



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

BEATRIZ SALES CAVALCANTI NASCIMENTO

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) PARA A ETA  
DE MARÉS - CAGEPA EM JOÃO PESSOA/PB**

JOÃO PESSOA

2022

BEATRIZ SALES CAVALCANTI NASCIMENTO

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) PARA ETA  
DE MARÉS - CAGEPA EM JOÃO PESSOA/PB**

Trabalho Final de Curso apresentado  
à Coordenação do Curso de  
Engenharia Química da  
Universidade Federal da Paraíba  
(Campus I) como requisito parcial  
para obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Química.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vivian Stumpf Madeira

JOÃO PESSOA

2022

BEATRIZ SALES CAVALCANTI NASCIMENTO

ELABORAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) PARA ETA DE  
MARÉS - CAGEPA EM JOÃO PESSOA/PB

Trabalho Final de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Química  
da Universidade Federal da Paraíba como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Química.

APROVADO EM: 17/06/2022

Vivian Stumpf Madeira  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vivian Stumpf Madeira

Liana Filgueira Albuquerque  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Liana Filgueira Albuquerque

Ielena Eulália Matias Cavalcante  
Quím.<sup>a</sup> Ind. Ielena Eulália Matias Cavalcante

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

N244e Nascimento, Beatriz Sales Cavalcanti.

ELABORAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) PARA  
A ETA DE MARÉS - CAGEPA EM JOÃO PESSOA/PB / Beatriz  
Sales Cavalcanti Nascimento. - João Pessoa, 2022.  
61 f. : il.

Orientação: Vivian Stumpf Madeira.  
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Água. 2. Plano de Segurança da Água (PSA). 3.  
Sistema de Abastecimento de Água (SAA). 4. Estação de  
Tratamento de Água (ETA). I. Madeira, Vivian Stumpf.  
II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 66.01(043.2)

À minha avó, Teresinha, que  
me protegeu e continua protegendo,  
lá de cima, nos caminhos que trilho  
em prol dos meus sonhos. Vovó,  
espero que esteja orgulhosa.

## **AGRADECIMENTOS**

Não foi exatamente um caminho fácil até aqui. A universidade é uma parte muito grande da nossa vida, que pode nos consumir ou nos fazer mais fortes. No meu caso, felizmente, foi o segundo. E não seria assim sem o apoio de muitas pessoas.

Primeiro, meus companheiros de curso, amigos que quero levar para a vida toda. Sou muito sortuda por fazer parte de uma turma com pessoas de objetivos tão alinhados com o meu, formando uma união inabalável para cada infortúnio do curso. Não preciso citar os nomes, eles sabem quem são.

E claro, aos meus amigos mais antigos, meu porto seguro, meu suspiro para a sanidade fora da universidade, o EPIKU. Já vivemos altos e baixos, conhecemos o melhor e pior de cada um, e por isso somos mais fortes e garantimos essa força um para o outro.

Não poderia esquecer das pessoas especiais que cruzaram meu caminho na Elfa, Cagepa, e claro, a Projeq e o MEJ. Todas essas foram experiências que me ajudaram a entender mais sobre mim mesma, meus sonhos e meus objetivos. Levo um pouco de todos comigo sempre.

Agradeço a minha orientadora Vivian Stumpf pelo suporte e todas as contribuições para a elaboração do trabalho.

Por fim, não menos importante, muito pelo contrário, minha família. Minha avó, Teresinha, agora nos céus me guiando, que sempre garantiu todo o conforto necessário para me dedicar aos estudos e estar aqui agora (Vó, me forme! – Queria que estivesse aqui para ver). Meu irmão, Ryan, quase que antagônicos, mas sempre se fez presente quando precisei. E claro, a melhor parte mim, ela que cuida, ampara, guia e me fortalece. A minha mãe, Vanicleide, a minha maior inspiração, por quem eu irei conquistar o mundo e ser a minha melhor versão todo dia, assim como ela é.

*“Vai. E, se der medo, vai com medo mesmo.  
Se joga! Você recebe da vida aquilo que tem  
coragem de pedir.”*

*(Alpheu Mattos)*

## RESUMO

Conforme aumentam-se as discussões sobre o nosso mais precioso bem natural – a água, fica cada vez mais evidente a preocupação com a qualidade e segurança desse recurso ofertado aos consumidores. Assim, destaca-se a ferramenta do Plano de Segurança da Água (PSA) desenvolvida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que permite a avaliação e gerenciamento preventivo de riscos à saúde, associados aos sistemas de abastecimento de água (SAA), desde a captação até a torneira do consumidor. Uma alternativa relativamente recente e que, no Brasil, ganhou força com a atualização da Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde, a qual 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. O presente estudo teve como objetivo descrever a construção e implementação de um PSA na Estação de Tratamento de Água (ETA) do sistema Marés, da CAGEPA, em João Pessoa, Paraíba. Em síntese, o desenvolvimento do PSA foi dividido em três etapas. A primeira teve por finalidade realizar a avaliação dos riscos, identificando todos os eventos perigosos e perigos do processo. A segunda etapa compreendeu a criação dos planos de ação e delimitação de limites críticos para as fases do tratamento. Na terceira etapa, por fim, deu-se a criação do Plano de Emergência e Contingência (PEC). O desenvolvimento deste trabalho foi essencial para o entendimento prático da ETA, e do SAA no geral, reconhecendo seu potencial, bem como suas limitações e deficiências.

**Palavras-chave:** Água, Plano de Segurança da Água (PSA), Sistema de Abastecimento de Água (SAA), Estação de Tratamento de Água (ETA).

## ABSTRACT

As discussions about our most precious natural asset – water – increase, the concern with the quality and safety of this resource offered to consumers becomes increasingly evident. Thus, the Water Safety Plan (WSP), tool developed by the World Health Organization (WHO) is highlighted, which allows the assessment and preventive management of health risks associated with water supply network, from the source to the consumer's tap. A relatively recent alternative that, in Brazil, gained strength with the update of Ordinance GM/MS nº 888/2021 of the Ministry of Health, which introduces the possibility for the public health authority to demand from those responsible for water collective supply systems and solutions, the elaboration and implementation of the WSP. The present study aims to describe the construction and implementation of a WSP in the Water Treatment Plant of the Marés system, from CAGEPA, in João Pessoa, Paraíba. In summary, the development of the WSP was divided into three stages. The first was intended to carry out a risk assessment, identifying all hazardous events and process hazards. The second stage comprised the creation of action plans and the delimitation of critical limits for the treatment phases. Finally, in the third stage, the Emergency and Contingency Plan was created. The development of this work was essential for the practical understanding of the Water Treatment Plant, and the system in general, recognizing its potential, as well as its limitations and deficiencies.

**Keywords:** Water, Water Safety Plan (WSP), Water Supply Network, Water Treatment Plant.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Etapas de Desenvolvimento do PSA.....                       | 23 |
| Figura 2 – Visão inferior (a) e superior (b) da Barragem de Marés..... | 25 |
| Figura 3 – Floculadores (a) e Decantadores (b) da ETA de Marés.....    | 25 |
| Figura 4 – Filtros (a) e Cilindros de cloro (b) da ETA de Marés.....   | 25 |
| Figura 5 – Manancial e Captação.....                                   | 26 |
| Figura 6 – Diagrama de Fluxo do SAA.....                               | 27 |
| Figura 7 - Fluxograma de Captação.....                                 | 27 |
| Figura 8 – Fluxograma da ETA.....                                      | 28 |
| Figura 9 – Fluxograma de Mistura Rápida e Coagulação.....              | 28 |
| Figura 10 – Fluxograma de Floculação.....                              | 28 |
| Figura 11 – Fluxograma de Decantação.....                              | 29 |
| Figura 12 – Fluxograma de Filtração.....                               | 29 |
| Figura 13 – Fluxograma de Desinfecção.....                             | 29 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Simbologia do Fluxograma.....                                             | 19 |
| Quadro 2 - Mapeamento do Sistema de Abastecimento de Água do Manancial a ETA....     | 24 |
| Quadro 3 – Escala de Probabilidade de Ocorrência.....                                | 30 |
| Quadro 4 – Escala de Severidade das Consequências.....                               | 31 |
| Quadro 5 - Matriz semiquantitativa de priorização de risco (Score).....              | 31 |
| Quadro 6 – Classificação do Intervalo de Tempo.....                                  | 31 |
| Quadro 7 (Parte 1) - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Captação/Adução).. | 32 |
| Quadro 8 (Parte 2) - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Captação/Adução).. | 33 |
| Quadro 9 - Medidas de Controle para os Riscos Existentes na Captação.....            | 33 |
| Quadro 10 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Coagulação/Floculação)..... | 34 |
| Quadro 11 - Medidas de Controle para os Riscos Existentes na Coagulação.....         | 35 |
| Quadro 12 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Decantação).....            | 35 |
| Quadro 13 - Medidas de Controle para os Riscos Existentes na Decantação.....         | 36 |
| Quadro 14 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Filtração).....             | 36 |
| Quadro 15 - Medidas de Controle para os Riscos Existentes na Filtração.....          | 37 |
| Quadro 16 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Desinfecção).....           | 37 |
| Quadro 17 - Medidas de Controle para os Riscos Existentes na Desinfecção.....        | 38 |
| Quadro 18 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Registro de Dados).....     | 38 |
| Quadro 19 - Medidas de Controle para os Riscos Existentes no Registro De Dados.....  | 38 |
| Quadro 20 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Laboratório).....           | 39 |
| Quadro 21 - Medidas de Controle para os Riscos Existentes no Laboratório.....        | 39 |
| Quadro 22 (Parte 1) – Ficha de Gestão de Projetos (Captação/Adução).....             | 41 |
| Quadro 23 (Parte 2) – Ficha de Gestão de Projetos (Captação/Adução).....             | 42 |
| Quadro 24 (Parte 1) – Ficha de Gestão de Projetos (Coagulação e Floculação).....     | 43 |
| Quadro 25 (Parte 2) – Ficha de Gestão de Projetos (Coagulação e Floculação).....     | 44 |
| Quadro 26 – Ficha de Gestão de Projetos (Decantação).....                            | 45 |
| Quadro 27 – Ficha de Gestão de Projetos (Filtração).....                             | 46 |
| Quadro 28 – Ficha de Gestão de Projetos (Desinfecção).....                           | 47 |
| Quadro 29 – Ficha de Gestão de Projetos (Registro de Dados).....                     | 47 |
| Quadro 30 - Ficha de Gestão de Projetos (Laboratório).....                           | 48 |
| Quadro 31 – Ficha de Gestão de Rotina (Captação/Adução).....                         | 50 |
| Quadro 32 – Ficha de Gestão de Rotina (Coagulação e Floculação).....                 | 51 |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 33 – Ficha de Gestão de Rotina (Decantação).....                                    | 52 |
| Quadro 34 – Ficha de Gestão de Rotina (Filtração).....                                     | 53 |
| Quadro 35 – Ficha de Gestão de Rotina (Desinfecção).....                                   | 54 |
| Quadro 36 – Ficha de Gestão de Rotina (Registro de Dados).....                             | 54 |
| Quadro 37 – Ficha de Gestão de Rotina (Laboratório).....                                   | 55 |
| Quadro 38 - Pontos vulneráveis identificados no PEC.....                                   | 56 |
| Quadro 39 - Plano de Ação - Estiagem/ Ponto Vulnerável: Manancial/Captação.....            | 57 |
| Quadro 40 - Plano de Ação - Contaminação/ Ponto Vulnerável:<br>Manancial/Captação/ETA..... | 57 |
| Quadro 41 - Plano de Ação - Falta de Energia/Ponto Vulnerável: EEAB/EEAT.....              | 58 |
| Quadro 42 - Plano de Ação - Rompimentos/ Ponto Vulnerável: Adutoras.....                   | 58 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**AB** Água Bruta

**ACM** Assessoria de Comunicação e Marketing

**AESA** Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

**ANA** Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

**APPCC** Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle

**AT** Água Tratada

**CAGEPA** Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

**CCO** Controle e Comando de Operações

**DOM** Diretoria de Operação e Manutenção

**EEAT** Estação Elevatória de Água Tratada

**ETA** Estação de Tratamento de Água

**GECQ** Gerência de Controle de Qualidade

**GEGE** Gerência de Gestão de Energia

**GEMA** Gerência de Meio Ambiente

**GRLI** Gerência Regional do Litoral

**OMS** Organização Mundial da Saúde

**PEC** Plano de Emergência e Contingência

**PCC** Pontos Críticos de Controle

**POP** Procedimento Operacional Padrão

**PSA** Plano de Segurança da Água

**SAA** Sistema de Abastecimento da Água

**SALI** Subgerência de Manutenção de Água do Litoral

**SMLI** Subgerência de Microrregiões do Litoral

**SSLI** Subgerência de Suporte Administrativo do Litoral

**STLI** Subgerência de Tratamento e Controle de Qualidade do Litoral

## SUMÁRIO

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                      | <b>15</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                                                       | <b>17</b> |
| <b>2.1 Objetivo Geral .....</b>                                                                | <b>17</b> |
| <b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>                                                          | <b>17</b> |
| <b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                                                           | <b>18</b> |
| <b>3.1 Controle de Qualidade .....</b>                                                         | <b>18</b> |
| <b>3.2 Ferramentas para controle e melhoria da qualidade.....</b>                              | <b>19</b> |
| 3.2.1 Fluxograma .....                                                                         | 19        |
| 3.2.2 Princípio de Múltiplas Barreiras .....                                                   | 20        |
| 3.2.3 Boas Práticas .....                                                                      | 20        |
| 3.2.4 APPCC .....                                                                              | 20        |
| 3.2.5 Matriz de Risco .....                                                                    | 21        |
| 3.2.6 5W2H .....                                                                               | 21        |
| <b>4 METODOLOGIA .....</b>                                                                     | <b>22</b> |
| <b>5 RESULTADOS &amp; DISCUSSÃO.....</b>                                                       | <b>24</b> |
| <b>5.1 ETAPA 1 – Avaliação do Sistema de Abastecimento de Água.....</b>                        | <b>24</b> |
| 5.1.1 Mapeamento do Sistema de Abastecimento de Água .....                                     | 24        |
| 5.1.2 Construção e Validação do Diagrama de Fluxo e Fluxograma.....                            | 26        |
| 5.1.3 Identificação dos Perigos, Eventos Perigosos, Caracterização e Priorização de Risco..... | 30        |
| <b>5.2 ETAPA 2 – Definição de Medidas de Controle e Monitoramento Operacional.....</b>         | <b>40</b> |
| 5.2.1 Medidas de Controle Gerenciais (G).....                                                  | 40        |
| 5.2.2 Medidas de Controle Operacionais (O).....                                                | 49        |
| <b>5.3 ETAPA 3 – Gestão do PSA.....</b>                                                        | <b>56</b> |
| 5.3.1 Plano de Emergência e Contingência (PEC).....                                            | 56        |
| <b>6 CONCLUSÃO .....</b>                                                                       | <b>59</b> |
| <b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                      | <b>60</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a adaptação de ferramentas metodológicas de avaliação e gerenciamento de riscos à saúde, associados aos sistemas de abastecimento de água, desde a captação até a torneira do consumidor, facilita a implementação dos princípios de múltiplas barreiras, boas práticas e gerenciamento de riscos, inseridos no anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, alterada pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde que “Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”. Tais ferramentas são conceituadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como Planos de Segurança da Água (PSA) (BRASIL, 2012).

O PSA quando devidamente aplicado colabora com a garantia da qualidade da água tratada como potável, além de segura, ou seja, que não representa um risco significativo à saúde, em quantidade suficiente para atender a todas às necessidades individuais da população, disponível continuamente e que tenha um custo acessível. (OPAS, 2001). Esta ferramenta dinâmica também auxilia os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) no planejamento de ações e investimentos, otimizando-os com ações efetivas (ALVES *et al.*, 2021).

A metodologia do PSA foi criada, em 2004, pela OMS, já amplamente difundida em diversos países (ALVES *et al.*, 2021). No Brasil, a ferramenta aparece pela primeira vez como uma recomendação na Portaria GM/MS nº 2914/11. De acordo com o Art. 13º, IV, e, da Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011,

Art. 13. Compete ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano:

IV - Manter avaliação sistemática do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base nos seguintes critérios:

- a) ocupação da bacia contribuinte ao manancial;
- b) histórico das características das águas;
- c) características físicas do sistema;
- d) práticas operacionais; e

**e) na qualidade da água distribuída, conforme os princípios dos Planos de Segurança da Água (PSA) recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) ou definidos em diretrizes vigentes no País (BRASIL, 2011).**

Dez anos depois, com a atualização da Portaria, a GM/MS nº 888/21, 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 (ALVES *et al.*, 2021). Logo, observa-se uma maior preocupação com a segurança no

controle da qualidade da água, com uma ação continuada ao longo do tempo, organizando e estruturando o sistema para minimizar a chance de incidentes. De acordo com o Art. 49º da Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021,

“Art. 49 A Autoridade de Saúde Pública poderá exigir dos responsáveis por SAA e SAC a elaboração e implementação de Plano de Segurança da Água (PSA), conforme a metodologia e o conteúdo preconizados pela Organização Mundial da Saúde ou definidos em diretrizes do Ministério da Saúde, para fins de gestão preventiva de risco à saúde” (BRASIL, 2021).

A implantação de um PSA justifica-se pelo reconhecimento das limitações da abordagem tradicional de controle da qualidade da água para consumo humano, de métodos corretivos, com baixa capacidade para o alerta rápido à população em casos de contaminação da água, não garantindo a efetiva segurança dessa para o consumo humano. A implementação de um PSA fornece uma gestão preventiva, antecipando os riscos à saúde do consumidor, com benefícios para todos os SAAs para consumo humano, de pequeno a grande porte (BRASIL, 2012).

A Compainha de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), como responsável pelo fornecimento de água para grande parte da população paraibana, deve garantir água segura e de qualidade para o sistema de abastecimento. A empresa fornece uma cobertura de distribuição de água em 84,39% do Estado da Paraíba (ANA, 2020), organizada entre a sede administrativa, em João Pessoa e as seis gerências regionais: Regional do Litoral com sede em João Pessoa; Regional do Brejo com sede em Guarabira; Regional da Borborema com sede em Campina Grande; Regional das Espinharas com sede em Patos; Regional do Rio do Peixe com sede em Sousa e Regional do Alto Piranhas com sede em Cajazeiras (CAGEPA, c2015).

Para suprir as demandas da Portaria GM/MS nº 888/21, a CAGEPA iniciou o processo de implantação do PSA nos sistemas de abastecimento das Regionais, sendo o sistema Gravatá, em Campina Grande, o primeiro contemplado. Todas as outras Regionais estão dando continuidade ao processo, sendo o SAA de Marés, em João Pessoa, o contemplado para este trabalho, com ênfase na Estação de Tratamento de Água (ETA).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Implementar uma metodologia de avaliação e gerenciamento de riscos à saúde de modo continuado na ETA de Marés no município de João Pessoa.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar fluxogramas de todas as etapas da ETA (Captação/Adução, Coagulação/Floculação, Decantação, Filtração e Desinfecção);
- Mapear potenciais eventos perigosos e perigos na ETA e avaliar o Score de Risco que eles representam;
- Estabelecer um conjunto de medidas de controle, que deverão ser seguidas por todos os envolvidos, de todos os níveis da CAGEPA, para que assim possa de forma prática e segura, monitorar a qualidade da água, prevenir contaminações e outras adversidades, registrar informações, recuperar danos, investigar e informar os responsáveis, de modo a garantir o acesso a uma água segura à toda a população.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Controle de Qualidade

A qualidade pode ser entendida de formas diversas, a depender do ponto de vista e prioridade do indivíduo. O mesmo ocorre com relação a qualidade da água. O consumidor percebe a qualidade por meio da característica visual, sabor, odor, dentre outros aspectos que possam ser notados e estejam adequados para o cliente. Para um operador de tratamento de água, no entanto, alguns critérios a mais devem ser considerados, de acordo com os padrões estabelecidos pela portaria vigente, destacando-se a segurança quanto aos riscos físicos, químicos e biológicos.

Para a OMS e seus países membros, “todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura”. “Segura”, neste contexto, refere-se a uma oferta de água que não represente um risco significativo à saúde, que tenha quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que seja disponível continuamente e que tenha um custo acessível. Estas condições podem ser resumidas em cinco palavras-chave: qualidade, quantidade, continuidade, cobertura e custo (OPAS, 2001).

A qualidade necessária à água distribuída para consumo humano é a potabilidade, ou seja, deve ser tratada, limpa e estar livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbiológica, química, física ou radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana (BRASIL, 2004). Para atingir essa potabilidade, um conjunto de ações e medidas devem ser tomadas, incluindo a eficiência no tratamento convencional da água (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção) e os cuidados na distribuição e sistema de armazenamento (SCURACCHIO, 2010). Dessa forma, a água de abastecimento deve apresentar quantidades limites para diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos que são definidos pela portaria nº 888 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021).

O controle de qualidade atua identificando os potenciais perigos (físicos, químicos e/ou biológicos) e para isso realizam-se análises durante todas as etapas do processo, desde a água bruta, decantada, filtrada, na saída do tratamento, até a torneira do consumidor, garantindo que os padrões estabelecidos sejam respeitados.

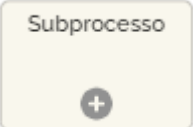
## 3.2 Ferramentas para controle e melhoria da qualidade

### 3.2.1 Fluxograma

Fluxograma é um diagrama que permite obter uma representação esquemática do processo, proporcionando uma melhor visualização das etapas em uma sequência lógica, e de forma objetiva. Possibilita a identificação do que é necessário para iniciar esse processo, realizar cada etapa do processo, e para finalizar o processo, ou seja, uma visão sistemática do início, meio e fim (SANTOS, 2020).

Para este trabalho, os fluxogramas foram desenvolvidos na ferramenta online HEFLO, seguindo a simbologia representada no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Simbologia do Fluxograma.

| Símbolo                                                                             | Significado                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Início do Processo.                                                                                     |
|   | Fim do Processo.                                                                                        |
|  | Evento intermediário.                                                                                   |
|  | Ações que devem ser desempenhadas.                                                                      |
|  | Subdivisão do processo em outro fluxo anexo.                                                            |
|  | Desvios exclusivos. Apenas um dos ramos de saída prosseguirá com seu fluxo de tarefas.                  |
|  | Desvios inclusivos. Os ramos possuem uma condição e é possível gerar ramificação concorrentes no fluxo. |

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.2 Princípio de Múltiplas Barreiras

O Princípio de Múltiplas Barreiras constitui-se de etapas do sistema onde se estabelecem procedimentos para prevenir, reduzir, eliminar ou minimizar a contaminação, criando barreiras sanitárias de modo que se uma delas falhar, ainda haverá outras, em etapas posteriores, para bloquear a disseminação dos contaminantes e garantir a proteção exigida (VENTURA, K.S.; VAZ FILHO, P.; NASCIMENTO, S.G, 2019).

A legislação brasileira recomenda esse princípio, por meio da avaliação contínua do sistema de abastecimento de água, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída (BRASIL, 2012).

Atualmente é amplamente reconhecido o conceito de múltiplas barreiras de proteção no sistema de tratamento, ou seja, sabe-se que o número de etapas independentes que compõem a estação de tratamento determina seu grau de confiabilidade ou estabilidade (BASTOS *et al.*, 2006).

### 3.2.3 Boas Práticas

Entende-se por boas práticas, as medidas de controle que possibilitem a eficácia de cada uma das barreiras sanitárias, com o objetivo de prevenir riscos. São procedimentos adotados nas fases de concepção, projeto, construção e, sobretudo, na operação e manutenção de um sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, que minimizem os riscos à saúde humana (BASTOS *et al.*, 2006).

### 3.2.4 APPCC

O APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) é uma abordagem científica e sistemática para o controle de processos, elaborado para prevenir a ocorrência de problemas, assegurando que controles sejam aplicados em determinadas etapas no sistema produtivo, onde possam ocorrer perigos ou situações críticas (BRASIL, 1998).

O APPCC está baseado na prevenção, eliminação ou redução dos perigos em todas as etapas de um processo mediante a aplicação de sete princípios básicos:

1. Identificar e avaliar os perigos;
2. Determinar os pontos críticos de controle (PCC);
3. Estabelecer os limites críticos;

4. Estabelecer o sistema de monitoramento dos PCCs;
5. Estabelecer as ações corretivas a serem adotadas quando o PCC não estiver sob controle;
6. Estabelecer os procedimentos de verificação;
7. E estabelecer os procedimentos de registro (PROFETA; SILVA, 2005).

### 3.2.5 Matriz de Risco

A avaliação dos riscos é feita através da Matriz de Riscos, em que o nível de risco é definido pela composição das variáveis frequência (probabilidade de ocorrência) e severidade (impacto), associadas a um dado fator de risco inerente ao processo avaliado. Em geral, pode-se adotar uma classificação qualitativa para os níveis de frequência ou impacto, ou ainda, a matriz de risco pode ser construída pela composição de pesos atribuídos as escalas de probabilidade e severidade, podendo ser particionada em regiões que caracterizam os níveis de risco avaliados (Muito alto, Alto, Médio e Baixo, por exemplo). A definição dessas regiões varia em função perfil de risco do gestor, dos processos avaliados e dos produtos e serviços operacionalizados (PAULO *et. al*, 2007).

### 3.2.6 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta utilizada para compor planos de ação de forma ágil e eficiente. O acrônimo é composto por 7 palavras em inglês que geram questionamentos para traçar o plano de ação: O que (what) será feito? Por que (why) isso será feito? Quem (who) será o responsável pela execução? Onde (where) será implementado? Quando (when) será desempenhada essa ação? Como (how) será conduzido? Quanto (how much) será o investimento? Dessa forma, a partir de uma meta definida, são traçadas as ações necessárias para atingi-la, e quando bem definidas, a execução e recursos necessários ficam claros para alcançar o resultado desejado.

## 4 METODOLOGIA

Para construção do Plano de Segurança da Água da CAGEPA foi solicitada a participação junto a equipe técnica da empresa à Diretoria de Operação e Manutenção através do Ofício nº 01/2022 para orientação e suporte com vistas ao desenvolvimento do Plano.

No âmbito geral, a metodologia para elaboração e aplicação do PSA seguiu as premissas da OMS, baseada nos princípios e conceitos de Múltiplas Barreiras, Boas Práticas, Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e Análise dos Riscos.

O PSA é uma ferramenta que compreende todo o SAA, desde o manancial até a torneira do consumidor. Este trabalho, entretanto, limitou-se a elaboração do PSA até a etapa final do tratamento da água, sendo a equipe técnica da CAGEPA responsável pelos reservatórios e distribuição, para conclusão do Plano.

Em síntese, o desenvolvimento do PSA foi dividido em três etapas conforme descrito a seguir:

A primeira etapa envolve o desenvolvimento das bases técnicas necessárias para a avaliação de processos, sendo definida como Avaliação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA), tendo por finalidade realizar uma avaliação sistemática do sistema – com ênfase no processo de tratamento, especificamente para este trabalho – sob a perspectiva dos riscos à saúde humana. Assim, informações sobre a bacia hidrográfica e a captação, histórico das características da água, características físicas do sistema de tratamento e práticas operacionais foram fundamentais para poder identificar os perigos e eventos perigosos, bem como avaliar os riscos que estão associados a cada etapa do processo de tratamento da água.

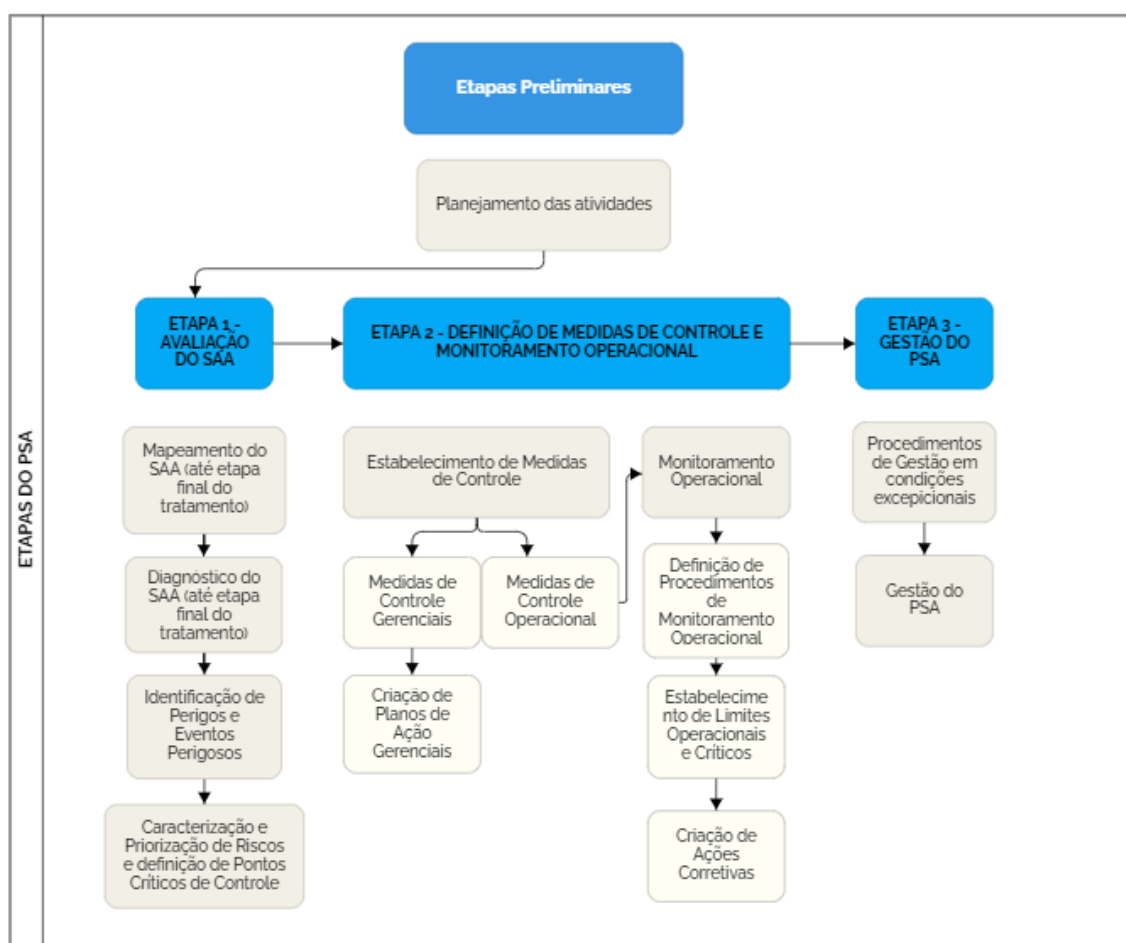
Ainda nessa etapa, para síntese das informações, foram construídos quadros identificando a fase avaliada do sistema, bem como os elementos de cada onde foram possíveis determinar os eventos perigosos e suas consequências/perigos, e analisar a probabilidade de ocorrência e severidade dos mesmos, respectivamente, obtendo-se o Score de Risco pela multiplicação dos pesos das escalas anteriores.

A segunda etapa compreende a definição de limites críticos operacionais de cada fase do tratamento e os procedimentos de monitoramento operacional, sendo denominada como Definição das Medidas de Controle e Monitoramento. Seguindo o Princípio de Múltiplas Barreiras, após identificado e caracterizado cada evento perigoso, foram definidas as medidas de controle para cada um desse listado, podendo estas, ser gerenciais

(G) ou operacionais (O). Foram estabelecidas também, as ações corretivas a serem consideradas em caso de extrapolação dos limites definidos.

A terceira etapa tem o objetivo de garantir a aplicabilidade do PSA sendo chamada então, de Gestão do PSA. Consiste basicamente na criação de procedimentos para eventos perigosos excepcionais, o chamado Plano de Emergência e Contingência (PEC), além de reforçar o intervalo de revisão do Plano e capacitação e treinamento dos colaboradores envolvidos. A Figura 1 representa as etapas de desenvolvimento do PSA.

Figura 1 - Etapas de Desenvolvimento do PSA.



Fonte: Autor (2022).

A criação do PEC, para situações excepcionais, como desastres naturais, ações humanas, incidentes diversos, entre outros, de modo que estas situações sejam corrigidas, contidas e eliminadas o mais rapidamente possível. O PEC descreve de forma clara os responsáveis pela coordenação das medidas e o conjunto de ações que deverão ser seguidas por todos os envolvidos, sendo condicionante da Licença Ambiental de Operação.

## 5 RESULTADOS & DISCUSSÃO

### 5.1 ETAPA 1 – Avaliação do Sistema de Abastecimento de Água

A avaliação do sistema de abastecimento de água tem por finalidade realizar uma avaliação sistemática do sistema sob a perspectiva dos riscos à saúde humana. Para este trabalho, com ênfase na etapa de tratamento, informações sobre a bacia hidrográfica e a captação, histórico das características da água, características físicas do sistema de tratamento e práticas operacionais foram fundamentais para um diagnóstico preciso.

#### 5.1.1 Mapeamento do Sistema de Abastecimento de Água

A etapa de mapeamento do sistema de abastecimento de água teve como objetivo direcionar o trabalho a ser desenvolvido, identificando simplificadaamente os processos em foco que compõem o sistema analisado, considerando cada um desses como potenciais barreiras à contenção dos perigos existentes.

Quadro 2 - Mapeamento do Sistema de Abastecimento de Água do Manancial a ETA.

| ETAPA                     | DESCRIÇÃO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manancial                 | O sistema é composto por um manancial com água superficial (Rio Marés).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Captação                  | A água é captada por uma torre de tomada. A água bruta é conduzida por gravidade e chega a unidade de tratamento através de tubulação, a qual desemboca na parte inferior da caixa de recepção que possui seção retangular com 1,43 m <sup>2</sup> de área. Daí, a água é conduzida às câmaras de floculação por meio de um canal com 1,20 m de largura, onde está inserido um medidor de regime crítico, Parshall de 61 cm de garganta. A vazão média da ETA é 1000 L/s. |
| Coagulação/<br>Floculação | A água passa pela calha Parshall onde é adicionado o coagulante, e logo após entra nos 4 floculadores.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Sedimentação              | A água floculada é repartida em 6 decantadores.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Filtração                 | Após a decantação a água é distribuída em 8 filtros rápidos por gravidade.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Desinfecção               | A água é conduzida a um tanque de mistura onde é dosado cloro gás.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Fonte: Autor (2022).

A seguir, são apresentadas as Figuras 2-4 que mostram as instalações da ETA de Marés. A Figura 5 permite visualizar a distância entre a Barragem e a ETA.

Figura 2 – Visão inferior (a) e superior (b) da Barragem de Marés.



Fonte: Autor (2022).

(a)

(b)

Figura 3 – Floculadores (a) e Decantadores (b) da ETA de Marés.



Fonte: Autor (2022).

(a)

(b)

Figura 4 – Filtros (a) e Cilindros de cloro (b) da ETA de Marés.



Fonte: Autor (2022).

(a)

(b)

Figura 5 – Manancial e Captação.

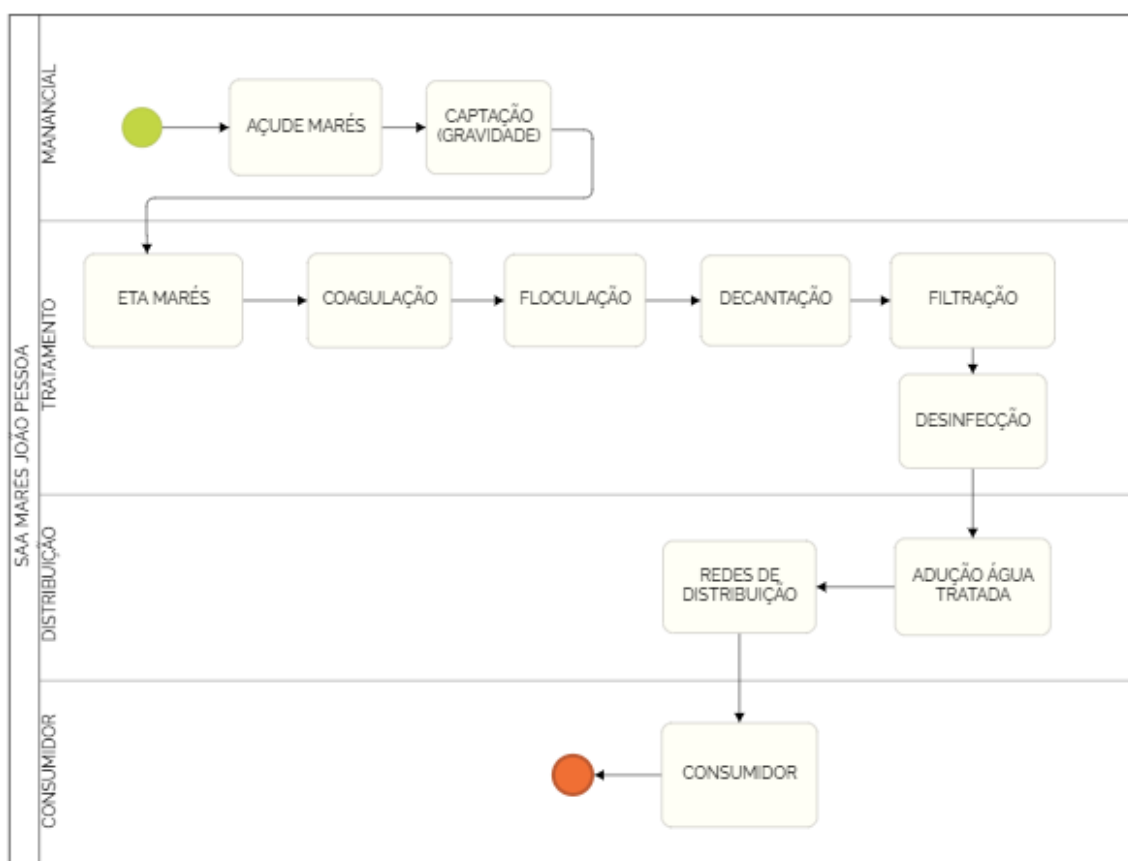


Fonte: Google Earth (2022).

#### 5.1.2 Construção e Validação do Diagrama de Fluxo e Fluxograma

A construção de um diagrama de fluxo (Fig. 6) e dos fluxogramas do sistema de abastecimento de água visou fornecer uma sequência clara das etapas envolvidas no processo. Para este trabalho, foi feito o mapeamento desde a captação de água bruta até desinfecção da água tratada, etapa anterior a distribuição ao consumidor. Nos fluxogramas foram incluídos todos os elementos da infraestrutura física, facilitando com isso a identificação dos perigos e pontos de controle relativos ao processo de produção de água potável nas etapas posteriores do Plano.

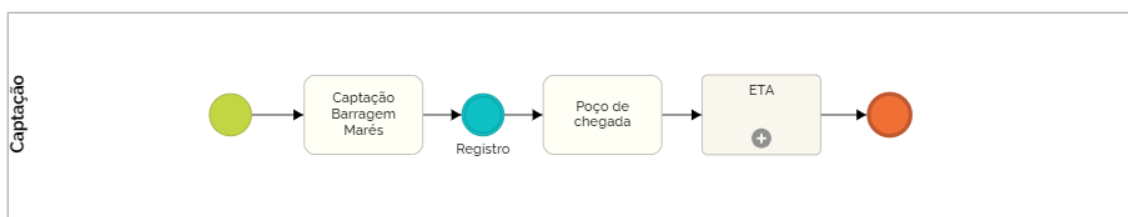
Figura 6 – Diagrama de Fluxo do SAA.



Fonte: Autor (2022).

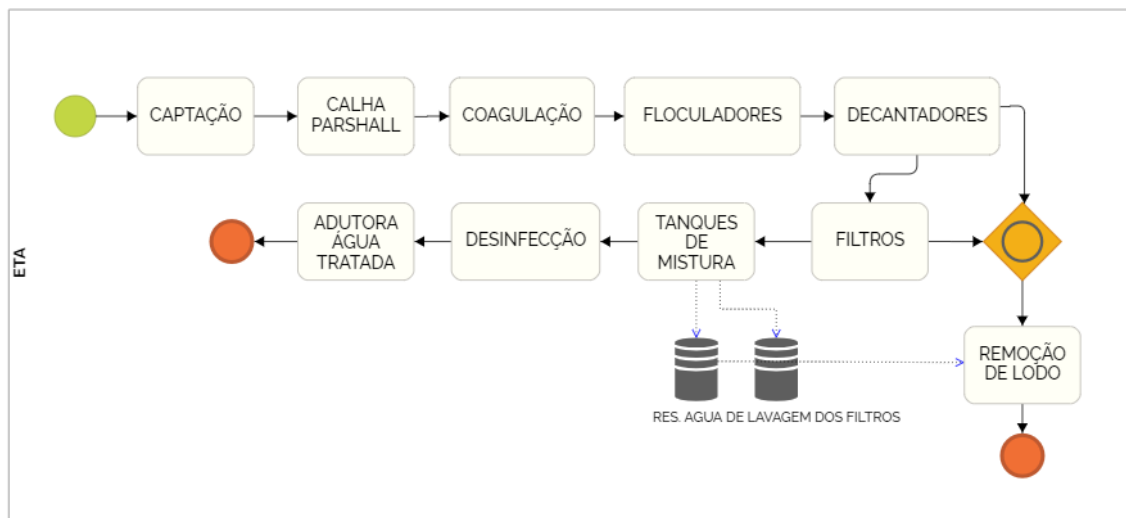
Nas Figuras 7-13 a seguir, serão apresentados os fluxogramas de cada etapa do sistema até a desinfecção, permitindo um maior detalhamento de informações.

Figura 7 - Fluxograma de Captação.



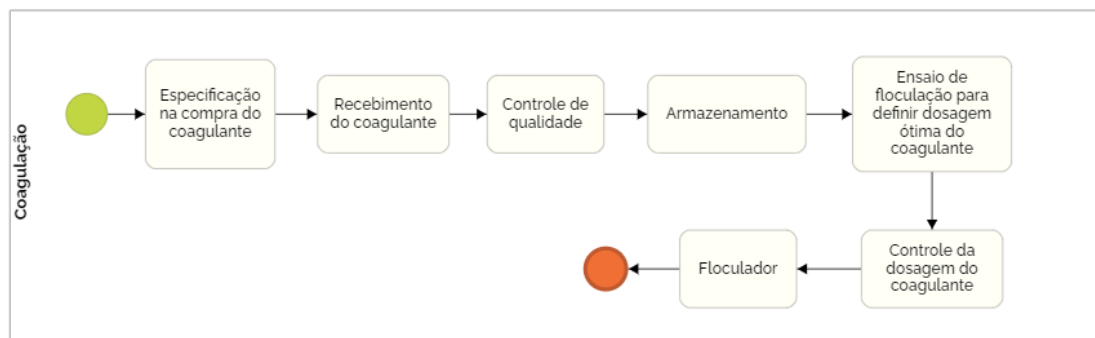
Fonte: Autor (2022).

Figura 8 – Fluxograma da ETA.



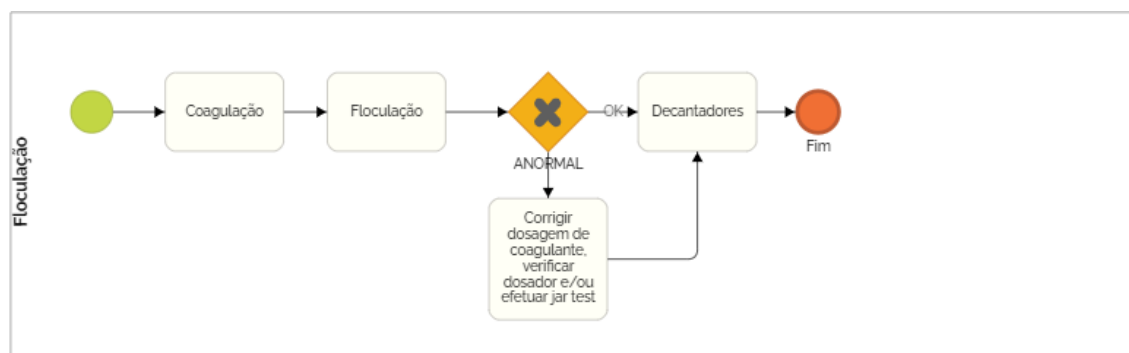
Fonte: Autor (2022).

Figura 9 – Fluxograma de Mistura Rápida e Coagulação.



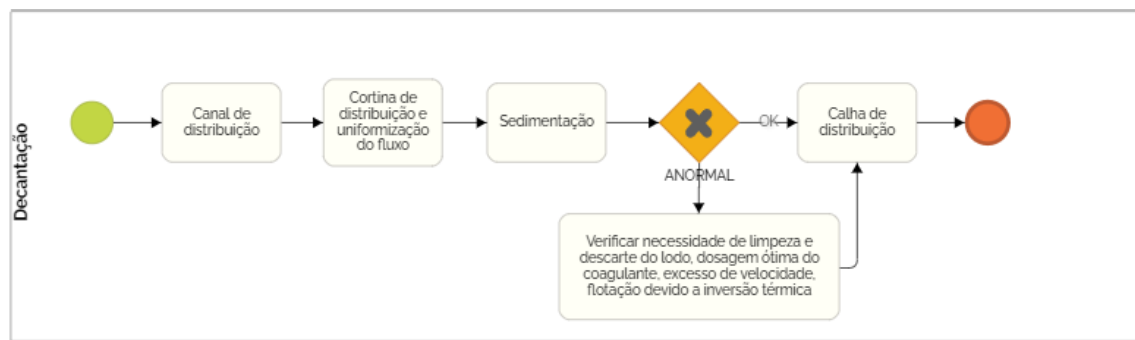
Fonte: Autor (2022).

Figura 10 – Fluxograma de Floculação.



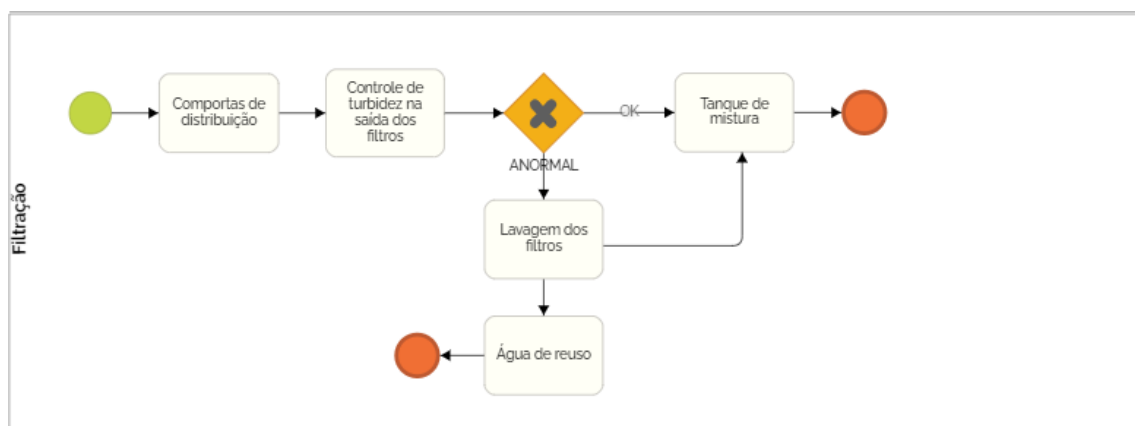
Fonte: Autor (2022).

Figura 11 – Fluxograma de Decantação.



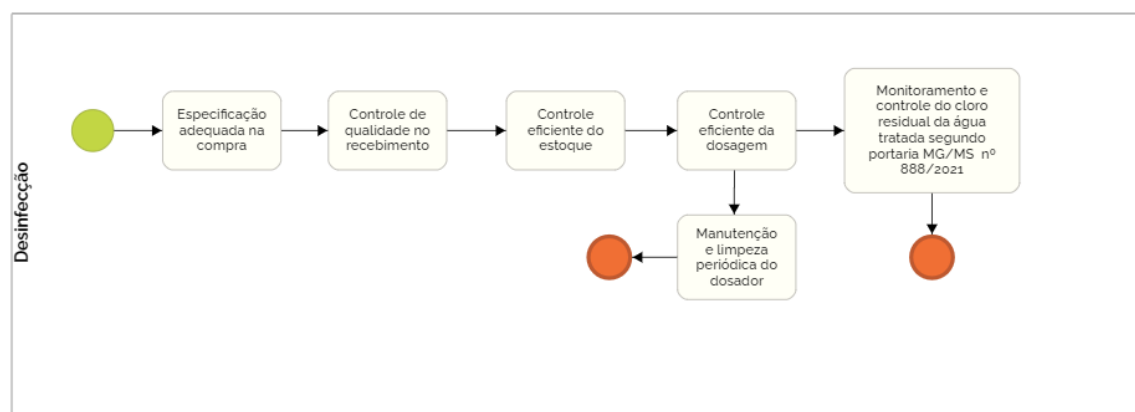
Fonte: Autor (2022).

Figura 12 – Fluxograma de Filtração.



Fonte: Autor (2022).

Figura 13 – Fluxograma de Desinfecção.



Fonte: Autor (2022).

### 5.1.3 Identificação dos Perigos, Eventos Perigosos, Caracterização e Priorização de Risco

Para identificação dos eventos perigosos, foram levados em consideração, a base técnica adquirida em sala de aula e o conhecimento prático sobre o sistema adquirido durante o estágio na ETA. Após identificados os eventos, verificou-se a possibilidade de ocorrência, qual a severidade que representavam, a possibilidade de haver ou não desabastecimento e a justificativa pela qual foi considerado um evento perigoso, através das consequências apontadas.

A caracterização 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 à saúde da população. As escalas de ocorrência e severidade foram baseadas em matrizes de criticidade e tabelas de material de apoio pré-existente, utilizadas como padrão na CAGEPA, destacando a escala de severidade utilizada com valores exponenciais para dar ênfase às consequências.

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. A adaptação realizada das matrizes de priorização de risco à realidade da ETA de Marés, é demonstrada conforme os Quadros 3-5.

Quadro 3 – Escala de Probabilidade de Ocorrência.

| <b>Probabilidade de Ocorrência</b> | <b>Descrição</b>                                          | <b>Peso</b> |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|
| Muito Frequente                    | Espera-se que ocorra 1 vez por dia                        | 5           |
| Frequente                          | Possivelmente ocorrerá 1 vez por semana                   | 4           |
| Pouco Frequente                    | Probabilidade de ocorrer 1 vez por mês                    | 3           |
| Raro                               | Pode ocorrer 1 vez por ano                                | 2           |
| Muito raro                         | Pode ocorrer em situações excepcionais (1 vez em 10 anos) | 1           |

Fonte: Brasil (2012).

Quadro 4 – Escala de Severidade das Consequências.

| <b>Severidade das Consequências</b> | <b>Descrição</b>                                             | <b>Peso</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------|
| Muito grave                         | Afeta a maioria da população ou parte fundamental do sistema | 16          |
| Grave                               | Afeta parte da população ou parte fundamental do sistema     | 8           |
| Moderada                            | Não afeta a população, mas o impacto no sistema é pequeno    | 4           |
| Baixa                               | Não afeta a população e o impacto no sistema é muito pequeno | 2           |
| Insignificante                      | Sem qualquer impacto Detectável                              | 1           |

Fonte: Brasil (2012).

Quadro 5 - Matriz semiquantitativa de priorização de risco (Score).

| <b>Probabilidade de ocorrência</b> | <b>Severidade da consequência</b> |                  |                     |                  |                         |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------------|
|                                    | <b>Insignificante (1)</b>         | <b>Baixo (2)</b> | <b>Moderado (4)</b> | <b>Grave (8)</b> | <b>Muito grave (16)</b> |
| <b>Muito frequente (5)</b>         | 5 (baixo)                         | 10 (médio)       | 20 (alto)           | 40 (muito alto)  | 80 (muito alto)         |
| <b>Frequente (4)</b>               | 4 (baixo)                         | 8 (médio)        | 16 (alto)           | 32 (muito alto)  | 64 (muito alto)         |
| <b>Pouco frequente (3)</b>         | 3 (baixo)                         | 6 (baixo)        | 12 (médio)          | 24 (alto)        | 48 (muito alto)         |
| <b>Raro (2)</b>                    | 2 (baixo)                         | 4 (baixo)        | 8 (médio)           | 16 (alto)        | 32 (muito alto)         |
| <b>Muito raro (1)</b>              | 1 (baixo)                         | 2 (baixo)        | 4 (baixo)           | 8 (médio)        | 16 (alto)               |

Fonte: Autor (2022)

A seguir, são apresentados os Quadros 6-21 que representam a consolidação das informações de Identificação de Perigos, Eventos Perigosos e Medidas de Controle da Etapa 1.

Quadro 6 – Classificação do Intervalo de Tempo.

| <b>Intervalo de Tempo</b> | <b>Classificação</b> |
|---------------------------|----------------------|
| Curto Prazo               | 1 ano                |
| Médio Prazo               | 1 – 3 anos           |
| Longo Prazo               | 3 – 5 anos           |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 7 (Parte 1) - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Captação/Adução)

| Etapa                     | Elementos             | Identificação                                                                 |                                                                                           | Caracterização do Evento Perigoso |      |            |      |       |            | Prevenção                                                                                                                                                     |         |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|------------|------|-------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                           |                       | Evento Perigoso                                                               | Consequência/Perigo                                                                       | Probabilidade                     | Peso | Severidade | Peso | Score | Risco      | Medidas de Controle                                                                                                                                           | (O)/(G) |
| Captação e Adução da água | Manancial superficial | CA1- Manancial desprotegido e/ou chuvas com intensidade de moderada a intensa | Alteração da qualidade da água - aumento da cor e turbidez do manancial e pH muito baixo. | Pouco frequente                   | 3    | Moderado   | 4    | 12    | Médio      | CA1.1- Monitorar a intensidade das chuvas (parcerias com outras instituições) e identificar quais intensidades geram considerável turbidez para o tratamento. | O       |
|                           |                       |                                                                               |                                                                                           |                                   |      |            |      |       |            | CA1.2- Localizar os principais pontos de degradação e desenvolver programas de conscientização dos moradores do entorno do manancial.                         | G       |
|                           |                       | CA2- Crescimento de macrófitas                                                | Alteração da qualidade da água - aumento da cor e turbidez.                               | Frequente                         | 4    | Moderado   | 4    | 16    | Alto       | CA2.1- Limpeza e instalação de rede de proteção.                                                                                                              | G       |
|                           |                       | CA3- Cianobactérias                                                           | Toxinas altamente prejudiciais à saúde humana e animal.                                   | Raro                              | 2    | Grave      | 8    | 16    | Alto       | CA3.1- Realização de análises para controle conforme portaria 888/21.                                                                                         | G       |
|                           |                       | CA4- Acesso de pessoas não autorizadas                                        | Contaminação do manancial, danificação da estrutura.                                      | Frequente                         | 4    | Grave      | 8    | 32    | Muito alto | CA4.1- Estudo para delimitação da área de cercamento do entorno da captação.                                                                                  | G       |
|                           |                       | CA5- Contaminação por despejo de dejetos                                      | Presença exacerbante de microorganismos infecciosos (má qualidade da água).               | Raro                              | 2    | Moderado   | 4    | 8     | Médio      | CA5.1- Notificação da autoridade ambiental.                                                                                                                   | G       |
|                           |                       |                                                                               |                                                                                           |                                   |      |            |      |       |            | CA5.2- Criar cronograma de monitoramento dos mananciais, através de visitas in loco.                                                                          | G       |
|                           |                       |                                                                               |                                                                                           |                                   |      |            |      |       |            | CA5.3- Sinalizar as captações com avisos educativos.                                                                                                          | G       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 8 (Parte 2) - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Captação/Adução)

|                           |           |                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                 |   |                |    |    |            |                                                                                                 |   |
|---------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---|----------------|----|----|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Captação e Adução da água | Estrutura | CA6- Entrada de ar                                                               | Formação de microbolhas, ocasionando o processo de flotação no floculador e decantador, ocasionando a passagem de flocos ao filtro e consequente aumento da turbidez. | Raro            | 2 | Grave          | 8  | 16 | Alto       | CA6.1- Monitoramento do nível das captações.                                                    | O |
|                           |           |                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                 |   |                |    |    |            | CA6.2- Mudar parte do trajeto da adutora conforme estudo topográfico.                           | G |
|                           |           | CA7- Má estado de conservação das estruturas e equipamentos de captação e adução | Quebra de equipamento.                                                                                                                                                | Muito frequente | 5 | Muito grave    | 16 | 80 | Muito alto | CA7.1- Criar cronograma de manutenção preventiva.                                               | G |
|                           |           |                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                 |   |                |    |    |            | CA7.2- Seguir o cronograma de manutenção preventiva                                             | O |
|                           | Vazão     | CA8- Manutenção inadequada dos dispositivos de captação e adução                 | Vazão de água menor que o previsto em projeto.                                                                                                                        | Muito frequente | 5 | Baixo          | 2  | 10 | Médio      | CA8.1- Seguir o cronograma de manutenção preventiva                                             | O |
|                           |           |                                                                                  |                                                                                                                                                                       |                 |   |                |    |    |            | CA8.2- Estudo de dimensionamento hidráulico do sistema para viabilizar a nova vazão do projeto. | G |
|                           |           | CA9- Medidor de vazão manual na adução                                           | Imprecisão no controle.                                                                                                                                               | Muito frequente | 5 | Insignificante | 1  | 5  | Baixo      | CA9.1- Aquisição de medidor automático.                                                         | G |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 9 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA OS RISCOS EXISTENTES NA CAPTAÇÃO

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curto Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza e instalação de rede de proteção na superfície da captação.</li> <li>• Criar cronograma de monitoramento dos mananciais, através de visitas in loco.</li> <li>• Sinalizar as captações com avisos educativos.</li> </ul>                             |
| Médio Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizar os principais pontos de degradação e desenvolver programas de conscientização dos moradores do entorno do manancial.</li> <li>• Criar cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos.</li> <li>• Aquisição de medidor automático.</li> </ul> |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Longo prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo de dimensionamento hidráulico do sistema para viabilizar a nova vazão do projeto.</li> <li>• Estudo para delimitação da área de cercamento do entorno da captação.</li> <li>• Mudar parte do trajeto da adutora conforme estudo topográfico, caso viável.</li> </ul> |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Autor (2022).

Quadro 10 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Coagulação/Floculação)

| Etapa                   | Identificação           |                                                                                                      |                                                                                | Caracterização do Evento Perigoso |      |                |      |       |       | Prevenção                                                                                            |         |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|----------------|------|-------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                         | Elementos               | Evento Perigoso                                                                                      | Consequência/Perigo                                                            | Probabilidade                     | Peso | Severidade     | Peso | Score | Risco | Medidas de Controle                                                                                  | (O)/(G) |
| Coagulação e floculação | Coagulante              | CF1- Densidade baixa dos flocos formados                                                             | Flotação do lodo nos decantadores.                                             | Frequente                         | 4    | Moderado       | 4    | 16    | Alto  | CF1.1- Adquirir auxiliares de coagulação.                                                            | G       |
|                         | Dosagem                 | CF2- Desnível da calha do coagulante                                                                 | Má distribuição do coagulante aplicado na água bruta.                          | Frequente                         | 4    | Moderado       | 4    | 16    | Alto  | CF2.1- Correção do desnível.                                                                         | O       |
|                         |                         | CF3- Controle inadequado da dosagem do coagulante, sem reajustes conforme alteração de vazão da água | Desajuste na qualidade da água - alta turbidez e remoção insuficiente.         | Pouco frequente                   | 3    | Moderado       | 4    | 12    | Médio | CF3.1- Monitorar visualmente a cor e turbidez.                                                       | O       |
|                         |                         | CF4- Ausência de dosador digital do coagulante (leitura manual subjetiva)                            | Imprecisão no controle.                                                        | Muito frequente                   | 5    | Baixo          | 2    | 10    | Médio | CF3.2- Monitoramento da coagulação pela ficha de controle da vazão e dosagem de coagulante por hora. | O       |
|                         |                         |                                                                                                      |                                                                                |                                   |      |                |      |       |       | CF4.1- Aquisição de dosador automático de coagulante.                                                | G       |
|                         | Floculação mecânica     | CF5- Agitadores dos floculadores quebrados                                                           | Tratamento insuficiente. Flocos decantam antecipadamente.                      | Muito frequente                   | 5    | Moderado       | 4    | 20    | Alto  | CF4.2- Aquisição de bombas dosadoras reservas.                                                       | G       |
|                         |                         |                                                                                                      |                                                                                |                                   |      |                |      |       |       | CF5.1- Substituição/reparo dos agitadores quebrados.                                                 | G       |
|                         |                         |                                                                                                      |                                                                                |                                   |      |                |      |       |       | CF5.2- Criar cronograma de manutenção preventiva.                                                    | G       |
|                         | Limpeza                 | CF6- Falta de periodicidade de limpeza dos floculadores                                              | Dificuldade na retirada da areia e comprometimento da floculação.              | Pouco frequente                   | 3    | Baixo          | 2    | 6     | Baixo | CF5.3- Seguir o cronograma de manutenção preventiva.                                                 | O       |
|                         |                         |                                                                                                      |                                                                                |                                   |      |                |      |       |       | CF6.1- Elaboração de cronograma de limpeza dos floculadores.                                         | G       |
|                         | Canal de água coagulada | CF7- Não há comportas de vedação.                                                                    | Passagem da água para a unidade, que a princípio não estaria em funcionamento. | Frequente                         | 4    | Insignificante | 1    | 4     | Baixo | CF6.2- Cumprir cronograma de limpeza dos floculadores.                                               | O       |
|                         |                         |                                                                                                      |                                                                                |                                   |      |                |      |       |       | CF7.1- Estudo de viabilidade para implantação de comportas no canal.                                 | G       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 11 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA OS RISCOS EXISTENTES NA COAGULAÇÃO

|             |                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curto Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir auxiliares de coagulação.</li> <li>• Elaboração de cronograma de limpeza dos floculadores.</li> </ul>                                                                      |
| Médio Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquisição de dosador automático de coagulante.</li> <li>• Aquisição de bombas dosadoras reservas.</li> <li>• Criar cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos.</li> </ul> |
| Longo prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição dos agitadores quebrados.</li> <li>• Estudo de viabilidade para implantação de comportas no canal de água coagulada.</li> </ul>                                        |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 12 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Decantação)

| Etapa      | Identificação            |                                                                  |                                                               | Caracterização do Evento Perigoso |      |             |      |       |            | Prevenção                                                                              |         |
|------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|-------------|------|-------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|            | Elementos                | Evento Perigoso                                                  | Consequência/Perigo                                           | Probabilidade                     | Peso | Severidade  | Peso | Score | Risco      | Medidas de Controle                                                                    | (O)/(G) |
| Decantação | Eficiência do tratamento | D1- Turbidez elevada da água decantada                           | Comprometimento da filtração e qualidade da água.             | Frequente                         | 4    | Baixo       | 2    | 8     | Médio      | D1.1- Monitorar o nível do lodo nos decantadores.                                      | O       |
|            |                          |                                                                  |                                                               |                                   |      |             |      |       |            | D1.2- Controle da floculação.                                                          | O       |
|            | Estrutura                | D2- Decantadores 4 e 5 com rachaduras                            | Dificuldade na lavagem e possível rompimento da estrutura.    | Muito frequente                   | 5    | Muito grave | 16   | 80    | Muito alto | D2.1- Descarga conjunta dos decantadores para não haver sobrecarga em nenhum dos dois. | O       |
|            |                          |                                                                  |                                                               |                                   |      |             |      |       |            | D2.2- Orçamento para reparo da estrutura.                                              | G       |
|            | Limpeza                  | D3- Falta padronização na frequência de limpeza dos decantadores | Passagem de flocos para o filtro e acúmulo excessivo de lodo. | Pouco frequente                   | 3    | Baixo       | 2    | 6     | Baixo      | D3.1- Elaboração de cronograma de limpeza dos decantadores.                            | G       |
|            |                          | D4- Ausência de gestão de resíduos                               | Impacto ambiental                                             | Muito frequente                   | 5    | Grave       | 8    | 40    | Muito alto | D4.1- Realizar análises do lodo descartado para definir destinação adequada.           | G       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 13 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA OS RISCOS EXISTENTES NA DECANTAÇÃO

|             |                                                                                                                                                      |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curto Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>Orçamento para reparo da estrutura.</li> <li>Elaboração de cronograma de limpeza dos decantadores.</li> </ul> |
| Médio Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar análises do lodo descartado para definir destinação adequada.</li> </ul>                             |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 14 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Filtração)

| Etapa     | Identificação            |                                                                                         |                                                                              | Caracterização do Evento Perigoso |      |                |      |       |            | Prevenção                                                                                    |         |
|-----------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|----------------|------|-------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|           | Elementos                | Evento Perigoso                                                                         | Consequência/Perigo                                                          | Probabilidade                     | Peso | Severidade     | Peso | Score | Risco      | Medidas de Controle                                                                          | (O)/(G) |
| Filtração | Eficiência do tratamento | F1- Cor e turbidez acima do padrão operacional                                          | Cor, Turbidez elevada que aumentam a probabilidade de passagem de patógenos. | Pouco frequente                   | 3    | Moderado       | 4    | 12    | Médio      | F1.1- Verificar a turbidez da água decantada e fazer as correções necessárias na decantação. | O       |
|           |                          |                                                                                         |                                                                              |                                   |      |                |      |       |            | F1.2- Efetuar retrolavagem dos filtros, caso necessário.                                     | O       |
|           | Registro                 | F2- Mesas de controle defasadas (sistema hidráulico)                                    | Dificuldade de manipulação impedindo melhor operação dos filtros.            | Muito frequente                   | 5    | Insignificante | 1    | 5     | Baixo      | F2.1- Estudo para viabilidade do sistema pneumático.                                         | G       |
|           | Limpeza                  | F3- Falta padronização na frequência de limpeza dos filtros                             | Aumento de cor e turbidez e redução da capacidade de filtragem.              | Pouco frequente                   | 3    | Baixo          | 2    | 6     | Baixo      | F3.1- Elaboração de cronograma de limpeza dos filtros.                                       | G       |
|           |                          |                                                                                         |                                                                              |                                   |      |                |      |       |            | F3.2- Cumprir cronograma de limpeza dos filtros.                                             | O       |
|           | Estrutura                | F4- Comportas, tubulação, bombas sucateadas                                             | Tratamento insuficiente e/ou rompimentos.                                    | Muito frequente                   | 5    | Grave          | 8    | 40    | Muito alto | F4.1- Substituição e/ou reparo.                                                              | G       |
|           |                          |                                                                                         |                                                                              |                                   |      |                |      |       |            | F4.2- Criar cronograma de manutenção preventiva.                                             | G       |
|           |                          |                                                                                         |                                                                              |                                   |      |                |      |       |            | F4.3- Seguir o cronograma de manutenção preventiva.                                          | O       |
|           |                          | F5- Deterioração do leito filtrante, formação de bolas de lodo, rachaduras e colmatação | Aumento de cor e turbidez e redução da capacidade de filtragem.              | Muito raro                        | 1    | Muito grave    | 16   | 16    | Alto       | F5.1- Troca e/ou reposição do leito filtrante.                                               | G       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 15 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA OS RISCOS EXISTENTES NA FILTRAÇÃO

|             |                                                                                                                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curto Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de cronograma de limpeza dos filtros.</li> </ul>                                                              |
| Médio Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição e/ou reparo da estrutura.</li> <li>• Criar cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos.</li> </ul> |
| Longo prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo de viabilidade para sistema pneumático.</li> <li>• Troca e/ou reposição do leito filtrante.</li> </ul>            |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 16 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Desinfecção)

| Etapa       | Elementos | Identificação                       |                                                                              | Caracterização do Evento Perigoso |      |             |      |       |            | Prevenção                                                                           |         |
|-------------|-----------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|-------------|------|-------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|             |           | Evento Perigoso                     | Consequência/Perigo                                                          | Probabilidade                     | Peso | Severidade  | Peso | Score | Risco      | Medidas de Controle                                                                 | (O)/(G) |
| Desinfecção | Dosagem   | DS1- Dosagem de cloro incorreta     | Risco de contaminação na rede de distribuição e não atendimento a legislação | Raro                              | 2    | Muito Grave | 16   | 32    | Muito alto | DS1.1- Estabelecer um limite mínimo ideal para garantir o cumprimento a legislação. | G       |
|             |           |                                     |                                                                              |                                   |      |             |      |       |            | DS1.2- Realizar análises de cloro e dosar conforme a necessidade.                   | O       |
|             |           |                                     |                                                                              |                                   |      |             |      |       |            | DS1.3- Fazer coleta e análises semanais na rede de distribuição.                    | O       |
|             | Estrutura | DS2- Secagem dos cilindros de cloro | Risco de contaminação na rede de distribuição e não atendimento a legislação | Pouco frequente                   | 3    | Muito Grave | 16   | 48    | Muito alto | DS2.1- Acompanhar análises de cloro no laboratório.                                 | O       |
|             |           |                                     |                                                                              |                                   |      |             |      |       |            | DS2.2- Controle de estoque dos cilindros.                                           | G       |
|             |           | DS3- Ausência de tanque de contato  | Impossibilidade de determinação de tempo de detenção hidráulico              | Muito frequente                   | 5    | Muito Grave | 16   | 80    | Muito alto | DS3.1- Estudo de viabilidade de expansão de reservatório R0.                        | G       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 17 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA OS RISCOS EXISTENTES NA DESINFECÇÃO

|             |                                                                                                                                                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curto Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer um limite mínimo ideal para garantir o cumprimento da legislação.</li> <li>• Controle de estoque dos cilindros.</li> </ul> |
| Longo prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo de viabilidade de construção de reservatório R0.</li> </ul>                                                                     |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 18 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Registro de Dados)

| Etapa             | Elementos            | Identificação                                                              |                                       | Caracterização do Evento Perigoso |      |                |      |       |       | Prevenção                                                                                        |         |
|-------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------|----------------|------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                   |                      | Evento Perigoso                                                            | Consequência/Perigo                   | Probabilidade                     | Peso | Severidade     | Peso | Score | Risco | Medidas de Controle                                                                              | (O)/(G) |
| Registro de dados | Controle operacional | RD1- Falta disciplina dos operadores para registrarem os dados da operação | Informações conflituosas.             | Frequente                         | 4    | Baixo          | 2    | 8     | Médio | RD1.1- Capacitação dos operadores para reforçar a importância do registro de dados corretamente. | G       |
|                   |                      | RD2- Ausência de documentação para registro de ocorrências                 | Acesso aos registros menos acessível. | Muito frequente                   | 5    | Insignificante | 1    | 5     | Baixo | RD2.1- Elaboração de ficha de ocorrência.                                                        | G       |
|                   |                      |                                                                            |                                       |                                   |      |                |      |       |       | RD2.2- Registrar a ficha de ocorrência.                                                          | O       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 19 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA OS RISCOS EXISTENTES NO REGISTRO DE DADOS

|             |                                                                                                                                                                                |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curto Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitação dos operadores para reforçar a importância do registro de dados.</li> <li>• Elaboração de ficha de ocorrência.</li> </ul> |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Autor (2022).

Quadro 20 - Identificação de Perigos, Eventos Perigosos (Laboratório)

| Etapa       | Identificação                |                                                                    |                                                                                                        | Caracterização do Evento Perigoso |      |            |      |       |            | Prevenção                                                                              |         |
|-------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|------------|------|-------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|             | Elementos                    | Evento Perigoso                                                    | Consequência/Perigo                                                                                    | Probabilidade                     | Peso | Severidade | Peso | Score | Risco      | Medidas de Controle                                                                    | (O)/(G) |
| Laboratório | Documentação                 | L1- Sem documentação padronizada                                   | Defasagem de resultados.                                                                               | Frequente                         | 4    | Baixo      | 2    | 8     | Médio      | L1.1- Concluir os POPs.                                                                | G       |
|             | Calibração                   | L2- Os equipamentos não recebem manutenção preventiva e calibração | Imprecisão das análises e controle de qualidade da água comprometida.                                  | Pouco frequente                   | 3    | Grave      | 8    | 24    | Alto       | L2.1- Estabelecer um cronograma de manutenção/ terceirização do serviço.               | G       |
|             |                              | L3- Equipe não capacitada                                          | Imprecisão das análises e controle de qualidade da água comprometida.                                  | Frequente                         | 4    | Grave      | 8    | 32    | Muito alto | L2.2- Calibração dos equipamentos com padrões.                                         | O       |
|             | Boas Práticas de Laboratório | L4- Ausência de alguns itens de segurança                          | Proteção indevida para os colaboradores contra a exposição a agentes que representam possíveis riscos. | Muito frequente                   | 5    | Grave      | 8    | 40    | Muito alto | L3.1- Providenciar treinamento para os colaboradores.                                  | G       |
|             | Gestão de resíduos           | L5- Falta destinação adequada de todos os resíduos                 | Impacto ambiental.                                                                                     | Raro                              | 2    | Moderado   | 4    | 8     | Médio      | L4.1- Adquirir sistema de exaustão, chuveiro de emergência, lava olhos, mapa de risco. | G       |
|             |                              |                                                                    |                                                                                                        |                                   |      |            |      |       |            | L5.1- Análise dos resíduos para destinação adequada (Ampliar parceria PB Ambiental).   | G       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 21 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA OS RISCOS EXISTENTES NO LABORATÓRIO

|             |                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curto Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Concluir os POPs.</li> <li>● Estabelecer um cronograma de manutenção dos equipamentos/ Terceirização do serviço.</li> <li>● Providenciar treinamento para os colaboradores.</li> </ul> |
| Médio Prazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Análise dos resíduos para destinação adequada.</li> <li>● Adquirir sistema de exaustão, chuveiro de emergência, lava olhos, mapa de risco.</li> </ul>                                  |

Fonte: Autor (2022).

## **5.2 ETAPA 2 – Definição de Medidas de Controle e Monitoramento Operacional**

A segunda etapa consiste no gerenciamento das medidas de controle e monitoramento operacional ligados aos eventos perigosos identificados na primeira etapa.

Após identificado e caracterizado cada evento perigoso do sistema avaliado, foram definidas as medidas de controle, as quais podem ser gerenciais ou operacionais. A identificação e aplicação das medidas de controle devem ser baseadas no princípio de múltiplas barreiras. Uma única medida de controle pode ser utilizada para o controle de vários eventos perigosos, assim como, um único evento perigoso, pode vir a demandar a necessidade de mais de uma medida de controle, sejam elas gerenciais ou operacionais.

### **5.2.1 Medidas de Controle Gerenciais (G)**

São medidas que não fazem parte da rotina de operação e necessitam, portanto, da elaboração de um projeto e/ou plano de ação para sua implementação. Após definidas as medidas de controle, foi elaborada uma ficha de gestão de projetos para cada etapa do processo, com base na metodologia 5W2H.

A seguir, são apresentados os Quadros 22-30 que representam as informações das medidas de controle gerenciais consolidadas em Fichas de Gestão de Projetos, para cada etapa mapeada.

Quadro 22 (Parte 1) – Ficha de Gestão de Projetos (Captação/Adução)

| Etapa                                                                                                                                 |             | Captação e Adução |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                                                                 |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA1- Manancial desprotegido e/ou chuvas com intensidade de moderada a intensa.                                                        |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA2- Crescimento de macrófitas                                                                                                        |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA3- Cianobactérias                                                                                                                   |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA4- Acesso de pessoas não autorizadas                                                                                                |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA5- Contaminação por despejo de dejetos.                                                                                             |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA6- Entrada de ar.                                                                                                                   |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA7- Má estado de conservação das estruturas e equipamentos de captação e adução                                                      |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA8- Manutenção inadequada dos dispositivos de captação e adução.                                                                     |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| CA9- Medidor de vazão manual na adução.                                                                                               |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                                                               |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| A- Químico                                                                                                                            |             | B- Físico         | C- Bacterias/Virus e Afins   | D- Protozoários    | E- Radiológico       |                                                      |                                                                                                                     |
| Monitoramento Operacional                                                                                                             |             |                   |                              |                    |                      |                                                      |                                                                                                                     |
| Medidas de Controle                                                                                                                   | Perigo      | Risco             | Quem                         | Onde               | Quando               | Quanto                                               | Como                                                                                                                |
| CA1.2- Localizar os principais pontos de degradação e desenvolver programas de conscientização dos moradores do entorno do manancial. | B           | Médio             | STLI<br>GEMA                 | Açude Marés        | Médio prazo          | Sem custo                                            | Fazer um estudo da área do manancial, criar plano de conscientização, propor parcerias com instituições municipais. |
| CA2.1- Limpeza e instalação de rede de proteção.                                                                                      | B           | Alto              | STLI<br>SALI<br>SSLI<br>GRLI | Captação ETA Marés | Imediato             | Custos com Pessoal e aquisição das redes             | Contratação de serviço de limpeza especializado.                                                                    |
| CA3.1- Realização de análises para controle conforme portaria 888/21.                                                                 | C           | Alto              | GECQ                         | Açude Marés        | Conforme portaria    | Custo referente a realização das análises            | Através de licitação subcontratando um laboratório para realização das análises, coleta e monitoramento.            |
| CA4.1- Estudo para delimitação da área de cercamento do entorno da captação.                                                          | A,B,C,<br>D | Muito Alto        | STLI<br>SALI<br>SSLI         | ETA Marés          | Longo prazo          | Custos referente ao material e serviço de cercamento | Levantamento de orçamento, contratação de projeto e execução do mesmo.                                              |
| CA5.1- Notificação da autoridade ambiental.                                                                                           | A,B,C,<br>D | Médio             | STLI                         | Açude Marés        | Conforme necessidade | Sem custo                                            | Contato de emergência.                                                                                              |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 23 (Parte 2) – Ficha de Gestão de Projetos (Captação/Adução)

|                                                                                                 |             |                   |                      |                                 |             |                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CA5.2- Criar cronograma de monitoramento dos mananciais, através de visitas in loco.            | A,B,C,<br>D | <b>Médio</b>      | STLI<br>GRLI<br>GECQ | Açude Marés                     | Imediato    | Custo referente aos parâmetros analisados subcontratados       | Realizando visitas periódicas ao manancial e coletas em pontos estratégicos para análise de monitoramento.                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| CA5.3- Sinalizar as captações com avisos educativos.                                            | A,B,C,<br>D | <b>Médio</b>      | STLI                 | Captação ETA Marés e Comunidade | Curto prazo | Custo referente a elaboração e impressão do material educativo | Criar uma cartilha explicativa com orientações de preservar o meio ambiente, visitas às comunidades em torno do manancial.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| CA6.2- Mudar parte do trajeto da adutora conforme estudo topográfico.                           | B           | <b>Alto</b>       | STLI<br>GRLI<br>GECQ | Captação ETA Marés              | Longo prazo | Custos do projeto                                              | Fazer um estudo de viabilidade técnica para mudança do trajeto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| CA7.1- Criar cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos.                              | B           | <b>Muito Alto</b> | STLI<br>SALI<br>SMLI | Captação ETA Marés              | Médio prazo | Sem custo                                                      | Planejamento Anual com base em ações a serem elencadas na manutenção preventiva dos itens a serem executados numa lista de checagem mensal;<br><br>Criação de Procedimentos Operacionais Padrões (POPs) para os equipamentos existentes na captação;<br><br>Inspeção periódica com POPs padrões para levantamentos e análises mensais da situação dos equipamentos inerentes a captação. |
| CA8.2- Estudo de dimensionamento hidráulico do sistema para viabilizar a nova vazão do projeto. | B           | <b>Médio</b>      | DOM                  | ETA Marés                       | Longo prazo | Sem custo                                                      | Efetuar cálculos do projeto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CA9.1- Aquisição de medidor automático.                                                         | B           | <b>Baixo</b>      | STLI<br>GRLI         | ETA Marés                       | Médio prazo | Valor do medidor                                               | Abertura de requisição de material/equipamento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 24 (Parte 1) – Ficha de Gestão de Projetos (Coagulação e Floculação)

| Etapa                                                                                                 |             |       | Coagulação e Floculação |           |             |                       |                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|-------------------------|-----------|-------------|-----------------------|----------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                                 |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| CF1- Densidade baixa dos flocos formados.                                                             |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| CF2- Desnível da calha do coagulante.                                                                 |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| CF3- Controle inadequado da dosagem do coagulante, sem reajustes conforme alteração de vazão da água. |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| CF4- Ausência de dosador digital do coagulante (leitura manual subjetiva).                            |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| CF5- Agitadores dos floculadores quebrados.                                                           |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| CF6- Falta de periodicidade de limpeza dos floculadores.                                              |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| CF7- Não há comportas de vedação no canal de água coagulada.                                          |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                               |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| A- Químico    B- Físico    C- Bactérias/Virus e Afins    D- Protozoários    E- Radiológico            |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| Monitoramento Operacional                                                                             |             |       |                         |           |             |                       |                                                    |
| Medidas de Controle                                                                                   | Perigo      | Risco | Quem                    | Onde      | Quando      | Quanto                | Como                                               |
| CF1.1- Adquirir auxiliares de coagulação.                                                             | B           | Alto  | STLI<br>GRLI            | ETA Marés | Imediato    | Custos do produto     | Abertura de requisição para compra de produto.     |
| CF4.1- Aquisição de dosador automático de coagulante.                                                 | B           | Médio | STLI<br>GRLI            | ETA Marés | Médio prazo | Valor do dosador      | Abertura de requisição para compra de equipamento. |
| CF4.2- Aquisição de bombas dosadoras reservas.                                                        | A,B,C,<br>D | Médio | STLI<br>GRLI            | ETA Marés | Médio prazo | Valor do dosador      | Abertura de requisição para compra de equipamento. |
| CF5.1- Substituição/reparo dos agitadores quebrados.                                                  | B           | Alto  | STLI<br>GRLI            | ETA Marés | Longo Prazo | Custos do equipamento | Abertura de requisição para compra de equipamento. |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 25 (Parte 2) – Ficha de Gestão de Projetos (Coagulação e Floculação)

|                                                                      |   |              |                      |           |             |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------|---|--------------|----------------------|-----------|-------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CF5.2- Criar cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos.   | B | <b>Alto</b>  | STLI<br>SALI<br>SMLI | ETA Marés | Médio prazo | Sem custo | Planejamento Anual com base em ações a serem elencadas na manutenção preventiva dos itens a serem executados numa lista de checagem mensal;<br><br>Criação de Procedimentos Operacionais Padrões (POPs) para os equipamentos;<br><br>Inspeção periódica com POPs padrões para levantamentos e análises mensais. |
| CF6.1- Elaboração de cronograma de limpeza dos floculadores.         | B | <b>Baixo</b> | STLI                 | ETA Marés | Imediato    | Sem custo | Analisar frequência necessária.<br>Criação de Procedimentos Operacionais Padrões (POPs) de limpeza.                                                                                                                                                                                                             |
| CF7.1- Estudo de viabilidade para implantação de comportas no canal. | B | <b>Baixo</b> | STLI<br>GRLI         | ETA Marés | Longo Prazo | Sem custo | Análise do projeto da ETA, condições da estrutura e levantamento de orçamento.                                                                                                                                                                                                                                  |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 26 – Ficha de Gestão de Projetos (Decantação)

| Etapa                                                                                      |               |            | Decantação           |           |             |                               |                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|----------------------|-----------|-------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                      |               |            |                      |           |             |                               |                                                                                                     |
| D1- Turbidez elevada da água decantada.                                                    |               |            |                      |           |             |                               |                                                                                                     |
| D2- Decantadores 4 e 5 com rachaduras.                                                     |               |            |                      |           |             |                               |                                                                                                     |
| D3- Falta padronização na frequência de limpeza dos decantadores.                          |               |            |                      |           |             |                               |                                                                                                     |
| D4- Gestão de resíduos                                                                     |               |            |                      |           |             |                               |                                                                                                     |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                    |               |            |                      |           |             |                               |                                                                                                     |
| A- Químico    B- Físico    C- Bactérias/Virus e Afins    D- Protozoários    E- Radiológico |               |            |                      |           |             |                               |                                                                                                     |
| Monitoramento Operacional                                                                  |               |            |                      |           |             |                               |                                                                                                     |
| Medidas de Controle                                                                        |               | Risco      | Quem                 | Onde      | Quando      | Quanto                        | Como                                                                                                |
| D2.2- Orçamento para reparo da estrutura.                                                  | B             | Muito alto | STLI<br>GRLI<br>GECQ | ETA Marés | Curto prazo | Custos de execução do serviço | Levantamento de orçamento, contratação de projeto e execução do mesmo.                              |
| D3.1- Elaboração de cronograma de limpeza dos decantadores.                                | B             | Baixo      | STLI                 | ETA Marés | Imediato    | Sem custo                     | Analisar frequência necessária.<br>Criação de Procedimentos Operacionais Padrões (POPs) de limpeza. |
| D4.1- Realizar análises do lodo descartado para definir destinação adequada.               | A,B,C,<br>D,E | Muito alto | STLI<br>GEMA         | ETA Marés | Médio Prazo | Sem custo                     | Estabelecer parcerias com órgãos ambientais.                                                        |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 27 – Ficha de Gestão de Projetos (Filtração)

| Etapa                                                                                    |        |            | Filtração                  |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|----------------------------|-----------|-----------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                    |        |            |                            |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| F1- Cor e turbidez acima do padrão operacional.                                          |        |            |                            |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| F2- Mesas de controle defasadas (sistema hidráulico).                                    |        |            |                            |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| F3- Falta padronização na frequência de limpeza dos filtros.                             |        |            |                            |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| F4- Comportas, tubulação, bombas sucateadas.                                             |        |            |                            |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| F5- Deterioração do leito filtrante, formação de bolas de lodo, rachaduras e colmatação. |        |            |                            |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                  |        |            |                            |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| A- Químico                                                                               |        | B- Físico  | C- Bacterias/Virus e Afins |           | D- Protozoários | E- Radiológico    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Monitoramento Operacional                                                                |        |            |                            |           |                 |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Medidas de Controle                                                                      | Perigo | Risco      | Quem                       | Onde      | Quando          | Quanto            | Como                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| F2.1- Estudo para viabilidade do sistema pneumático.                                     | B      | Baixo      | STLI<br>GRLI<br>GECQ       | ETA Marés | Longo prazo     | Custos do serviço | Análise do projeto da ETA, condições da estrutura e levantamento de orçamento.                                                                                                                                                                                                                                  |
| F3.1- Elaboração de cronograma de limpeza dos filtros.                                   | B      | Baixo      | STLI                       | ETA Marés | Imediato        | Sem custo         | Analisar frequência necessária.<br>Criação de Procedimentos Operacionais Padrões (POPs) de limpeza.                                                                                                                                                                                                             |
| F4.1- Substituição e/ou reparo da estrutura.                                             | B      | Muito Alto | STLI<br>GRLI<br>GECQ       | ETA Marés | Médio prazo     | Custos do serviço | Levantamento de orçamento, contratação do serviço e execução do mesmo.                                                                                                                                                                                                                                          |
| F4.2- Criar cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos.                        | B      | Muito Alto | STLI<br>SALI<br>SMLI       | ETA Marés | Médio prazo     | Sem custo         | Planejamento Anual com base em ações a serem elencadas na manutenção preventiva dos itens a serem executados numa lista de checagem mensal;<br><br>Criação de Procedimentos Operacionais Padrões (POPs) para os equipamentos;<br><br>Inspeção periódica com POPs padrões para levantamentos e análises mensais. |
| F5.1- Troca e/ou reposição do leito filtrante.                                           | B,C,D  | Alto       | GRLI                       | ETA Marés | Longo prazo     | Custos do serviço | Reposição do material do leito filtrante                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 28 – Ficha de Gestão de Projetos (Desinfecção)

| Etapa                                                                                      |        |            | Desinfecção |           |             |                   |                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|-------------|-----------|-------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                      |        |            |             |           |             |                   |                                                                              |
| DS1- Dosagem de cloro incorreta.                                                           |        |            |             |           |             |                   |                                                                              |
| DS2- Secagem dos cilindros de cloro.                                                       |        |            |             |           |             |                   |                                                                              |
| DS3- Ausência de tanque de contato.                                                        |        |            |             |           |             |                   |                                                                              |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                    |        |            |             |           |             |                   |                                                                              |
| A- Quimico    B- Físico    C- Bacterias/Virus e Afins    D- Protozoários    E- Radiológico |        |            |             |           |             |                   |                                                                              |
| Monitoramento Operacional                                                                  |        |            |             |           |             |                   |                                                                              |
| Medidas de Controle                                                                        | Perigo | Risco      | Quem        | Onde      | Quando      | Quanto            | Como                                                                         |
| DS1.1- Estabelecer um limite minimo ideal para garantir o cumprimento a legislação.        | C,D    | Muito Alto | STLI        | ETA Marés | Imediato    | Sem custo         | Através de testes e verificação do histórico de análises dos pontos de rede. |
| DS2.2- Controle de estoque dos cilindros.                                                  | C,D    | Muito Alto | STLI        | ETA Marés | Imediato    | Sem custo         | Verificação de histórico de uso dos cilindros.                               |
| DS3.1- Estudo de viabilidade de expansão de reservatório R0.                               | B      | Muito Alto | GRLI        | ETA Marés | Longo prazo | Custos de projeto | Levantamento de orçamento, contratação de projeto e execução do mesmo.       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 29 – Ficha de Gestão de Projetos (Registro de Dados)

| Etapa                                                                                            |        |       | Registro de Dados |           |             |           |                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------------------|-----------|-------------|-----------|------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                            |        |       |                   |           |             |           |                                                |
| RD1- Falta disciplina dos operadores para registrarem os dados da operação.                      |        |       |                   |           |             |           |                                                |
| RD2- Ausência de documentação para registro de ocorrências.                                      |        |       |                   |           |             |           |                                                |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                          |        |       |                   |           |             |           |                                                |
| A- Químico   B- Físico   C- Bacterias/Virus e Afins   D- Protozoários   E- Radiológico           |        |       |                   |           |             |           |                                                |
| Monitoramento Operacional                                                                        |        |       |                   |           |             |           |                                                |
| Medidas de Controle                                                                              | Perigo | Risco | Quem              | Onde      | Quando      | Quanto    | Como                                           |
| RD1.1- Capacitação dos operadores para reforçar a importância do registro de dados corretamente. | B      | Médio | STLI              | ETA Marés | Imediato    | Sem custo | Agendar treinamentos com grupos de operadores. |
| RD2.1- Elaboração de ficha de ocorrência.                                                        | B      | Baixo | STLI              | ETA Marés | Curto prazo | Sem custo | Elaboração de documento padronizado.           |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 30 – Ficha de Gestão de Projetos (Laboratório)

| Etapa                                                                                  |               | Laboratório |                            |             |                 |                      |                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|----------------------------|-------------|-----------------|----------------------|----------------------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                  |               |             |                            |             |                 |                      |                                                                |
| L1- Sem documentação padronizada.                                                      |               |             |                            |             |                 |                      |                                                                |
| L2- Os equipamentos não recebem manutenção preventiva e calibração.                    |               |             |                            |             |                 |                      |                                                                |
| L3- Equipe não capacitada.                                                             |               |             |                            |             |                 |                      |                                                                |
| L4- Ausência de alguns itens de segurança.                                             |               |             |                            |             |                 |                      |                                                                |
| L5- Destinação adequada de todos os resíduos.                                          |               |             |                            |             |                 |                      |                                                                |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                |               |             |                            |             |                 |                      |                                                                |
| A- Químico                                                                             |               | B- Físico   | C- Bactérias/Vírus e Afins |             | D- Protozoários | E- Radiológico       |                                                                |
| Monitoramento Operacional                                                              |               |             |                            |             |                 |                      |                                                                |
| Medidas de Controle                                                                    | Perigo        | Risco       | Quem                       | Onde        | Quando          | Quanto               | Como                                                           |
| L1.1- Concluir os POP's.                                                               | A,B,C,<br>D   | Médio       | STLI                       | Laboratório | Imediato        | Sem custo            | Elaboração de POP's que ainda não foram feitos.                |
| L2.1- Estabelecer um cronograma de manutenção/terceirização do serviço.                | A,B,C,<br>D   | Alto        | STLI                       | Laboratório | Imediato        | Custo de serviço     | Criar um POP e buscar fornecedores para realização do serviço. |
| L3.1- Providenciar treinamento para os colaboradores.                                  | A,B,C,<br>D   | Muito Alto  | STLI                       | Laboratório | Imediato        | Sem custo            | Agendar treinamento com laboratoristas.                        |
| L4.1- Adquirir sistema de exaustão, chuveiro de emergência, lava olhos, mapa de risco. | A,B,C,<br>D,E | Muito Alto  | STLI<br>GRLI               | Laboratório | Médio Prazo     | Custos dos materiais | Abertura de requisição para compra de material.                |
| L5.1- Análise dos resíduos para destinação adequada.                                   | A,B,C,<br>D,E | Médio       | STLI<br>GEMA               | Laboratório | Médio Prazo     | Sem custo            | Estabelecer parcerias com órgãos ambientais (PB Ambiental)     |

Fonte: Autor (2022).

### 5.2.2 Medidas de Controle Operacionais (O)

As medidas de controle operacional são ações práticas que fazem ou deveriam fazer parte da rotina de operação do sistema, tendo assim um monitoramento constante, sendo possível prevenir ou eliminar possíveis falhas no sistema. Nessa etapa foram definidos também os parâmetros, limite crítico e operacional e uma ação corretiva para cada medida de controle. As ações corretivas são necessárias para eliminar uma causa ou problema detectado durante o processo operacional.

A seguir, são apresentados os Quadros 31-37 que representam as informações das medidas de controle gerenciais consolidadas em Fichas de Gestão de Rotinas, para cada etapa mapeada.

Quadro 31 – Ficha de Gestão de Rotina (Captação/Adução)

| Etapa                                                                                                                                                         |        |            |     | Captação e Adução             |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|-----|-------------------------------|-------------------------------|----------|--------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                                                                                         |        |            |     |                               |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
| CA1- Manancial desprotegido e/ou chuvas com intensidade de moderada a intensa.                                                                                |        |            |     |                               |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
| CA6- Entrada de ar.                                                                                                                                           |        |            |     |                               |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
| CA7- Má estado de conservação das estruturas e equipamentos de captação e adução.                                                                             |        |            |     |                               |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
| CA8- Manutenção inadequada dos dispositivos de captação e adução.                                                                                             |        |            |     |                               |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                                                                                       |        |            |     |                               |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
| A- Químico B- Físico C- Bacterias/Virus e Afins D- Protozoários E- Radiológico                                                                                |        |            |     |                               |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
| Monitoramento Operacional                                                                                                                                     |        |            |     |                               |                               |          |                    |                                          |                                                                                              |
| Medidas de Controle                                                                                                                                           | Perigo | Risco      | POP | Responsável                   | Frequência                    | Local    | Parâmetro          | Limite (Crítico/Operacional)             | Ação corretiva                                                                               |
| CA1.1- Monitorar a intensidade das chuvas (parcerias com outras instituições) e identificar quais intensidades geram considerável turbidez para o tratamento. | B      | Médio      |     | Área técnica<br>Operador ETA. | Conforme regime pluviométrico | Captação | mm/h               | C - Maior que 20 mm/h<br>O - Até 20 mm/h | Paralisar o tratamento.<br>Correção de dosagem de coagulante.<br>Aplicação de soda cáustica. |
| CA6.1- Monitoramento do nível da captação                                                                                                                     | B      | Alto       |     | Área técnica.                 | Semanal                       | Captação | Altura (metro)     | C - 13,70 m<br>O - 16,60 m               | Captar menos água até a situação se normalizar.                                              |
| CA7.2- Seguir o cronograma de manutenção preventiva                                                                                                           | B      | Muito Alto |     | Área técnica.                 | Bimestral                     | Captação | Conforme checklist | -                                        | Reparos emergenciais.                                                                        |
| CA8.1- Seguir o cronograma de manutenção preventiva                                                                                                           | B      | Médio      |     | Área técnica.                 | Bimestral                     | Captação | Conforme checklist | -                                        | Reparos emergenciais.                                                                        |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 32 – Ficha de Gestão de Rotina (Coagulação e Floculação)

| Etapa                                                                                                 |        | Coagulação e Floculação |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-----|--------------|------------|--------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                                 |        |                         |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
| CF2- Desnível da calha do coagulante.                                                                 |        |                         |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
| CF3- Controle inadequado da dosagem do coagulante, sem reajustes conforme alteração de vazão da água. |        |                         |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
| CF5- Agitadores dos floculadores quebrados.                                                           |        |                         |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
| CF6- Falta de periodicidade de limpeza dos floculadores.                                              |        |                         |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                               |        |                         |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
| A- Químico B- Físico C- Bacterias/Virus e Afins D- Protozoários E- Radiológico                        |        |                         |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
| Monitoramento Operacional                                                                             |        |                         |     |              |            |              |                    |                                                                         |                                                         |
| Medidas de Controle                                                                                   | Perigo | Risco                   | POP | Responsável  | Frequência | Local        | Parâmetro          | Limite (Crítico/Operacional)                                            | Ação corretiva                                          |
| CF2.1- Correção do desnível da calha do coagulante.                                                   | B      | Alto                    |     | Operador ETA | Diária     | Calha        | Visual             | -                                                                       | Ajustar a entrada de coagulante na calha.               |
| CF3.1- Monitorar visualmente a cor e turbidez.                                                        | B      | Médio                   |     | Operador ETA | Diária     | Floculadores | Visual             | C- Alteração elevada de cor e turbidez / O- Alteração de cor e turbidez | Alterar a dosagem do coagulante e/ou vazão de operação. |
| CF3.2- Monitoramento da coagulação pela ficha de controle da vazão e dosagem de coagulante por hora.  | B      | Médio                   |     | Operador ETA | Diária     | ETA Marés    | Dados registrados  | -                                                                       | Alterar a dosagem do coagulante e/ou vazão de operação. |
| CF5.3- Seguir o cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos.                                 | B      | Alto                    |     | Área técnica | Bimestral  | Floculadores | Conforme checklist | -                                                                       | Reparos emergenciais.                                   |
| CF6.2- Cumprir cronograma de limpeza dos floculadores.                                                | B      | Baixo                   |     | Operador ETA | Semanal    | Floculadores | Visual             | -                                                                       | Efetuar limpeza dos floculadores.                       |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 33 – Ficha de Gestão de Rotina (Decantação)

| Etapa                                                                                  |        |            |     | Decantação   |            |                    |                                |                                                 |                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|-----|--------------|------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                  |        |            |     |              |            |                    |                                |                                                 |                                                     |
| D1- Turbidez elevada da água decantada.                                                |        |            |     |              |            |                    |                                |                                                 |                                                     |
| D2- Decantadores 4 e 5 com rachaduras.                                                 |        |            |     |              |            |                    |                                |                                                 |                                                     |
| D3- Falta padronização na frequência de limpeza dos decantadores.                      |        |            |     |              |            |                    |                                |                                                 |                                                     |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                |        |            |     |              |            |                    |                                |                                                 |                                                     |
| A- Químico B- Físico C- Bactérias/Virus e Afins D- Protozoários E- Radiológico         |        |            |     |              |            |                    |                                |                                                 |                                                     |
| Monitoramento Operacional                                                              |        |            |     |              |            |                    |                                |                                                 |                                                     |
| Medidas de Controle                                                                    | Perigo | Risco      | POP | Responsável  | Frequência | Local              | Parâmetro                      | Limite (Crítico/Operacional)                    | Ação corretiva                                      |
| D1.1- Monitorar o nível do lodo nos decantadores.                                      | B,C,D  | Médio      |     | Operador ETA | Semanal    | Decantadores       | Nível da cortina do decantador | C - Ao chegar na cortina/ O - Abaixo da cortina | Efetuar limpeza dos decantadores.                   |
| D1.2- Controle da floculação.                                                          | B      | Médio      |     | Operador ETA | Diário     | Floculadores       | Visual                         | -                                               | Ajustar dosagem; Ajustar a vazão.                   |
| D2.1- Descarga conjunta dos decantadores para nao haver sobrecarga em nenhum dos dois. | B      | Muito alto |     | Operador ETA | Semanal    | Decantadores 4 e 5 | -                              | -                                               | Efetuar limpeza em conjunto dos decantadores 4 e 5. |
| D3.2- Cumprir cronograma de limpeza dos decantadores.                                  | B      | Baixo      |     | Operador ETA | Semanal    | Decantadores       | Visual                         | -                                               | Efetuar limpeza dos decantadores.                   |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 34 – Ficha de Gestão de Rotina (Filtração)

| Etapa                                                                                        |        |            |     | Filtração    |                     |              |                            |                                   |                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|-----|--------------|---------------------|--------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                                        |        |            |     |              |                     |              |                            |                                   |                                                                  |
| F1- Cor e turbidez acima do padrão operacional.                                              |        |            |     |              |                     |              |                            |                                   |                                                                  |
| F3- Falta padronização na frequência de limpeza dos filtros.                                 |        |            |     |              |                     |              |                            |                                   |                                                                  |
| F4- Comportas, tubulação, bombas sucateadas.                                                 |        |            |     |              |                     |              |                            |                                   |                                                                  |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                                      |        |            |     |              |                     |              |                            |                                   |                                                                  |
| A- Químico B- Físico C- Bacterias/Virus e Afins D- Protozoários E- Radiológico               |        |            |     |              |                     |              |                            |                                   |                                                                  |
| Monitoramento Operacional                                                                    |        |            |     |              |                     |              |                            |                                   |                                                                  |
| Medidas de Controle                                                                          | Perigo | Risco      | POP | Responsável  | Frequência          | Local        | Parâmetro                  | Limite<br>(Crítico/Operacional)   | Ação corretiva                                                   |
| F1.1- Verificar a turbidez da água decantada e fazer as correções necessárias na decantação. | B,C,D  | Médio      |     | Operador ETA | Diário              | Decantadores | Cor - uH<br>Turbidez - NTU | Remoção:<br>C - 60%<br>O - 75-80% | Limpeza dos decantadores e/ou correção de dosagem de coagulante. |
| F1.2- Efetuar retrolavagem dos filtros, caso necessário.                                     | B,C,D  | Médio      |     | Operador ETA | Conforme necessário | Filtros      | Visual                     | -                                 | Efetuar limpeza dos filtros.                                     |
| F3.2- Cumprir cronograma de limpeza dos filtros.                                             | B,C,D  | Baixo      |     | Operador ETA | Semanal             | Filtros      | Visual                     | -                                 | Efetuar limpeza dos filtros.                                     |
| F4.3- Seguir o cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos.                         | B      | Muito Alto |     | Área técnica | Bimestral           | ETA          | Conforme checklist         | -                                 | Reparos emergenciais.                                            |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 35 – Ficha de Gestão de Rotina (Desinfecção)

| Etapa                                                                          |          |            |     | Desinfecção            |                   |                      |           |                                          |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|-----|------------------------|-------------------|----------------------|-----------|------------------------------------------|--------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                          |          |            |     |                        |                   |                      |           |                                          |                    |
| DS1- Dosagem de cloro incorreta.                                               |          |            |     |                        |                   |                      |           |                                          |                    |
| DS2- Secagem dos cilindros de cloro.                                           |          |            |     |                        |                   |                      |           |                                          |                    |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                        |          |            |     |                        |                   |                      |           |                                          |                    |
| A- Químico B- Físico C- Bacterias/Virus e Afins D- Protozoários E- Radiológico |          |            |     |                        |                   |                      |           |                                          |                    |
| Monitoramento Operacional                                                      |          |            |     |                        |                   |                      |           |                                          |                    |
| Medidas de Controle                                                            | Perigo   | Risco      | POP | Responsável            | Frequência        | Local                | Parâmetro | Limite (Crítico/Operacional)             | Ação corretiva     |
| DS1.2- Realizar análises de cloro e dosar conforme a necessidade.              | C,D      | Muito Alto |     | Operador/Laboratorista | A cada duas horas | ETA                  | mg/L      | C - 0,2 < X < 5,0 /<br>O - 1,0 < X < 1,5 | Ajustar a dosagem. |
| DS1.3- Fazer coleta e análises semanais na rede de distribuição.               | A,B,C, D | Muito Alto |     | Amostrador             | Semanal           | Rede de distribuição | mg/L      | C - 0,2 < X < 5,0 /<br>O - 0,2 < X < 1,0 | Ajustar a dosagem. |
| DS2.1- Acompanhar análises de cloro no laboratório.                            | C,D      | Muito Alto |     | Operador ETA           | A cada duas horas | ETA                  | mg/L      | C - 0,2 < X < 5,0 /<br>O - 1,0 < X < 1,5 | Trocar cilindro.   |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 36 – Ficha de Gestão de Rotina (Registro de Dados)

| Etapa                                                                          |        |       |     | Registro de Dados |                      |       |           |                                 |                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-----|-------------------|----------------------|-------|-----------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                          |        |       |     |                   |                      |       |           |                                 |                                     |
| RD2- Ausência de documentação para registro de ocorrências.                    |        |       |     |                   |                      |       |           |                                 |                                     |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                        |        |       |     |                   |                      |       |           |                                 |                                     |
| A- Químico B- Físico C- Bactérias/Vírus e Afins D- Protozoários E- Radiológico |        |       |     |                   |                      |       |           |                                 |                                     |
| Monitoramento Operacional                                                      |        |       |     |                   |                      |       |           |                                 |                                     |
| Medidas de Controle                                                            | Perigo | Risco | POP | Responsável       | Frequência           | Local | Parâmetro | Limite<br>(Crítico/Operacional) | Ação corretiva                      |
| RD2.2- Registrar a ficha de ocorrência.                                        | B      | Baixo |     | Operador          | Conforme ocorrências | ETA   | -         | -                               | Fazer preenchimento posteriormente. |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 37 – Ficha de Gestão de Rotina (Laboratório)

| Etapa                                                                          |          |       |                    | Laboratório            |            |             |                    |                                                             |                           |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|--------------------|------------------------|------------|-------------|--------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Eventos perigosos detectados na Etapa                                          |          |       |                    |                        |            |             |                    |                                                             |                           |
| L2- Os equipamentos não recebem manutenção preventiva e calibração.            |          |       |                    |                        |            |             |                    |                                                             |                           |
| Perigos Potenciais encontrados na Etapa                                        |          |       |                    |                        |            |             |                    |                                                             |                           |
| A- Químico B- Físico C- Bacterias/Virus e Afins D- Protozoários E- Radiológico |          |       |                    |                        |            |             |                    |                                                             |                           |
| Monitoramento Operacional                                                      |          |       |                    |                        |            |             |                    |                                                             |                           |
| Medidas de Controle                                                            | Perigo   | Risco | POP                | Responsável            | Frequência | Local       | Parâmetro          | Limite (Crítico/Operacional)                                | Ação corretiva            |
| L2.2- Calibração dos equipamentos com padrões.                                 | A,B,C, D | Alto  | Ver POP calibração | Operador/Laboratorista | Mensal     | Laboratório | Cor, Turbidez e pH | C - Resultados incoerentes<br>O - Constância nos resultados | Fazer calibração externa. |

Fonte: Autor (2022).

### 5.3 ETAPA 3 – Gestão do PSA

A terceira etapa é fundamentada na necessidade de se manter um histórico de registros e documentos que possam ser utilizados para futuras correções e adequações do PSA, além de resguardar a CAGEPA perante os órgãos de fiscalização.

Como parte integrante desta etapa, faz-se necessária a criação do Plano de Emergência e Contingência (PEC), para atuar em situações consideradas excepcionais e imprevisíveis, como por exemplo, desastres naturais, enchentes, longos períodos de estiagem, contaminação acidental ou proposital, falta prolongada de energia, rompimento de adutoras de água, entre outros, que de algum modo, colocam em risco a operação do sistema.

Além disso, situações excepcionais deverão ser registradas e investigadas, quais as causas e as medidas a serem adotadas para que posteriormente não haja reincidência ou que, pelo menos, o impacto seja mitigado ou reduzido. Tudo deve estar documentado e padronizado, para que todos possam seguir a mesma forma de agir diante de uma adversidade.

#### 5.3.1 Plano de Emergência e Contingência (PEC)

A metodologia adotada para elaboração do PEC segue a mesma linha de raciocínio das fases anteriores do PSA, diferenciando-se pelo fato de tratar de eventos impossíveis de se prever e com consequências extremamente impactantes. Assim, foram analisadas as etapas em questão do sistema e identificados tais eventos, para posterior elaboração de planos de ação. O Quadro 38 mostra os pontos que foram identificados para realidade da unidade Marés.

Quadro 38 - Pontos vulneráveis identificados no PEC

| Pontos Vulneráveis do sistema | Eventos Adversos   |              |                     |             |
|-------------------------------|--------------------|--------------|---------------------|-------------|
|                               | Cheia/<br>Estiagem | Contaminação | Falta de<br>Energia | Rompimentos |
| Manancial                     | X                  | X            |                     |             |
| Captação                      | X                  | X            |                     |             |
| Adutora de AB                 |                    |              |                     | X           |
| ETA                           |                    | X            |                     |             |
| EEAT                          |                    |              | X                   |             |
| Adutora de AT                 |                    |              |                     | X           |

Fonte: Autor (2022).

Para cada um dos eventos identificados no Quadro 38, foi criado um Plano de Ação, identificados nos quadros 39-42 onde foram definidas as responsabilidades de atuação de cada colaborador, sendo que conforme se eleva o nível de criticidade da situação, faz-se necessário informar diferentes níveis hierárquicos e/ou órgãos externos.

Quadro 39 - Plano de Ação - Estiagem/ Ponto Vulnerável: Manancial/Captação

| <b>Situação</b> | <b>Descrição - Nível da Captação abaixo de 80%</b>                                                       | <b>Responsável</b> |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Ação 01         | Monitorar nível a cada hora                                                                              | CCO/Operador/AESA  |
| Ação 02         | Informar a situação a Direção                                                                            | Operador           |
| Ação 03         | Operar flutuantes/comportas                                                                              | Operador           |
| Ação 04         | Reduzir vazão da ETA                                                                                     | AESA/CAGEPA/ANA    |
| Ação 05         | Solicitar, através dos meios de comunicação, para que a população economize água                         | DIREÇÃO/ACM        |
| Ação 06         | Definir plano de racionamento                                                                            | DIREÇÃO/ACM        |
| <b>Situação</b> | <b>Descrição - Em caso de cheia</b>                                                                      | <b>Responsável</b> |
| Ação 07         | Verificar o impacto na Torre de Captação, e caso necessário solicitar abertura das comportas da barragem | Operador           |
| <b>Situação</b> | <b>Descrição – Retorno a normalidade</b>                                                                 | <b>Responsável</b> |
| Ação 08         | Retomar padrão de operação                                                                               | Operador           |
| Ação 09         | Informar a Direção                                                                                       | Operador           |
| Ação 10         | Comunicar a população                                                                                    | ACM                |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 40 - Plano de Ação - Contaminação/ Ponto Vulnerável:  
Manancial/Captação/ETA

| <b>Situação</b> | <b>Identificação</b>                                                                                                 | <b>Responsável</b>   |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Ação 01         | Identificar origem da contaminação (cargas perigosas, dejetos, etc.)                                                 | Operador/Laboratório |
| Ação 02         | Notificar autoridade ambiental (Manancial/Captação) e/ou formalizar denúncia                                         | STLI                 |
| <b>Situação</b> | <b>Origem do contaminante</b>                                                                                        | <b>Responsável</b>   |
| Ação 03         | Parar captação (Manancial/Captação) e/ou fechar a entrada dos reservatórios de distribuição (ETA)                    | CCO                  |
| Ação 04         | Verificar se ainda está havendo contaminação. Em caso positivo, verificar meios de cessá-la                          | Laboratório/STLI     |
| <b>Situação</b> | <b>Contenção</b>                                                                                                     | <b>Responsável</b>   |
| Ação 05         | Averiguar extensão da contaminação, através de análises, iniciando pelos reservatórios se houver contaminação na ETA | STLI                 |

|                 |                                                                                                        |                    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Ação 06         | Caso os reservatórios estejam contaminados, realizar manobras para descarte da água contaminada da ETA | CCO                |
| <b>Situação</b> | <b>Informação</b>                                                                                      | <b>Responsável</b> |
| Ação 07         | Informar a Direção da CAGEPA                                                                           | GRLI               |
| Ação 08         | Informar a população através dos meios de comunicação sobre o incidente e medidas preventivas          | ACM/DIREÇÃO        |
| <b>Situação</b> | <b>Restabelecimento do fornecimento</b>                                                                | <b>Responsável</b> |
| Ação 09         | Fazer acompanhamento através de análises para reestabelecimento das adutoras                           | STLI/CCO           |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 41 - Plano de Ação - Falta de Energia/Ponto Vulnerável: EEAT

|                 |                                                                                         |                    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Situação</b> | <b>Falta d'água</b>                                                                     | <b>Responsável</b> |
| Ação 01         | Checar com a operadora de energia se existe alguma previsão de retorno da energia       | CCO                |
| Ação 02         | Caso se estenda por mais de 6h, informar a chefia imediata e/ou direção                 | CCO                |
| Ação 03         | Informar a população sobre a falta d'água através dos meios de comunicação              | ACM                |
| Ação 04         | Caso se estenda por mais de 12h, providenciar gerador de energia para as bombas da EEAT | GEGE               |
| <b>Situação</b> | <b>Restabelecimento do fornecimento de energia</b>                                      | <b>Responsável</b> |
| Ação 05         | Retirar o gerador de energia                                                            | GEGE               |

Fonte: Autor (2022).

Quadro 42 - Plano de Ação - Rompimentos/ Ponto Vulnerável: Adutoras

|                 |                                                                 |                      |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Situação</b> | <b>Monitoramento</b>                                            | <b>Responsável</b>   |
| Ação 01         | Monitorar pressão nas adutoras                                  | CCO                  |
| Ação 02         | Caso haja rompimento, paralisar a distribuição no local afetado | CCO                  |
| <b>Situação</b> | <b>Informação</b>                                               | <b>Responsável</b>   |
| Ação 03         | Comunicar a Gerência/Direção                                    | GRLI                 |
| Ação 04         | Informar a população afetada através dos meios de comunicação   | ACM                  |
| <b>Situação</b> | <b>Reparo e/ou medidas paliativas</b>                           | <b>Responsável</b>   |
| Ação 05         | Verificar a possibilidade de conserto                           | Equipe de manutenção |
| <b>Situação</b> | <b>Restabelecimento do abastecimento</b>                        | <b>Responsável</b>   |
| Ação 06         | Realizar os reparos necessários                                 | Equipe de manutenção |
| Ação 07         | Realizar o descarte de água                                     | E. Manutenção        |
| Ação 08         | Normalizar o fornecimento                                       | E. Manutenção        |

Fonte: Autor (2022).

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste PSA foi essencial para o entendimento prático da ETA de Marés, e do SAA no geral, reconhecendo seu potencial, bem como suas limitações e deficiências. E dessa forma, a metodologia foi aplicada de forma adaptada para a realidade existente na autarquia e, de acordo com as suas possibilidades.

Após a implantação e capacitação do PSA e do PEC, faz-se necessária uma avaliação constante para identificação de possíveis alterações, conforme o balanço de andamento das atividades do PSA e de sua aplicabilidade, devendo-se sempre manter um histórico das versões de revisão e/ou correção para consulta de dados e estudos que venham a ser realizados. O PSA de Marés se utilizado da maneira correta trará inúmeros benefícios para a operação e gestão do sistema, e garantirá a confiabilidade e qualidade do produto final.

Por fim, é importante evidenciar a parceria aqui firmada Universidade – CAGEPA, unindo conhecimentos que de forma individual não apresentariam a eficácia de uma atuação conjunta de cooperação mútua.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Painel do Atlas Águas: Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/>>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

ALVES, Adriano Gama, et al. **Padrão de potabilidade: Contexto histórico das portarias de potabilidade, dúvidas, indagações, considerações e preocupações da nova Portaria GM/MS nº 888/21**. Brasil, 2021, 25 p.

BASTOS R.K.X; HELLER, L.; PRINCE. A.A; BRANDÃO, C.C.S.; COSTA, S.S.; BEVILACQUA, P.D.; ALVES, R.M.S. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde – Manual para os responsáveis pela vigilância e controle**. Brasília: Ministério da Saúde, 260 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos), 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 46, de 10 de fevereiro de 1998. **Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC a ser implantado, gradativamente, nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do Serviço de Inspeção Federal - SIF, de acordo com o Manual Genérico de Procedimentos**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. **Legislação para águas de consumo humano**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília (DF), 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Plano de Segurança da Água - Garantindo a Qualidade e Promovendo a Saúde - Um olhar do SUS**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde. Brasília (DF), 2012. 61 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 888, de 4 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.** Brasília (DF), 2021.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA). **CAGEPA**, c2015. Institucional – Apresentação. Disponível em: <<https://www.cagepa.pb.gov.br/institucional/apresentacao/#>>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA). **Plano de Segurança da Água (PSA) - Sistema de Abastecimento de Água de Campina Grande.** Campina Grande – PB, 2021.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. **Água e Saúde.** Brasília (DF), 2001.

PAULO, W. L., et. al. **Riscos e Controles Internos: Uma Metodologia de Mensuração dos Níveis de Controle de Riscos Empresariais.** R. Cont. Fin., USP, São Paulo, 2007. n. 43. p. 49 - 60.

PROFETA, Rogério Augusto; SILVA, Simone Fermínio da. **APPCC – Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle na Empresa de Açúcar.** XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.

SANTOS, Ellen Alves dos. **Diagnóstico das Boas Práticas de Fabricação em uma Indústria de Bebidas.** Monografia (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba. Centro de Tecnologia. João Pessoa, 2020. 49 f.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAÉ). **Plano de Segurança da Água (PSA) - Sistema de Abastecimento de Água do Município de São Ludgero.** São Ludgero – SC, 2019.

SCURACCHIO, Paola Andressa. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos – SP.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição. Araraquara, 2010. 57 f.

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.** São Paulo, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019169881>. Acesso em: 24 de maio de 2022.