ponto de dosagem do coagulante | SIM | Ponto de dosagem realocado no local correto | BAIXO | NÃO |

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|------------------------|-----------------------------------|---|--|---|--|--|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVALIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| FLOCULAÇÃO | Intervalo de tempo excessivo entre as operações de limpeza do floculador | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Criado cronograma de limpeza das unidades | SIM | Criado cronograma de limpeza com periodicidade quinzenal | MÉDIO | SIM |
| FLOCULAÇÃO | Ausência de tratamento do lodo do floculador | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | ALTO | NÃO |
| DECANTAÇÃO | Intervalo de tempo excessivo entre as operações de limpeza | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Criado cronograma de limpeza das unidades | SIM | Realizado a limpeza das unidades conforme cronograma | BAIXO | SIM |
| DECANTAÇÃO | Ausência do monitoramento da qualidade da água (análises laboratoriais) | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Instalado ponto de monitoramento e as análises são realizadas a cada duas horas | SIM | Criado procedimento e instalado pontos de monitoramento na ETA | BAIXO | SIM |
| DECANTAÇÃO | Ausência de tratamento do lodo do decantador | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | ALTO | NÃO |

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---|--|--|--|---|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVALIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| FILTRAÇÃO | Carreira de filtração excessiva, ultrapassa 60 horas | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | O filtro está sendo monitorado e a corrida máxima estabelecida é de 48 horas | SIM | Estabelecido procedimento de lavagem e limite máximo de corrida | BAIXO | SIM |
| FILTRAÇÃO | Lavagem dos filtros sem critérios com tempo insuficiente | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Após avaliação do filtro, estabelecido mínimo 12 minutos de lavagem | SIM | Estabelecido procedimento de lavagem dos filtros | MÉDIO | SIM |
| FILTRAÇÃO | Ausência de monitoramento da qualidade da água individual dos filtros | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Instalado ponto de monitoramento | SIM | Monitoramento realizado com frequência | BAIXO | SIM |
| FILTRAÇÃO | Ausência de tratamento da água de lavagem dos filtros | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | ALTO | NÃO |
| FILTRAÇÃO | Água filtrada sem proteção (filtro ascendente sem tapagem) | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | MUITO ALTO | NÃO |

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---|--|---|--|--|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVALIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| DESINFECÇÃO | Ausência de sistema de dosagem alternativo, o sistema pare o funcionamento | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Instalado sistema de dosagem de cloro a seco | SIM | Risco estabilizado | BAIXO | NÃO |
| DESINFECÇÃO | Não é possível alterar a dosagem da desinfecção sem alterar a dosagem do cloro na pré, os dois são interligados | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Realizada mudança na tubulação de dosagem do cloro, sendo retirado o cloro da pré | SIM | Risco estabilizado | BAIXO | NÃO |
| DESINFECÇÃO | Água utilizada no sistema de cloração vem do reservatório elevado, quando o reservatório fica com nível baixo, não é formado o hipoclorito, o sistema fica sem dosagem de cloro | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Instalado reservatório para uso exclusivo do sistema de cloração | SIM | Risco estabilizado | BAIXO | NÃO |
| RESERVAÇÃO | Reservação insuficiente | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | ALTO | NÃO |
| RESERVAÇÃO | Ausência de limpeza dos reservatórios | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Realizada limpeza e criado cronograma de limpeza do reservatório | SIM | Realizado a limpeza das unidades conforme cronograma | BAIXO | SIM |

| MEDIDAS DE CONTROLES | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---|--|--|---|---|--------------------|------------------|
| IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS | | | MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO | | IMPLANTAÇÃO DE NOVAS MEDIDAS DE CONTROLE | | REAVLIAÇÃO DOS RISCOS APÓS MEDIDA DE CONTROLE | | | |
| COMPONENTE | EVENTO PERIGOSO | CLASSIFICAÇÃO DO RISCO | A MEDIDA DE CONTROLE É EFICIENTE? | | HOUVE MUDANÇA NA MEDIDA DE CONTROLE | MEDIDA DE CONTROLE IMPLANTADA OU MODIFICADA | HOUVE MUDANÇA NA CLARIFICAÇÃO DO RISCO | MOTIVO | NOVA CLASSIFICAÇÃO | RISCO MONITORADO |
| | | | SIM/NÃO | JUSTIFICATIVA | SIM/NÃO | | SIM/NÃO | | RESULTADO | SIM/NÃO |
| DISTRIBUIÇÃO | Negligência nas operações de manutenção e limpeza da rede | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Criado procedimento operacional para limpeza após manutenção das redes | SIM | Realizado procedimento operacional conforme orientado | MÉDIO | SIM |
| DISTRIBUIÇÃO | Formação de Biofilme na rede de distribuição | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | ALTO | NÃO |
| DISTRIBUIÇÃO | Situações em que as tubulações fiquem vazias ou despressurizadas | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | SIM | Desenvolvido o sistema de PED na EAT | SIM | Diminuição nos casos de despressurização da rede | MÉDIO | SIM |
| DISTRIBUIÇÃO | Turbidez e cor acima do limite permitido | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Criar plano de descargas periódicas | NÃO | Risco equalizado | MÉDIO | SIM |
| DISTRIBUIÇÃO | Rede construída com material impróprio e precário estado da tubulação | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | ALTO | NÃO |
| DISTRIBUIÇÃO | Pontos de descarga não atendem toda a rede de distribuição | MUITO ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | MUITO ALTO | NÃO |
| POPULAÇÃO | Alta rejeição da água do sistema de abastecimento | ALTO | NÃO | não foram identificadas medidas de controle | NÃO | Risco tratado no plano de melhorias | NÃO | Risco não tratado | MUITO ALTO | NÃO |

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

A Figura 38 apresenta algumas das melhorias realizadas no sistema, que contribuíram para reclassificação dos riscos.

Figura 38 – Algumas das evidências das melhorias realizadas no sistema de tratamento de Vila do Riacho

Troca da Válvula de Pé no reservatório



Substituição do cloro na pré pelo peróxido



Reforma das unidades da ETA



Instalação da telemetria



Construção do Tanque de Conteção dos Produtos químicos



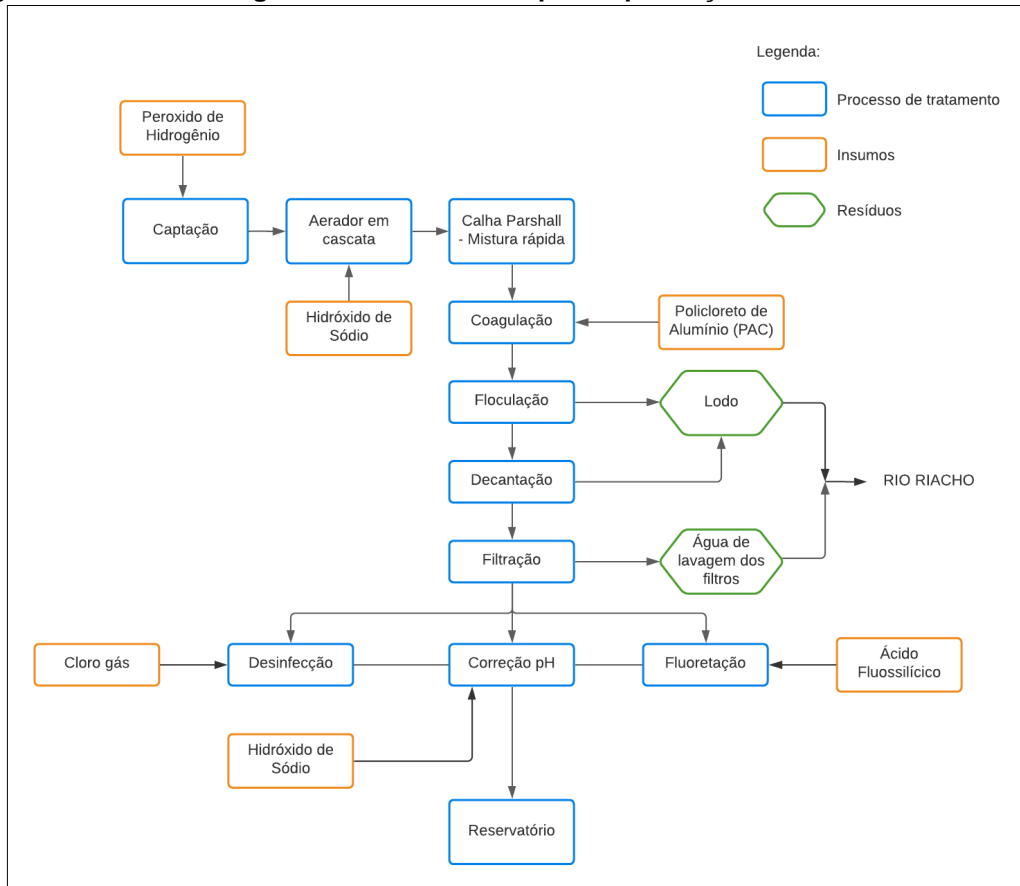
Reforma do Laboratório



Fonte: Autor, 2021

Com as melhorias realizadas no sistema, o fluxograma da ETA sofreu alteração e seu fluxograma foi atualizado, novos insumos foram implantados e alguns retirados (Figura 39).

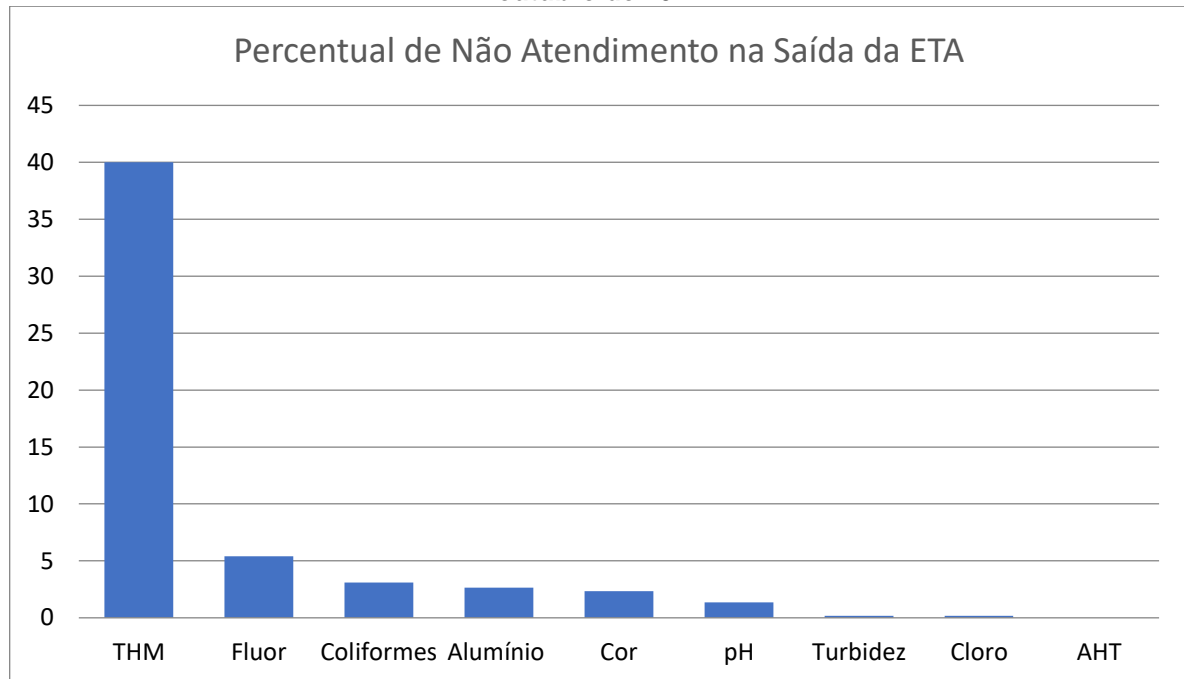
Figura 39 – Novo fluxograma de tratamento após implantação das medidas de controle



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

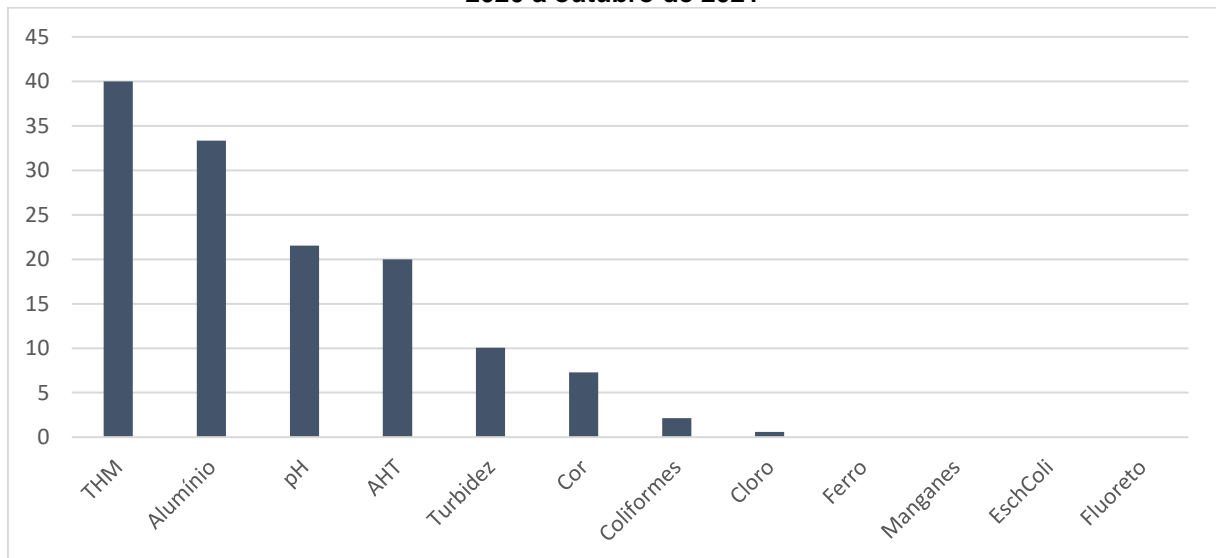
Outra maneira de avaliar as melhorias da qualidade da água produzida, são os resultados analíticos da ETA, após a implantação das medidas de controle. O Gráfico 07, demonstra a qualidade da água produzida na ETA Vila do Riacho, no período de setembro de 2020 a outubro de 2021, comprovando a evolução na qualidade com o passar do tempo em que as melhorias foram sendo realizadas.

Gráfico 07 – Percentual de não atendimento na saída da ETA no período de setembro de 2020 a outubro de 2021



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

Gráfico 08 - Percentual de não atendimento na rede de distribuição no período de setembro de 2020 a outubro de 2021



Avaliando os gráficos 7 e 8, conclui-se que as medidas de controle estão sendo eficazes para o tratamento, destacando o parâmetro de alumínio e AHT na água tratada, que diminuíram drasticamente em relação aos resultados anteriores. Já os eventos perigosos da rede de distribuição, ainda requerem melhorias, uma vez que, estes eventos tiveram maior dificuldade na implantação de medidas de controle, por demandarem estudos, projetos e investimentos altos, assim, foram inseridos no plano

de melhorias. Outro ponto que está sendo trabalhado na empresa, é o estudo da remoção de THM nos sistemas, que apesar da troca do oxidante ainda tem resultados acima do limite estabelecido pela portaria.

5.6 PLANO DE MELHORIA

O plano de melhoria foi desenvolvido em forma de plano de ação e relatório técnico para ser apresentado para a empresa. De forma a auxiliar os gestores no indicativo de melhorias no processo de tratamento em cumprimento das metas de universalização da Lei nº 14.026/2020. O Quadro 19, destaca os riscos que precisam do plano de melhorias para serem reduzidos ou controlados, nesse ponto todos os riscos que precisam de melhoria foram apontados, independente da classificação. Além da planilha de melhorias, foi entregue a empresa um relatório técnico informando todo o trabalho feito pela equipe do PSA. Esse relatório, por conter dados confidenciais da empresa, não foi liberado para publicação.

Quadro 19- Planilha Plano de Melhorias

| PLANO DE MELHORIAS | | | | | | |
|-----------------------|--|---|---|--|--|-----------------------------|
| COMPONENTE DO SISTEMA | EVENTO PERIGOSO | MEDIDA DE CONTROLE (MC) PROPOSTA | TEMPO PREVISTO PARA O CUMPRIMENTO DA MC | | | RESPONSÁVEIS PELA MC |
| | | | CURTO PRAZO | MÉDIO PRAZO | LONGO PRAZO | |
| MICROBACIA | Deposição de resíduos industriais em decorrência do acidente ambiental proveniente do rompimento da barragem de Fundão em 2015 | Construção do sistema de gradeamento no canal de captação e melhorias no canal de captação de modo a evitar entrada de poluentes no canal | Instalação de um crivo na tubulação | Desenvolvimento do projeto definitivo | Construção do sistema de gradeamento | Operação / Projeto /Direção |
| MICROBACIA | Fábrica com tanques de produto químico desativada | | | | | |
| CAPTAÇÃO RIO | Inexistência de obstáculos a sólidos grosseiros (gradeamento) | | | | | |
| CAPTAÇÃO RIO | Captação recebe efluentes sem tratamento adequado provenientes da limpeza das unidades de tratamento da ETA | Construção do sistema de tratamento de resíduos | Desviar o descarte dos resíduos para o Rio | Desenvolvimento do projeto definitivo | Construção do sistema de tratamento dos resíduos | Operação / Projeto /Direção |
| FLOCULAÇÃO | Ausência de tratamento do lodo do floculador | | | | | |
| DECANTAÇÃO | Ausência de tratamento do lodo do decantador | | | | | |
| FILTRAÇÃO | Ausência de tratamento da água de lavagem dos filtros | | | | | |
| RESERVAÇÃO | Reservação insuficiente | Estudo de viabilidade para construção de mais unidades de tratamento ou aumento da reservação/melhoria nas redes de distribuição | Programar pequenas limpezas no período de menor consumo e aumentar a reservação com caixas d'água de 25000 litros | Realizar o estudo | Adequação do sistema conforme estudo | Operação / Projeto /Direção |
| OPERAÇÃO | Inexistência de unidade secundárias do tratamento, ocasionando paralização do sistema para limpeza das unidades | | | | | |
| OPERAÇÃO | Terceirização da mão de obra do operador - inexistência de mão de obra qualificada disponível | Investimento em cursos qualificantes e contratação de técnicos especializados | Treinamentos constantes para os operadores contratados | Realizar contrato ou parcerias com instituições para formação de mão de obra | Exigir nos contratos mão de obra qualificada | Operação/Direção |

| PLANO DE MELHORIAS | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
| COMPONENTE DO SISTEMA | EVENTO PERIGOSO | MEDIDA DE CONTROLE (MC) PROPOSTA | TEMPO PREVISTO PARA O CUMPRIMENTO DA MC | | | RESPONSÁVEIS PELA MC |
| | | | CURTO PRAZO | MÉDIO PRAZO | LONGO PRAZO | |
| FILTRAÇÃO | Insatisfatória conservação dos registros/válvulas e estruturas de controle de vazão de água de lavagem e de água filtrada | Troca das válvulas manuais por elétricas para controle melhor da vazão, instalação de supervisorio para controle remoto | Levantamento de demanda e preparação da licitação | Compra das válvulas e de empresa para criação do supervisorio | Instalação e adequação do sistema | Operação/Manutenção Eletromecânica /Direção |
| FILTRAÇÃO | Água filtrada sem proteção (filtro ascendente sem tapagem) | Instalação de tampas no filtro | Estudo do melhor material para cobertura dos filtros | Projeto e orçamento | Compra e instalação das tampas | Operação/Direção |
| DISTRIBUIÇÃO | Perda de água na rede de distribuição | Estudo de melhorias da rede de distribuição | Investigação de vazamentos e pontos vulneráveis | Estudo/projeto macro de regionalização e melhorias na rede | Instalação e adequação do sistema | Distribuição/ Projeto /Direção |
| DISTRIBUIÇÃO | Formação de Biofilme na rede de distribuição | troca de tubulação, criação do plano de descargas periódicas, desinfecção na rede e estudo com produtos para eliminação do problema | Identificação dos trechos de rede com o problema | Orçamento e compra dos materiais | Substituição dos trechos | Distribuição/ Projeto /Direção |
| DISTRIBUIÇÃO | Rede construída com material impróprio e precário estado da tubulação | Substituição dos pontos de rede com o material inadequado | Identificação dos trechos de rede com o problema | | | Distribuição/ Projeto /Direção |
| DISTRIBUIÇÃO | Pontos de descarga não atendem toda a rede de distribuição | Instalação de mais pontos de descargas na rede de distribuição | Avaliação dos melhores pontos para a instalação das descargas | Execução do projeto | Monitoramento dos pontos, avaliando a eficiência dos mesmos | Distribuição/ Projeto /Direção |
| POPULAÇÃO | Alta rejeição da água do sistema de abastecimento | Campanha de conscientização e apresentação das melhorias realizadas | Criar campanha de conscientização e realização de visitas a ETA | Pesquisa de satisfação | Trabalho contínuo | Relações com a Comunidade/Operação |

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

5.7 MONITORAMENTO OPERACIONAL

A etapa do monitoramento operacional é muito importante para avaliação da eficácia do PSA, uma vez que, possibilita o controle de riscos e das metas estabelecidas com o uso de parâmetros de monitoramento e de ações corretivas. Nessa pesquisa, foram selecionados como prioritários oito pontos de monitoramento, apresentados no Quadro 20.

O monitoramento do sistema com base em limites estabelecidos pela equipe, de acordo, permitirá determinar se os perigos estão sob controle ou se foram ultrapassados indicando a ocorrência de um “incidente”. Um “incidente” seria qualquer situação ou desvio em que haja razão para suspeitar que a água a ser fornecida a população pode tornar-se insegura, exigindo o estabelecimento de ações corretivas ou mesmo ações urgentes, incluindo a notificação das autoridades locais.

Complementando a definição dos parâmetros de monitoramentos, nesta fase, foram estabelecidos os pontos de amostragem e a frequência de análises em função do perigo associado e o tempo de resposta de uma eventual ação corretiva.

Quadro 20 – Planilha Monitoramento Operacional

| MONITORAMENTO OPERACIONAL | | | | | | | | |
|---------------------------|--|---|--------------------------------|----------------------------|-------------------|---|---------------------|---|
| COMPONENTE DO SISTEMA | EVENTO PERIGOSO | LIMITE CRÍTICO ESTABELECIDO | PLANO DE AÇÃO | | | | | MEDIDA DE CORREÇÃO |
| | | | O QUE MONITORAR | ONDE | PERIODICIDADE | COMO FAZER | RESPONSÁVEL | |
| MICROBACIA | Presença de substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo (alumino, ferro e manganês). | Alumínio acima de 0,20 | Alumínio na água bruta | Laboratório | A cada duas horas | Análise laboratorial | Operador | Aplicação da pré alcalinização, dificuldade acionar a supervisão |
| MICROBACIA | Há mudanças repentinas de cor e turbidez na água bruta, quando se produzem variações climáticas e sazonais devido às chuvas. | Cor acima de 350,0 e turbidez acima de 45,0 | Cor e turbidez da água tratada | Laboratório | A cada duas horas | Análise laboratorial | Operador | Adequação do tratamento conforme teste de tratabilidade, dificuldade acionar a supervisão |
| MICROBACIA | Presença de criação de gado e cavalo ao longo da microbacia | Turbidez na saída do filtro acima de 0,5 | Turbidez água filtrada | Laboratório | A cada duas horas | Análise laboratorial | Operador | Adequação do tratamento conforme teste de tratabilidade e fazer a lavagem do filtro, dificuldade acionar a supervisão |
| LABORATÓRIO | Aparelhos analíticos de bancada sem calibração | Carta controle com 4 resultados acima do estabelecido | Todos os equipamentos | Laboratório | A cada duas horas | Preenchimento da carta controle | Operador | Avisar ao supervisor solicitando a troca do equipamento |
| OPERAÇÃO | Operador não qualificado para operação do sistema | Resultados de operação fora padrões da Portaria GM/MS n. 888/2021 | Resultados da operação | Dados da operação | Diariamente | Avaliação dos resultados analíticos e relatórios operacionais | Supervisor | Identificar possíveis erros e treinar novamente o operador |
| PRÉ TRATAMENTO | Existência de precursores de subprodutos organoclorados na água bruta e dosagem sem controle na dosagem de cloro | Padrão da portaria Portaria GM/MS n. 888/2021 | THM na água produzida | ETA e rede de distribuição | Bimestral | Análise laboratorial | Laboratório central | Adequação da dosagem do oxidante |
| RESERVAÇÃO | Ausência de extravaiador | Nível máximo 90% | Nível do Reservatório | Régua de nível | A cada duas horas | Avaliação visual | Operador | Redução da vazão ou paralização do tratamento |
| DISTRIBUIÇÃO | Situações em que as tubulações fiquem vazias ou despressurizadas | Pressão abaixo de 3MCA | Pressão de saída | EAT | A cada duas horas | Avaliação visual | Operador | Avaliação do problema e comunicar ao supervisor |

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

6. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho indicaram que o PSA é uma ferramenta essencial para auxiliar ao gestor do sistema de abastecimento de água nas tomadas de decisões para a melhoria, adequação e monitoramento da qualidade e continuidade do abastecimento da água, pois permite conhecer, de forma aprofundada, os problemas que ocorrem ou que podem vir a ocorrer, de forma a identificar perigos, caracterizar riscos, monitorá-los e estabelecer medidas preventivas a curto, médio e longo prazo. Ou seja, é uma ferramenta que proporciona ao gestor planejar e executar assertivamente o dano que esteja trazendo ou possa vir ocasionar ao sistema e principalmente a saúde da população. Assim, a ferramenta do PSA pode ser usada tanto para sistemas construídos, como para os que estão sendo projetados, avaliando, nesses casos os mananciais e adequando o estilo do tratamento aos desafios que podem ser enfrentados de acordo com a característica da região onde será implantada a ETA.

O andamento dessa pesquisa demonstrou que com a identificação dos eventos perigosos e as medidas de controle estabelecidas, foi possível adequar o sistema e realizar pequenas melhorias operacionais. Ao todo, foram identificados 89 riscos, dentre eles, 11 riscos foram classificados como risco muito alto e 30 riscos tiveram a classificação de risco alto e 03 riscos considerados catastróficos. Após identificação e proposta de medidas de controle, no final do primeiro ano de gestão, reduziu-se 75% dos riscos para o nível baixo e alerta, apenas com mudanças na operação. Os demais riscos seguiram para o plano de melhorias, os quais servem para indicar as metas para atendimento da Lei nº 14.026/2020, e alguns instituídos pontos críticos para monitoramento, assim nenhum risco identificado como alto ou muito alto deixou de ser tratado, e os demais monitorados e encaminhados para tratamento.

Como o Brasil passa por um processo de reconstrução no setor de saneamento, com a atualização da Lei nº 14.026/2020 que trata do Novo Marco Legal do Saneamento, onde as empresas podem por meio de licitações aderirem a novos sistemas, o PSA é capaz de nortear o novo gestor a identificar os pontos de melhorias, de modo a atingir e estabelecer as metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento que o Novo Marco exige.

7. RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento do PSA exige elevada demanda de tempo para discussão do método e identificação de perigos, equipe técnica preparada para implantação de novos procedimentos, metodologia de controle de riscos. Sendo assim, recomenda-se que a empresa de saneamento tenha em seu corpo técnico um setor para atuar de forma contínua nos trabalhos do PSA.

É importante que os demais módulos da metodologia do PSA, que abordam a continuidade da verificação e eficácia do plano, sejam implantados. Inclusive a contratação de uma auditoria externa.

Recomenda-se o uso da metodologia das origens dos eventos perigosos, ou seja, a identificação das macrocausas, por ser de suma relevância para orientar a equipe do PSA no estabelecimento das medidas de controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, B. et. al. **Estudos e Mapeamento para Possíveis Intervenções Urbanas na Vila de Santa Cruz-Aracruz-ES.** Disponível em: < http://www.faacz.com.br/portal/conteudo/iniciacao_cientifica/programa_de_iniciacao_cientifica/2016/anais/estudos_e_mapeamento_para_possiveis_intervencoes_urbanas_na_vila_de_santa_cruz_aracruz_es.pdf >. Acesso em: 3 nov. 2020.

ANA - Agência Nacional De Águas. Outorga nº 786 de 19 de março de 2020. Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos de domínio da União em nome de SUZANO S.A.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. 18 p.

AS/NZS. **Risk Management 4.360:2004.** Sydney, Standards Austrália, Wellington: Standards New Zealand, 30p, 2004.

BARROS, R.T.V.; Chernicaró, C.A.; Héller, L. e Sperling, M. (1995). **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios.** Vol.2. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 221p

BASTOS, R. K. X. **A Norma Brasileira de Qualidade da Água para Consumo Humano em Revisão – Um Convite à Reflexão Sob a Ótica dos Direitos.** Disponível em: < <https://ondasbrasil.org/a-norma-brasileira-de-qualidade-da-agua-para-consumo-humano-em-revisao-um-convite-a-reflexao-sob-a-otica-dos-direitos/> >. Acesso em: 3 nov. 2020.

BARTRAM, J., et. al. **Water Safety Plan Manual: Step-by-Step Risk Management for Drinking-water Suppliers.** World Health Organization, Genebra, Suíça 2009.

BENSOUSSAN, M. D'AVILA et al. **Plano de Segurança da Água: Na Visão de Especialistas.** 1. ed. São Paulo: SETRI, 2015. Disponível em: <<http://planosegurancaagua.com.br/>> . Acesso em: 10 dez. 2020.

BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água.** São Carlos: LDiBe, 2010. p. 868.

BESSAANTUNES, Paulo de; D'OLIVEIRA, Rafael Daudt. Breves considerações sobre o marco regulatório do saneamento básico – Lei nº. 14.026, de 15 de julho de 2020. GenJurídico, São Paulo, 23 jul. 2020. Disponível em: < <http://genjuridico.com.br/2020/07/23/marco-regulatorio-saneamento-basico/>>. Acesso em 10 dez. 2020.

BEZERRA, N. R. ; DANIEL, M.H. ; FERNANDES NETO, M. L ; SILVA, S.A ; MAGALHÃES, M.A ; JINKINGS, Z.F ; COSTA, S. S . Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano no Brasil. Cadernos Saúde Coletiva (UFRJ), v. v, p. 151-156, 2005.

BRAGA, R. J. DE O. Diretrizes para proposição de Planos de Segurança da Água em Sistemas de Abastecimento Municipais Goianos, 2015. Universidade Federal de Goiás.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Água no Mundo**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo/agua-no-mundo>>. Acesso em: 3 abr. 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 8.987. Lei de Concessões, 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências, 1995. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1995/lei-8987-13-fevereiro-1995-349810-normaatualizada-pl.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 11.079. Lei de Parcerias Público-Privadas, 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm>. Acesso em: 15 dez. 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445. Lei do Saneamento Básico, 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 13 dez. 2020.

BRASIL. Lei nº. 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial da União, Brasília, 16 jul. 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acesso em: 13 dez. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il. ISBN 978-85-7346-049-0

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS n. 888, de 04 de maio de 2021. Altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. 2021. Acesso em: 10 jun. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos

e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. BRASIL, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5440.htm>. Acesso em: 8 mar. 2020.

BRASIL. Sistema Único de Saúde. **Plano de Segurança da Água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS**. Brasil, 2012.

BRITTO, A. L.; MAIELLO, A.; QUINTSLR, S. **Water supply system in the Rio de Janeiro Metropolitan Region: open issues, contradictions, and challenges for water access in an emerging megacity**. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 573, p. 1007-1020, 2019.

BUZELLI, G. M. and CUNHA-SANTINO, Marcela B. da. **Diagnosis and analysis of water quality and trophic state of Barra Bonita reservoir, SP**. *Revista Ambient. Água* [online]. 2013, vol.8, n.1, pp.186-205. ISSN 1980-993X. <https://doi.org/10.4136/ambi-água.930>.

CAPELLARI, A; CAPELLARI, M. B. **A água como bem jurídico, econômico e social: A necessidade de proteção das nascentes**. CIDADES, Lisboa, n. 36, p. 83-94, jun. 2018. <http://dx.doi.org/10.15847/citiescommunitiesterritories.jun2018.art06>.

CELI, P., et al. **Plano Local de Habitação de Interesse Social – PLHIS**. Volume Único. Fundação São João Batista. Disponível em: <http://www.aracruz.es.gov.br/arquivos/noticias_arquivos/PLHISA_Diagnostico_unificado_vol_UNICO_7_REVISO_FINAL_FEV.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2020.

CESAN. COMPANHIA DE ESPIRITO SANTENSE DE SANEAMENTO. Plano de Controle Ambiental de Vila do Riacho. 2021. Aracruz-ES: [s.n.].

CÓ, J. L. **Coqueiral de Aracruz-ES, de Bairro-Empresa a Núcleo Satélite**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, Centro De Artes-Programa De Pós-Graduação Em Arquitetura E Urbanismo, 2013.

COUTINHO, José Maria. **Uma História do Povo de Aracruz**. Vol. I. Aracruz: REITEM, 2006.

COSTA, P. I. B. I. p. 121, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente na área de Tecnologias Ambientais). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Faro, 2010.

CONTU, A. et. al. 2005. **Evaluating citizens concern about the quality of their drinking water**. *Rev. Water Science and Technology: Water Supply*, 5. 17-22. 10.2166/ws.2005.0017.

CORRÊA, R. F. M.; VENTURA, K. S. **Plano de Segurança da Água: elaboração de instrumento para análise de risco na captação de água em comunidades rurais**. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, [S.l.], v. 8, n. 57, abr. 2020. ISSN 2318-8472. <http://dx.doi.org/10.17271/2318847285720202087>.

DA SILVEIRA, P. A., & Sartori, P. M. (2017). **A extrafiscalidade e a tributação dos serviços de fornecimento de água potável: possibilidades e alternativas**. *Direito E Desenvolvimento*, 8(2), 38-54. <https://doi.org/10.25246/direitoedesenvolvimento.v8i2.540>

DE'NADAI, A. et al. **PROMISES OF JOBS AND DESTRUCTION OF WORK The case of Aracruz Celulose in Brazil 1**. Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais, 2005. Disponível em: <<http://www.wrm.org.uy>>. Acesso em: 6 nov. 2020.

- DANTAS A. et al. **Experiencias na elaboração de Planos de Segurança da Água no Brasil – Visão da Hidrosan Engenharia**. Revista da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais – Arsae-MG. Vol. 01 – Nº 02 – Julho/Dezembro 2021.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa. Produção de informações, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p. 2018.
- ESPÍRITO SANTO. **Diagnóstico e Prognóstico das Condições de Uso da Água na Região Hidrográfica Litoral Centro-Norte**. 520 P. Vitória: AGERH, 2020. Disponível em: < <https://agerh.es.gov.br/cbh-lcn>>. Acesso em: 31 maio 2021.
- ESPÍRITO SANTOa. **Definição do enquadramento e plano de recursos hídricos da Região Hidrográfica Litoral Centro-Norte**. 149 P. Vitória: AGERH, 2020. Disponível em: < <https://agerh.es.gov.br/cbh-lcn>>. Acesso em: 07 jun. 2021.
- FUNDAÇÃO RENOVA, **Relatório do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano – PMQACH**. Julho/2021
- GUNNARSDOTTIR, M. J. et al. **Benefits of water safety plans: Microbiology, compliance, and public health**. Rev. Environmental Science and Technology, v. 46, n. 14, p. 7782–7789, 2012.
- GRANZIERA, M. L. M. Direito ambiental. São Paulo: Atlas, 2015. xxxvi, 823 p. : il., fot.
- GELTING RJ, DELEA K, Medlin E. **A Conceptual Framework to Evaluate the Outcomes and Impacts of Water Safety Plans**. J Water Sanit Hyg Dev. 2012;22(2):103-111. doi:10.2166/washdev.2012.079
- HAMILTON, et. al. **A commentary on recent water safety initiatives in the context of water utility risk management**. Revista Environment International,32: 958-966, 2006.
- HESPANHOL, I E. **Os Planos de Segurança da Água e Um Novo Paradigma para Normalização**. 2015. Disponível em: <<http://conexaoágua.mpf.mp.br/boletim-das-águas/edicao-2016/artigos-cientificos>>. Acesso em: 15 mar. 2020.
- IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010, Panorama da Cidade – Aracruz - ES**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/aracruz/panorama> >. Acesso em: 03 nov. 2020.
- IJN - INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Indicadores socioeconômicos dos bairros dos municípios do estado do Espírito Santo – Censo demográfico 2010. Vitória, ES, 2012**. Disponível em: < <http://www.ijsn.es.gov.br/component/attachments/download/1621> >. Acesso em: 23 ago. 2020.
- IWA. **The Bonn Charter for Safe Drinking Water**. International Water Association, 2004. Disponível em: < <https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/06/Bonn-Charter-for-Safe-Drinking-Water.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2020.
- KOT, M.; CASTLEDEN, H.; GAGNON, G. A. **The human dimension of water safety plans: A critical review of literature and information gaps**. Revista Environmental Reviews, v. 23, n. 1, p. 24–29, 2015.

- KORFALI, SI, JURDI, M. **Provision of safe domestic water for the promotion and protection of public health: a case study of the city of Beirut**, Líbano. *Revista Environ Geochem Health* **31**, 283 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10653-008-9218-1>
- KUMPEL, K., et. al. **Measuring the impacts of water safety plans in the AsiaPacific region**. *Int. J. Revista Environ. Res. Public Health*, **15**, 1223, 2018.
- LANI, J.L. **Deltas dos Rios Doce e Itapemirim: solos, com ênfase nos tiomórficos, água e impacto ambiental do uso**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 169p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010.
- LUCAS, Luana de Marchi. **Vila do Riacho: Elaboração de um Plano de Ações**. Graduação apresentado ao curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo das Faculdades Integradas de Aracruz, 2017.
- MANCUSO, P. C. S.; SOUZA DE, R. M. G. L. **Princípios e métodos utilizados em Segurança da Água para consumo humano**. In: F. H. B. P. BENSOUSSAN, M. d'Á. & FONSECA (Org.); *Plano de Segurança da Água na visão de especialistas*. 1o ed, p.451, 2015. São Paulo: SETRI.
- MARACCI, M.T. **Apropriação e ressignificação da água pela racionalidade econômica industrial (Espírito Santo – Brasil)**. *Geografares*, [S. l.], n. 8, 2010. DOI: 10.7147/GEO8.1297. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/1297>>. Acesso em: 02 jun. 2021.
- MORENO, J. **Avaliação e gestão de riscos no controle da qualidade da água em redes de distribuição: estudo de caso**. Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.
- MULLENGER, J.; RYAN, G.; HEARN, J. **A water authority's experience with HACCP**. Disponível em: <<https://iwaponline.com/ws/article-pdf/2/5-6/149/407700/149.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2020.
- NETTO, Ricardo; NUNES, André; ALBINO, Jacqueline. **Fishery in the artisanal fishermen community of Santa Cruz / ES – Brazil**. *Boletim do Instituto de Pesca*, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 93-100, june 2018. ISSN 1678-2305. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/Neto>>. Acesso em: 07 nov. 2020.
- NETTO, G. **Planos de Segurança da Água no cenário internacional e nacional**. IV Seminário Internacional de Engenharia de Segurança Pública. 2013. 33 slides. Apresentação em Power Point. Disponível em: <<https://silo.tips/download/planos-de-segurana-da-agua-no-cenario-internacional-e-nacional>>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- NEVES, K.; FARIAS, D. E. **Análise da Metodologia para Implantação do Plano de Segurança da Água em Municípios de Até 50 Mil Habitantes**. Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, 2014.
- OBARA, A. T. et al. **Environmental education for sustainable management of the basins of the rivers Pirapó, Paranapanema III and Parapanema IV**. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 75, n. 4, supl. 2, p. 137-147, Dec. 2015.

O'CONNOR, D.R. **The Walkerton Inquiry - Part 2**. Canadá: Ministry of Health, 2002. ISBN: 0-7794-2621-5.

ONU. Organização Da Nações Unidas. **Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos**. 2020. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

OPAS. Organização Pós-Americana da Saúde. **Curso de autoaprendizagem “Planos de Segurança da Água”**, Organização Mundial da Saúde, 2019.

ORRICO, C. M. B. **A urbanização recente de Aracruz**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.

PÁDUA, V. L. DE; FERREIRA, A. C. DA S. Qualidade da água para consumo humano. In: Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 153-221.

PETERS, E. **Eficiência dos Sistemas Individuais de Tratamento de Esgotos Domésticos Implantados na Área Rural do Município de São Ludgero-Sc**. Assembléia Nacional da Assemae, 2018, Cuiabá-MT. Anais da 49 Assembléia Nacional da Assemae, 2018

PMA - PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACRUZ. Ano 2020. Disponível em: <<http://aracruz.es.gov.br>>. Acesso em: 20 de out de 2020.

RAZZOLINI, M. T. P., & GÜNTHER, W. M. R. (2008). **Impactos na saúde das deficiências de acesso a água**. Ver. Saúde e Sociedade, 17(1), 21-32. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902008000100003>

REBELLO, W. S. **O papel dos canais do DNOS nas várzeas do Riacho (ES): estudo de caso sobre a constituição técnico-científica da configuração territorial capixaba**. 2012. 147 f. Dissertação (Mestrado em Natureza, Técnica e Território) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

ROCHA, L. **Viagem De D. Pedro II Ao Espírito Santo**. 3. Ed. Vitória: Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo; Secretaria de Estado da Cultura do Espírito Santo, 2008.

ROSSO, et.al. **Plano de Segurança da Água: Apoio na Elaboração e Implantação em Autarquia Municipal**, Assembléia Nacional da Assemae, 2016, Jaraguá do Sul. Anais da 46 Assembléia Nacional da Assemae, 2016.

SAAE - SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE ARACRUZ. Ano 2020. Disponível em: < <https://www.saaeara.com.br/> >. Acesso em: 25 de out de 2020.

SAIANI, C. C. S.; RODRIGUES, R. L. **Efeitos fiscais das concessões de serviços de saneamento básico nos municípios brasileiros**. Encontro Nacional de Economia 2020, online. Anais do 48 Encontro Nacional de Economia, 2020.

SILVA, et. al. **Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review**. Journal of Environmental Management, Volume 254, 2020. ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109750>.

SION, A. O. **Necessidade de Investimentos em Infraestrutura para Universalização do Saneamento Básico no Combate a Pandemias: Uma Análise**

do Enfrentamento À Covid-19 à Luz do Novo Marco Legal do Saneamento Básico. Ciências Jurídicas e Sociais - IURJ, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 111-141, 2020. DOI: 10.47595/2675-634X.2020v1i1p111-141. Disponível em: <<https://revista.institutouniversitario.com.br/index.php/cjsiurj/article/view/12>> . Acesso em: 18 dez. 2020.

SHMIEGE D. et. al. **Comparing the German enabling environment for nationwide Water Safety Plan implementation with international experiences: Are we still thinking big or already scaling up?**. International Journal of Hygiene and Environmental Health, Volume 228, 2020, 113553, ISSN 1438-4639, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113553>.

SUMMERILL et. al. 2010. **An international review of the challenges associated with securing “buy-in” for water safety plans within providers of drinking water supplies.** J. Water Health, 8(2): 387–398. doi:10.2166/wh.2010.047. PMID:20154401.

SUS. Sistema Único de Saúde. **Plano de Segurança da Água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS.** Brasil, 2012.

TRAN, Q. K.; JASSBY, D.; SCHWABE, K. A. **The implications of drought and water conservation on the reuse of municipal wastewater: recognizing impacts and identifying mitigation possibilities.** *Water Research*, Amsterdam, v. 124, p. 472-481, 2017.

TSITSIFLI, S., TSOUKALAS, D.S. **Water Safety Plans and HACCP implementation in water utilities around the world: benefits, drawbacks and critical success factors.** *Environ Sci Pollut Res* (2019). <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07312-2>

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 4. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TUROLLA, F. A. **Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas.** Textos para Discussão do IPEA, n. 922, Brasília, 2002.

VARGAS, M. N., 1984- V297a. **Avaliação de risco baseada na metodologia do Plano de Segurança da Água: Estudo de caso da ETA do município de Viana-ES e pontos de captação de água bruta.** 2019.

VAN BREEMEN, N. & HASRMSSEN, M. **Translocation of iron in Acid Sulfate Soils: I. Soil Morphology and Chemistry and Mineralogy in a Chronosequence of Acid Sulfate Soil.** *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:1142- 1148, 1975. <https://doi.org/10.2136/sssaj1975.03615995003900060033x>

VAN BREEMEN, N. & PONS, L. J. **Acid Sulfate Soils and Rice.** In: **Chemical and Electrochemical Changes in Rice Soils.** International Rice Research Institute, Phillipines, 1978, p.739-759. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(94\)00008-0](https://doi.org/10.1016/0144-8609(94)00008-0)

VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; NASCIMENTO, S. G.. **Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guaraú, em São Paulo.** Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 24, n. 1, p. 109-119, Feb. 2019.

VIEIRA, J. M. P.; MORAIS C. **Planos de Segurança da Água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento.** Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Universidade do Minho. Portugal, 2005.

- VIEIRA J. M. P. **Plano de Segurança da Água em Mananciais de Abastecimento de Água para Consumo Humano**. *Journal of Chemical Information and Modeling*, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.
- VIEIRA, J. M. P. **A strategic approach for Water Safety Plans implementation in Portugal**. *Journal of Water and Health*, v. 9, n. 1, p. 107–116, 2011.
- VIEIRA, J.M.P. **Água e Saúde Pública**. Edições Sílabo. Lisboa, 2018.
- VIEIRA, J.M.P. **Curso Internacional de Segurança da Água**. Modalidade on-line | 27-28 Agosto, 2020.
- VILARINHO, E. S., **Solos e indicadores ambientais na região do Canal 2005 Caboclo Bernardo, sul do delta do Rio Doce, ES**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2005.
- WHO (2004). WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-Water Quality**. 3a. edição, Volume 1, World Health Organization, Genebra. 513p. 2004
- WHO (2009). WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water Safety Plan Manual-Step-by-step risk mangement for drinking-water suppliers**. Geneza (Switzerland), 2009, 101 p.
- WHO (2011). WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-water Quality**. Fourth edition, 2011.
- WHO (2017). WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum**, 2017.
- WHO & UNICEF. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines**. Geneva: World Health Organization and the United Nations Children's Fund. 2017.
- WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP, 2012. **The United Nations World Water Development Report 4: managing water under uncertainty and risk**. Paris: UNESCO, 2012.
- ZORZI, L et. al. 2016. **O direito humano de acesso à água potável: uma análise continental baseada nos Fóruns Mundiais da Água**. *Revista Ambiente & Água*, 11 (4), 954-971. <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-água.1861>