



UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental

LORRAINE BERNARDES BORGES

**ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA EM
SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TIPO CICLO COMPLETO
ATRAVÉS DE UMA METODOLOGIA MULTIDISCIPLINAR**

RIBEIRÃO PRETO
2023

LORRAINE BERNARDES BORGES

**ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA EM
SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TIPO CICLO COMPLETO
ATRAVÉS DE UMA METODOLOGIA MULTIDISCIPLINAR**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes

RIBEIRÃO PRETO
2023

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

BORGES, Lorraine Bernardes, 1988-

B732e Elaboração do plano de segurança da água em sistema de
tratamento de água do tipo ciclo completo através de uma
metodologia multidisciplinar / Lorraine Bernardes Borges. – Ribeirão
Preto, 2023.

142 f. : il. color.

Orientador: Prof.^oDr.^oLuciano Farias de Novaes.

Tese (Doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP,
Mestrado em Tecnologia Ambiental, 2023.

LORRAINE BERNARDES BORGES

“ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TIPO CICLO COMPLETO ATRAVÉS DE UMA METODOLOGIA MULTIDISCIPLINAR”

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto, para a obtenção do título de Doutora em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 27 de fevereiro de 2023

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA

LUCIANO FARIAS DE NOVAES:05040506643

Assinado de forma digital por LUCIANO FARIAS DE NOVAES em 09/03/2023 16:24:38-0300
Dados: 2023.03.08 16:24:38 -03'00'

Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes

Presidente/Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Profª. Dra. Isadora Alves Lovo Ismail.
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP



Documento assinado digitalmente

ISADORA ALVES LOVO ISMAIL

Data: 09/03/2023 16:24:38-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Gustavo Almeida Frata

Assinado de forma digital por Gustavo Almeida Frata em 07/03/2023 10:32:07-0300
Dados: 2023.03.08 16:56:55 -03'00'

Prof. Dr. Gustavo Almeida Frata

Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP

Prof. Dr. Celso Luiz Franzotti

FATEC/SERTÃOZINHO



Documento assinado digitalmente

EDUARDO LUCENA CAVALCANTE DE AMORIM

Data: 07/03/2023 10:32:07-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim
UFAL

**Ribeirão Preto
2023**

DEDICATÓRIA

Ao grande amor da minha vida, minha mãe, Gleida Maria Bernardes Borges, ao meu pai, Tomé Tadeu Borges, e meu esposo, William Hertz Ganzenmuller, por todo apoio nos momentos de dificuldade, pelo amor e motivação ao longo de toda trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concebido a oportunidade de evoluir nos meus estudos, fornecendo força e esperança sempre que eu pensei em não começar e até mesmo desistir.

Um agradecimento especial a minha mãe que sempre incentivou e dedicou todos os esforços juntamente com o meu pai a minha educação e formação profissional.

Agradeço ao meu esposo que sempre apoiou e teve a devida compreensão durante meus estudos.

Ao Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes, por sua orientação e apoio incondicional, sem os quais não seria possível a conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos os professores do Programa de Doutorado em Tecnologia Ambiental que contribuíram diretamente ou indiretamente para a minha formação.

À Prof^a. Dr^a. Luciana Rezende Alves de Oliveira por todo apoio.

Agradeço aos meus amigos pela cumplicidade e aos profissionais que atuam nos bastidores dessa trajetória.

À Universidade de Ribeirão Preto pela disponibilização dos recursos necessários para realização da pesquisa.

RESUMO

Os problemas atuais em relação as contaminações dos corpos hídricos impactam diretamente os sistemas de tratamento de água, sendo um dos tipos mais utilizados o de ciclo completo que dependendo do cenário pode não ser suficiente para retirar e neutralizar possíveis riscos dentro do processo. A Portaria GM/MS nº888/2021 considera a elaboração do Plano de Segurança da Água (PSA) como uma boa prática e condiciona sua obrigatoriedade a avaliação da Secretária de Saúde. O objetivo do presente estudo foi elaborar um PSA através do aperfeiçoamento da metodologia multidisciplinar executando um piloto em um Sistema A, situado no interior do Estado de São Paulo. A metodologia utilizada foi a descrição detalhada de todas as etapas do sistema de tratamento, constituição de uma equipe multidisciplinar, avaliação do monitoramento operacional com dados de dois anos, elaboração de documentos de gestão e sugestão de um indicador de avaliação de eficiência do plano. No processo de desenvolvimento a equipe multidisciplinar foi composta por profissionais das áreas de gestão, operacional, comercial, qualidade e sustentabilidade, sendo capacitada para identificação de risco e levantamento de todos os aspectos qualitativos e quantitativos com foco na segurança hídrica. Na descrição das etapas do sistema de tratamento de água A, utilizou-se de posse de todas as informações. O manancial A trata-se de uma represa que em seu entorno ocorrem atividades agropecuárias e cultivos de plantações, como também lançamentos de esgotos oriundos de áreas verdes invadidas de forma irregular, gerando riscos de contaminações por agrotóxicos, matéria orgânica e nutrientes. A Estação de Tratamento de Água A possui um tratamento de ciclo completo de estrutura metálica. A identificação dos riscos se deu através de uma matriz de risco, aplicada para cada etapa do processo, onde a multidisciplinariedade, demonstrou eficiência e um conhecimento global de todo processo. O histórico de análises referente a água bruta apresentou resultados com oscilações para os parâmetros de ferro, manganês, nitrogênio e densidade de cianobactérias. Na água potável os resultados indicaram todos os parâmetros dentro do valor de referência da legislação vigente. Os documentos de gestão e o plano de comunicação e emergência foram elaborados seguindo na composição o envolvimento e comprometimento da alta gestão até a área operacional para maior clareza e assertividade das ações a serem seguidas em situações emergenciais. Para o acompanhamento da eficiência do PSA, sugeriu-se um indicador de avaliação de eficiência do plano nomeado como IQA. O seu cálculo foi realizado através das análises dos parâmetros de pH, cloro residual livre, fluoretos, cor aparente e turbidez realizadas na saída do tratamento e na rede de distribuição. Esses parâmetros selecionados para compor o indicador caracterizam a integridade e manutenção do fluxo de abastecimento de água com uniformidade e qualidade. De posse dos resultados e levantamentos concluiu que a elaboração do plano, utilizando da multidisciplinariedade, propiciou ao estudo uma visão e avaliação global de todo sistema, conforme o objetivo geral do trabalho.

Palavras-chave: Plano de Segurança da Água. Estação de Tratamento de Água. Segurança Hídrica. Saúde Pública. Sustentabilidade Ambiental e ASG.

ABSTRACT

The current problems in relation to contamination of water bodies directly impact the water treatment systems, one of the most used types being the complete cycle, which depending on the scenario may not be sufficient to remove and neutralize possible risks within the process. The Portaria GM/MS nº888/2021 considers the elaboration of the Water Safety Plan (PSA) as a good practice and conditions its obligatoriness to the evaluation of the Health Secretary. The objective of the present study was to elaborate a PES through the improvement of the multidisciplinary methodology by running a pilot in a System A, located in the countryside of the State of São Paulo. The methodology used was the detailed description of all the stages of the treatment system, constitution of a multidisciplinary team, evaluation of the operational monitoring with data from two years, elaboration of management documents and suggestion of an indicator to evaluate the efficiency of the plan. In the development process, the multidisciplinary team was composed of professionals from the management, operational, commercial, quality, and sustainability areas, being trained to identify risks and survey all qualitative and quantitative aspects with a focus on water safety. All the information was used in the description of the stages of the water treatment system A. Source A is a dam that is surrounded by agricultural activities and plantations, as well as by sewage from irregularly invaded green areas, generating risks of contamination by pesticides, organic matter, and nutrients. The Water Treatment Station A has a complete cycle treatment of metallic structure. The identification of risks was done through a risk matrix, applied to each stage of the process, where the multidisciplinary team demonstrated efficiency and a global knowledge of the entire process. The history of analysis regarding raw water presented results with oscillations for the parameters iron, manganese, nitrogen, and cyanobacteria density. In drinking water, the results indicated that all parameters were within the reference value of the current legislation. The management documents and the communication and emergency plan were prepared following in the composition the involvement and commitment of the top management up to the operational area for more clarity and assertiveness of the actions to be followed in emergency situations. To monitor the efficiency of the PSA, it was suggested an indicator for evaluating the efficiency of the plan named IQA. It was calculated through analyses of the pH, free residual chlorine, fluoride, apparent color, and turbidity parameters performed at the treatment output and in the distribution network. These parameters selected to compose the indicator characterize the integrity and maintenance of the water supply flow with uniformity and quality. In possession of the results and surveys, he concluded that the elaboration of the plan, using multidisciplinary, provided the study with a global vision and evaluation of the entire system, in accordance with the general objective of the work.

Keywords: Water Safety Plan. Water Treatment Plant. Water Safety. Public Health. Environmental Sustainability and ESG.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de Saneamento Básico por regiões do Brasil, referente ao ano de 2020	8
Figura 2. Dados de Saúde por regiões do Brasil, referente ao ano de 2020.....	9
Figura 3. Histórico de Legislações para Potabilidade da Água	17
Figura 4. Metodologia OMS/IWA para boas prática para implementação do PSA....	19
Figura 5. Etapas inseridas para o desenvolvimento do Plano de Segurança da Água	21
Figura 6. Etapas utilizadas para o desenvolvimento do PSA	22
Figura 7. Delimitação da Represa A.....	40
Figura 8. Fluxograma do processo de tratamento da água na ETA A.....	45
Figura 9. Esquemático da infraestrutura existente na ETA A	46
Figura 10. Vista superior da ETA A	47
Figura 11. Treinamento da primeira turma, realizado em 10 de setembro de 2021 ..	50
Figura 12. Treinamento da segunda turma, realizado em 18 de agosto de 2021	50
Figura 13. Treinamento da terceira turma, realizado em 10 de setembro de 2021 ...	50
Figura 14. Etapas do Sistema de Abastecimento de Água que contempla o PSA....	52
Figura 15. Detalhamento das etapas inseridas na metodologia da Organização Mundial de Saúde	54
Figura 16. Resultados do acompanhamento da concentração de ferro total (mg/L) no ponto de captação (água bruta)	69
Figura 17. Resultados do acompanhamento da concentração de manganês total (mg/L) no ponto de captação (água bruta)	69
Figura 18. Resultados do acompanhamento da concentração de cor (uH) no ponto de captação (água bruta)	70
Figura 19. Resultados do acompanhamento da concentração de turbidez (uT) no ponto de captação (água bruta)	70
Figura 20. Resultados do acompanhamento da concentração de nitrogênio total (mg/L) no ponto de captação (água bruta)	71
Figura 21. Resultados do acompanhamento da concentração de nitrogênio amoniacal (mg/L) no ponto de captação (água bruta)	71

Figura 22. Resultados do acompanhamento da concentração de nitrito (mg/L) no ponto de captação (água bruta)	72
Figura 23. Resultados do acompanhamento da concentração de nitrato (mg/L) no ponto de captação (água bruta)	72
Figura 24. Resultados do acompanhamento de pH no ponto de captação (água bruta).....	73
Figura 25. Resultados do acompanhamento da temperatura (°C) no ponto de captação (água bruta)	73
Figura 26. Resultados do acompanhamento da concentração de fluoretos (mg/L) no ponto de captação (água bruta)	74
Figura 27. Resultados do acompanhamento da condutividade (us/cm) no ponto de captação (água bruta)	74
Figura 28. Resultados de clorofila a, fitoplâncton e densidade de cianobactérias no ponto de captação.....	75
Figura 29. Resultados mensais de densidade de cianobactérias no ponto de captação.....	75
Figura 30. Resultados de cianotoxinas no ponto de captação	76
Figura 31. Resultados de cianotoxinas no ponto de saída do tratamento	76
Figura 32. Resultados de Epicloridrina, Cloreto de Vinila e Acrilamida no ponto de saída do tratamento de controle mensal	77
Figura 33. Resultados de subprodutos da desinfecção no ponto de saída do tratamento	78
Figura 34. Resultados do controle operacional dos parâmetros de cor aparente da água bruta, turbidez da água bruta, pH da água bruta, cor aparente da água tratada e pH da água tratada.....	78
Figura 35. Gráfico da turbidez da água tratada em função do pH para o Filtro 1	79
Figura 36. Gráfico da turbidez da água tratada em função do pH para o Filtro 2.....	79
Figura 37. Gráfico da turbidez da água tratada em função do pH para o Filtro 3.....	79
Figura 38. Painel de resultados físico-químicos e bacteriológicos da área da qualidade da água tratada.....	80
Figura 39. Resultados de Coliformes Totais, Escherichia Coli e Bactérias Heterotróficas na rede de distribuição.....	81
Figura 40. Resultados de cloro residual livre na rede de distribuição	81

Figura 41. Resultados de cor aparente na rede de distribuição	81
Figura 42. Resultados de turbidez na rede de distribuição	82
Figura 43. Resultados de fluoretos na rede de distribuição	82
Figura 44. Resultados de pH na rede de distribuição.....	82
Figura 45. Resultados de temperatura da água na rede de distribuição	83
Figura 46. Resultados de condutividade da água na rede de distribuição	83
Figura 47. Painel de Ordem de Serviço de Verificação da Qualidade da Água (VQA) dos anos de 2020 e 2021	83
Figura 48. Fluxograma das etapas integrante do processo de tratamento da água da ETA A.....	86
Figura 49. Gráfico gradiente de velocidade x RPM para o Jar Test da Policontrol ...	97
Figura 50. Situações de Emergência	106
Figura 51. Organograma de fluxo de comunicação.....	109
Figura 52. Avaliação do IQA (%) / ano, de referente a 2018 à 2021	111
Figura 53. Água com coloração marrom escuro chegando na torneira de uma residência.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Painel sobre o Saneamento Básico, do Instituto Trata Brasil.....	6
Tabela 2. Matriz de Risco usada para avaliação dos riscos, perigos e eventos perigosos associados ao processo	29
Tabela 3. Exemplo de tabela utilizada para avaliação e classificação de risco de acordo com os parâmetros presentes na Portaria GM/MS nº888/2021, utilizando - se do grupo organoléptico.....	31
Tabela 4. Tabela utilizada para avaliação de perigos, risco e eventos perigosos pela equipe do PSA nas vistas em campo para cada etapa do processo.....	32
Tabela 5. Tabela de número de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas e químicas em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial	35
Tabela 6. Tabela de número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises bacteriológicas, em função da população abastecida	36
Tabela 7. Valores de referência para avaliação da eficiência do PSA	38
Tabela 8. Matriz de risco da etapa do manancial	55
Tabela 9. Matriz de risco da etapa de captação / adução de água bruta	56
Tabela 10. Matriz de risco da etapa de coagulação / floculação	57
Tabela 11. Matriz de risco da etapa de decantação.....	58
Tabela 12. Matriz de risco da etapa de filtração.....	59
Tabela 13. Matriz de risco da etapa de desinfecção	60
Tabela 14. Matriz de risco da etapa de fluoretação.....	61
Tabela 15. Matriz de risco no laboratório operacional.....	62
Tabela 16. Matriz de risco da etapa de tratamento de lodo	63
Tabela 17. Matriz de risco da etapa de reservação.....	64
Tabela 18. Matriz de risco da etapa de distribuição / consumidor.....	65
Tabela 19. Volume de sulfato de alumínio comercial adicionado no tanque (em L)..	93
Tabela 20. Volume de PAC10 comercial adicionado no tanque (em L)	93
Tabela 21. Estimativa inicial de dosagem de coagulante em função da cor medida na água bruta	95
Tabela 22. Tabela de volume a pipetar da solução mãe (mesmo volume se é sulfato de alumínio ou PAC)	98

Tabela 23. Planilha de cálculo para o indicador do PSA.....	110
Tabela 24. Resultado da primeira semestral da água bruta de 2020 - art 15. Conama nº357/2005 (parte 1).....	121
Tabela 25. Resultado da primeira semestral da água bruta de 2020 - art 15. Conama nº357/2005 (parte 2).....	122
Tabela 26. Resultado da segunda semestral da água bruta de 2020 - art 15. Conama nº357/2005 (parte 1).....	123
Tabela 27. Resultado da segunda semestral da água bruta de 2020 - art 15. Conama nº357/2005 (parte 2).....	124
Tabela 28. Resultado da primeira semestral da água bruta de 2021 - art 22. da Portaria GM/MS nº888/2021 (parte 1).....	125
Tabela 29. Resultado da primeira semestral da água bruta de 2021 - art 22. da Portaria GM/MS nº888/2021 (parte 2).....	126
Tabela 30. Resultado da segunda semestral da água bruta de 2021 - art 22. da Portaria GM/MS nº888/2021 (parte 1).....	127
Tabela 31. Resultado da segunda semestral da água bruta de 2021 - art 22. da Portaria GM/MS nº888/2021 (parte 2).....	128
Tabela 32. Resultado da primeira semestral da água potável de 2020 Portaria da Consolidação nº 05/2017 (parte 1).....	129
Tabela 33. Resultado da primeira semestral da água potável de 2020 Portaria da Consolidação nº 05/2017 (parte 2).....	130
Tabela 34. Resultado da segunda semestral da água potável de 2020 Portaria da Consolidação nº 05/2017 (parte 1).....	131
Tabela 35. Resultado da segunda semestral da água potável de 2020 Portaria da Consolidação nº 05/2017 (parte 2).....	132
Tabela 36. Resultado da primeira semestral da água potável de 2021 Portaria da Consolidação nº 888/2021 (parte 1).....	133
Tabela 37. Resultado da primeira semestral da água potável de 2021 Portaria da Consolidação nº 888/2021 (parte 2).....	134
Tabela 38. Resultado da segunda semestral da água potável de 2021 Portaria da Consolidação nº 888/2021 (parte 1).....	135
Tabela 39. Resultado da segunda semestral da água potável de 2021 Portaria da Consolidação nº 888/2021 (parte 2).....	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Medidas de Controle Existentes no SAA - ETA A	48
Quadro 2: Lista dos integrantes da equipe PSA.....	51
Quadro 3. Check list diário do operador para produto químico e sistema de dosagem	102
Quadro 4. Check list diário do operador para o dispositivo de mistura rápida	102
Quadro 5. Check list do operador para o floculador	102
Quadro 6. Check list do operador para os decantadores	103
Quadro 7. Check list do operador para os filtros	103
Quadro 8. Check list do operador para os itens gerais	103
Quadro 9. Quadro das ações sintetizadas do processo de condução da auditoria PSA	105
Quadro 10. Fase I - Detecção do Evento	107
Quadro 11. Lista e detalhes de eventos excepcionais	108

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES

%	Porcentagem
<	Menor
<LD	Menor que o Limite de Detecção
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação
>	Maior
°C	Graus Celsius
µg/L	Micrograma por Litro
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
Art.	Artigo
BSB	Brasil / Brasília
céls/mL	Células por mililitro
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CISB	Comitê Interministerial de Saneamento Básico
cm	Centímetro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT	Carbono Total
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DATASUS	Sistema de informações estatísticas do Sistema Único de Saúde do Ministério da Saúde
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETA	Estação de Tratamento de Água
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos
GM/MS	Ministério da Saúde Gabinete do Ministro
h	Hora
h/dia	Hora por dia
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IQA	Índice de Qualidade da Água na saída do tratamento
IQA _{psa}	Índice de Qualidade da Água do Plano de Segurança da Água

IQAD	Índice de Qualidade da Água na rede de distribuição
ISO	Organização Internacional de Normalização
IWA	Associação Internacional da Água
Jar Test	Teste de reatores estático (Jarros para testes)
kg	Quilograma
L	Litros
L/s	Litro por segundo
m	Metro
m ³ /d	Metro cúbico por dia
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
mg/L	Miligrama por litro
mgPt-Co/L	Miligrama de platina/cobalto por litro
MIB	2-metilisoborneol
min	Minuto
mL	Mililitro
mL/min	Mililitro por minuto
MDR	Coordenação nacional e regulamentação da política federal
MS	Ministério da Saúde
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
ND	Não detectável
Nº	Número
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Fósforo
PAC	Policloreto de Alumínio
PCC	Ponto Crítico de Controle
pH	Potencial Hidrogeniônico
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
ppm	Partes por milhão
PSA	Plano de Segurança da Água
Q	Vazão
rpm	Rotações por minuto

s	Segundo
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SAC	Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água
SINISA	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
STX/L	Deteção de Saxitoxinas por Litro
SUS	Sistema Único de Saúde
THM	Trihalometanos
Trim	Trimestre
UFC/mL	Unidade formadora de colônias em mililitro
uH	Unidade de Hazen (unidade de cor)
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
uT	Unidade de Turbidez
V.M.P	Valor máximo permitido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	4
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. CENÁRIO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	5
3.2. RELAÇÃO DA SAÚDE PÚBLICA E O SANEAMENTO BÁSICO	8
3.3. NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO	10
3.4. QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA E TRATADA NO BRASIL	11
3.5 ETAPAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DO TIPO CICLO COMPLETO	13
3.6. LEGISLAÇÕES SOBRE POTABILIDADE DA ÁGUA.....	15
3.7. IMPORTÂNCIA DO PSA PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	18
3.8. ESCOLHA DE UMA METODOLOGIA.....	19
3.9. CONSTITUIÇÃO DAS ETAPAS DO PSA	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .	23
4.2. PROPOSTA PARA COMPOSIÇÃO MÍNIMA DA EQUIPE MULTIDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO PSA	24
4.3. ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DA MATRIZ DE RISCO APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DO PSA	28
4.3.1. Identificações de perigos.....	30
4.3.2. Definições dos pontos de controle críticos (PCC)	32
4.4. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO OPERACIONAL	34
4.5. ELABORAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE GESTÃO PARA APLICAÇÃO NO PSA.....	37
4.6. APLICAÇÃO DE UM INDICADOR DE AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DO PSA PARA ACOMPANHAMENTO.....	37

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .	40
5.1.1. Descrição do ponto de captação de água bruta	40
5.1.2. Descrição do sistema de tratamento da ETA A.....	42
5.2. PROPOSTA PARA COMPOSIÇÃO MÍNIMA DA EQUIPE MULTIDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO PSA	49
5.3. ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DA MATRIZ DE RISCO APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DO PSA	52
5.4. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO OPERACIONAL	66
5.5. ELABORAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE GESTÃO PARA APLICAÇÃO NO PSA	84
5.5.1. Manual de Operação do Sistema de Tratamento de Água.....	85
5.5.2. Avaliação e revisão do PSA	104
5.5.3. Plano de Emergência / Contingência	106
5.6. APLICAÇÃO DE UM INDICADOR DE AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DO PSA PARA ACOMPANHAMENTO.....	110
6. CONCLUSÃO	113
7. RECOMENDAÇÕES.....	115
REFERÊNCIAS.....	116
APÊNDICES	120
APÊNDICE A	120
APÊNDICE B	137

1. INTRODUÇÃO

Os corpos hídricos superficiais e subterrâneos no Brasil sofrem de forma direta com os aspectos qualitativos e quantitativos, como crise de disponibilidade hídrica, usos múltiplos do recurso, disputas por outorgas, poluições pontuais e difusas da água.

No cenário internacional, cerca de 3 em cada 10 pessoas em todo o mundo não têm acesso à água de qualidade e prontamente disponível para consumo humano, e 6 em cada 10 pessoas carecem de acesso aos serviços de saneamento, de acordo com um novo relatório da OMS/UNICEF (Osseiran *et al.*, 2017).

Atualmente o Brasil possui 84,1% da parcela da população nacional com acesso à água, esse número ainda é considerado baixo, uma vez que cerca de 15,9% de pessoas não possuem acesso à esse recurso, em destaque para as regiões do norte e nordeste com os menores índices, 58,9% e 86,9% respectivamente (TRATA BRASIL, 2023).

Esses índices refletem diretamente na área da saúde, com incidência de internações totais por doenças de vinculação hídrica em 7,91 internações por 10 mil habitantes, com os maiores valores também para as regiões norte (14,85 internações por 10 mil habitantes) e nordeste (12,03 internações por 10 mil habitantes) (TRATA BRASIL, 2023).

Isso demonstra que a área do saneamento básico possui um grande desafio nos próximos anos de desenvolvimento e investimento.

Mediante aos indicadores destaca-se a importância do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil, com regiões de diversos estados divididos em blocos (regionalização), com cada empresa responsável por uma operação, com grande foco no desenvolvimento e investimento, o que propicia a integração da avaliação de risco e sua fiscalização, através de indicadores de contrato de concessões e órgãos de regulamentação.

Avaliando do que o organismo humano necessita, verifica-se que as concentrações de variados elementos, hoje regulamentados por lei, através de valores de referência para resguardo do consumo humano, são indispensáveis para manutenção da vida, como: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, cloro, magnésio, entre outros. Como também, o organismo necessita, em concentrações muito baixas, de elementos (denominados traços),

como: cromo, cobalto, cobre, estanho, ferro, iodo, manganês, molibdênio, selênio, zinco e flúor. Então realizando uma análise, verifica que as águas naturais possuem em sua composição diversas concentrações desses elementos que podem, em concentrações baixas, serem absorvidas pelo organismo na ingestão. No entanto, as águas naturais podem conter concentrações de organismos, substâncias, compostos e elementos prejudiciais a saúde, devendo ter suas concentrações reduzidas ou até mesmo eliminadas para fins de abastecimento público (DI BERNARDO, 2008).

Para isso, temos que a água na saída do tratamento e na rede de distribuição de um sistema de abastecimento de água, para poder ser consumida pela população, necessita ser considerada potável, e seu enquadramento é regulamentado no Brasil através da Portaria GM/MS nº888, de 04 de maio de 2021. Essa portaria estabelece uma listagem de parâmetros orgânicos, inorgânicos, organolépticos, microbiológicos e de radioatividade com faixas e limites de concentrações aceitáveis para o consumo humano.

Em 2003, ocorreu a conferência internacional em Berlim sobre “Estratégias de Gestão de Riscos em Água para Consumo Humano”, organizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), onde começou a apresentar e discutir assuntos teóricos e específicos de aplicação prática de uma ferramenta operacional para criação de uma gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água, desenvolvendo o conceito do que poderia ser um Plano de Segurança da Água (PSA). Logo em 2004, a OMS publicou em sua 3ª Edição das “Diretrizes para a Qualidade da Água para Consumo Humano”, uma proposta mais abrangente acerca desse tema (SAAE, 2018).

Então, pode considerar pela sua estruturação, o PSA como sendo um plano base, composto de um conjunto de documentos e informações promovidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

O tema PSA faz parte integrante das novas Guias da OMS sobre qualidade da água, representando uma maior integração das instituições e organizações em torno da responsabilidade, da regulamentação e do controle da qualidade da água, pois ao inserir esses conceitos de avaliação e controle dos riscos, de forma integral em uma bacia hidrográfica, estabeleceu-se a garantia da qualidade da água para consumo humano (BARTRAM, 2009).

A legislação brasileira atual trata desse tema através de dois artigos presentes na Portaria GM/MS nº888, de 04 de maio de 2021, considerando a elaboração do plano uma boa prática e condicionando sua obrigatoriedade a avaliação das Secretarias Estaduais ou Municipais de Saúde.

Com isso, percebeu a necessidade de elaborar o Plano de Segurança da Água de forma multidisciplinar, levando em consideração todos as áreas integrantes de um sistema de abastecimento de água. Não utilizando apenas os resultados analíticos de controles diários, mensais, bimestrais, trimestrais e semestrais, como identificação de riscos, mas também a condição de integridade física do sistema, como: possíveis intervenções (manobras, manutenções preventivas ou corretivas e controles), produtos químicos e condições ambientais no entorno do ponto de captação.

Sendo assim, o presente trabalho propõe um aperfeiçoamento da metodologia para elaboração do PSA que não seja exclusivamente com a parte técnica , mas também englobe a gestão do sistema, com uma avaliação de risco e sua sistemática de forma global, levando em consideração os aspectos qualitativos e quantitativos de todo sistema.

2. OBJETIVO

O objetivo geral da pesquisa foi elaborar um Plano de Segurança da Água (PSA) através do aperfeiçoamento da metodologia multidisciplinar em um sistema de tratamento de água do tipo ciclo completo, situado no interior do Estado de São Paulo.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram:

- Elaborar a descrição das etapas do sistema de tratamento de água (captação, tratamento e distribuição) na unidade denominada como Piloto A;
- Propor a composição mínima da equipe multidisciplinar para o desenvolvimento do PSA;
- Propor a matriz de riscos para as áreas de qualidade, sustentabilidade, tratamento, manutenção e comercial;
- Analisar e avaliar o monitoramento operacional;
- Elaborar os documentos de gestão para aplicação no PSA;
- Aplicar um indicador de avaliação de eficiência do PSA visando o seu acompanhamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura está apresentada a seguir e contemplou o cenário brasileiro sobre o saneamento básico, as legislações pertinentes ao tema, a importância do PSA para um sistema de abastecimento de água, bem como as descrições de cada etapa que contemple o processo.

3.1. CENÁRIO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O Brasil possui um déficit crônico de cobertura de saneamento básico, sendo ainda mais grave no que se refere à cobertura de esgoto. Em 2016, o percentual de atendimento de esgoto era de apenas 52,4% da população brasileira, e mesmo diante do índice de atendimento de água igual a 83,5%, o país estava bastante distante da universalização preconizada nas metas 6.1 e 6.4 dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), no contexto de atendimento, eficiência na gestão do recurso e controle de perdas em todo sistema. Diante desses números o quadro de prestação desses serviços no Brasil gerava um cenário de preocupação, tanto no que diz respeito ao déficit total do acesso aos serviços, quanto nas discrepâncias regionais (SANT'ANNA & ROCHA, 2022).

O saneamento básico é um setor de infraestrutura econômica e social altamente intensivo em externalidades. A coleta e o tratamento de esgoto podem ser usados como um exemplo direto de benefício coletivo para a sociedade, embora o pagamento pelos serviços seja feito individualmente. O abastecimento de água é um serviço essencial, embora seus benefícios sejam percebidos individualmente de maneira mais direta, o que facilita sua cobrança e, assim, a expansão de sua rede. Esses serviços agregam benefícios à saúde, ao meio ambiente, à produtividade do trabalho e da educação infantil, ao turismo, entre outras coisas, agindo diretamente na diminuição das desigualdades sociais, por isso, é preocupante o déficit desses serviços. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2018, 84% das residências brasileiras tinham fornecimento de água, 53% contavam com coleta de esgoto e 46% do esgoto gerado recebia tratamento. A desigualdade regional no país ainda continuava imensa, tendo as regiões Norte e Nordeste índices de atendimento de água e esgoto bem inferiores à média nacional.

Os investimentos feitos para superar tal déficit, ainda que tenham tido seu patamar elevado a partir de 2009, não chegaram à metade do necessário para atingir a universalização até 2033, conforme preconiza o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab). Tais investimentos quando analisados, verificou-se sua concentração nos estados do Sudeste e Sul e pouco alavancados, refletindo a heterogeneidade de capacitações técnicas, financeiras e institucionais dos prestadores de serviço do setor (PIMENTEL & MITERHOF, 2022).

Atualmente ainda se verifica a ausência de saneamento básico afetando de forma direta tanto as grandes cidades metrópoles como as cidades médias e pequenas do Brasil, com situações em condições precárias tanto no Sul quanto no Norte. Quando se avalia os municípios encontram também uma variação nas suas condições. O Instituto Trata Brasil, trabalha as informações através de um Painel Saneamento Brasil. Esse painel é formado por um conjunto amplo de cidades, 839 municípios e os seus recortes regionais mais importantes, conforme Tabela 1 (TRATA BRASIL, 2023).

Tabela 1. Painel sobre o Saneamento Básico, do Instituto Trata Brasil

Localidade	Painel Saneamento Brasil							
	1 Parcela da população total que mora em domicílios sem acesso à água tratada	2 Parcela da população total que mora em domicílios sem acesso ao serviço de coleta de esgoto	3 Razão entre volume de esgoto tratado e volume de água consumida	4 Volume de esgoto não tratado	5 Internações por doenças associadas à falta de saneamento	6 Óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas na população total	7 Rendimento do trabalho das pessoas que moram em residências com saneamento básico	8 Rendimento do trabalho das pessoas que moram em residências sem saneamento
São Paulo (Região Metropolitana)	1,3%	8,8%	60,0%	548.938,21	3.234	73	-	-
Brasil	15,9%	45,0%	50,8%	5.140.596,32	167.513	1.898	3.054,10	519,42
Sudeste (Região)	8,7%	19,5%	58,6%	2.220.866,09	30.672	576	3.101,88	806,50
São Paulo (UF)	3,5%	9,4%	69,6%	956.850,26	14.126	296	3.287,10	1.332,07
Distrito Federal (UF)	1,0%	9,1%	90,0%	16.034,00	2.206	10	4.255,11	1.268,39
Belo Horizonte (Região Metropolitana)	10,3%	19,2%	58,6%	118.825,29	1.358	27	-	-
Rio de Janeiro (Região Metropolitana)	8,0%	33,0%	54,1%	1.679.178,23	2.531	27	-	-
Curitiba (Região Metropolitana)	2,2%	13,0%	85,2%	192.514,23	708	14	-	-
São Paulo (Município)	0,7%	3,7%	74,1%	189.742,86	1.988	39	-	-

Legenda:
1 Parcela da população total que mora em domicílios sem acesso à água tratada
2 Parcela da população total que mora em domicílios sem acesso ao serviço de coleta de esgoto(% da população) (SNIS) (2020)
3 Razão entre volume de esgoto tratado e volume de água consumida(%) (SNIS) (2020)
4 Volume de esgoto não tratado (água consumida - esgoto tratado)(mil m3) (SNIS) (2020)
5 Internações por doenças associadas à falta de saneamento(Número de internações) (DATASUS) (2020)
6 Óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas na população total(Número de óbitos) (DATASUS) (2020)
7 Rendimento do trabalho das pessoas que moram em residências com saneamento básico(R\$ por mês) (IBGE) (2020)
8 Rendimento do trabalho das pessoas que moram em residências sem saneamento(R\$ por mês) (IBGE) (2020)

Painel Saneamento Brasil - www.painelsaneamento.org.br

Fonte: Trata Brasil, 2023, adaptado pela autora, 2023.

Esse conjunto de indicadores compreendem todas as cidades com mais de 50 mil habitantes em 2018 e todas as cidades que fazem parte das 21 regiões metropolitanas disponíveis nas bases de dados do IBGE, independentemente do fato de elas terem mais ou menos de 50 mil habitantes. Nesse grupo estão incluídas todas as capitais dos estados. Os recortes regionais analisados foram: as 5 grandes regiões do Brasil, os 26 estados e o Distrito Federal, as capitais dos estados e 21

regiões metropolitanas (Manaus, Belém, Macapá, Grande São Luís, Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina, Fortaleza, Natal, João Pessoa, Recife, Maceió, Aracaju, Salvador, Belo Horizonte, Grande Vitória, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba, Florianópolis, Porto Alegre, Vale do Rio Cuiabá, e Goiânia). A população das 839 cidades cobertas pelo projeto alcançou 145,4 milhões de habitantes em 2017, o que equivaleu a 70% da população brasileira (TRATA BRASIL, 2023).

Os indicadores demonstram a não conformidade do território brasileiro, quanto a população ter acesso a água potável, afastamento e tratamento de esgoto, serviços esses essenciais a sobrevivência humana.

Esses números impactam de forma direta as áreas da saúde (óbitos e doenças por vinculação hídrica), educação e economia (renda familiar).

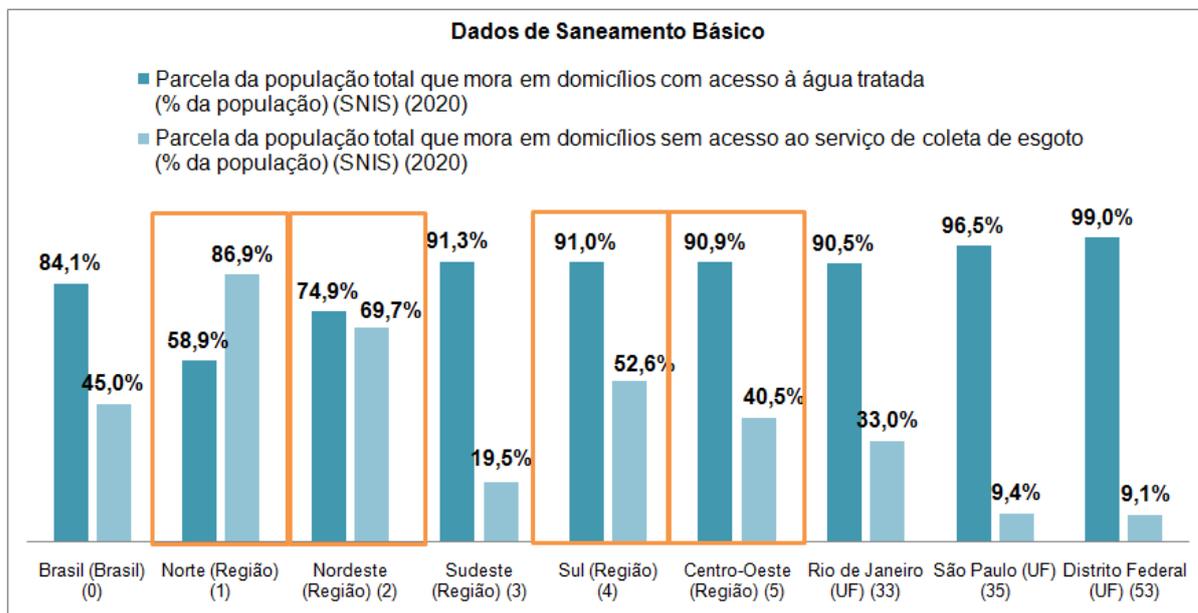
Não se há existência do *trade-off* custo-qualidade na provisão do saneamento no Brasil nas governanças pública e híbrida, assim como sua atenuação na última modalidade, sendo mais evidente em provisões regionalizadas. Ademais, contrariamente à literatura base, sugerem ausência do *trade-off* na provisão privada. Portanto, além dos efeitos na saúde, que são importantes para o desenvolvimento econômico, a evidências adicionais ao debate sobre o saneamento no Brasil, que tem uma série de problemas, muitos associados ao desempenho dos provedores. Essas diferenças de desempenho entre provisões públicas e privadas de serviços públicos são objetos atualmente de amplo debate na política e na literatura econômica. No campo político, é comum os defensores da privatização argumentarem que os incentivos privados tornam os serviços mais baratos aos contribuintes. Por outro lado, aqueles que se opõem à privatização advogam que a minimização de custos, necessária para atingir o lucro máximo, pode comprometer a qualidade, e os gastos necessários à manutenção da qualidade, somados aos lucros e encarecem os serviços (OLIVEIRA & SAIANI, 2022).

Porém sem suma de dúvidas, fica evidente que investir no serviço de saneamento básico é investir de forma direta em todas as áreas e acima de tudo é levar dignidade a toda população brasileira.

3.2. RELAÇÃO DA SAÚDE PÚBLICA E O SANEAMENTO BÁSICO

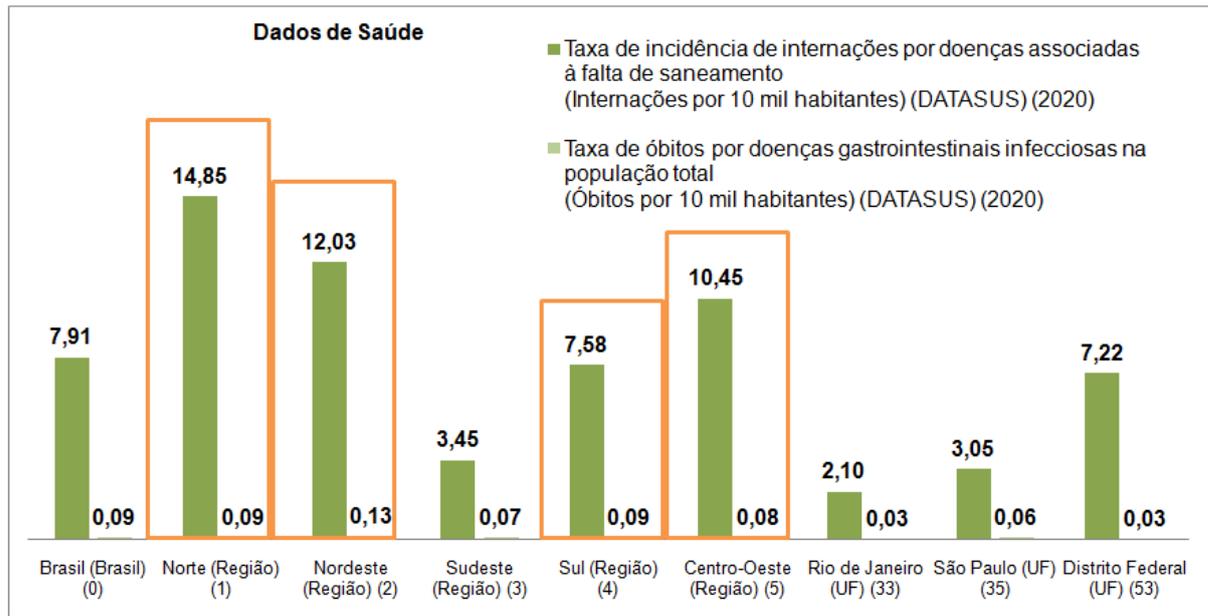
As doenças gastrointestinais de veiculação hídrica, consideradas em estatísticas que associam elas diretamente com a falta de saneamento são: cólera, febres tifóide, paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia, gastroenterite, febre amarela, dengue, leptospirose e malária. Os números podem ser obtidos no DATASUS, que é o sistema de informações estatísticas do Sistema Único de Saúde do Ministério da Saúde. A base traz informações sobre o número de internações nos hospitais da rede do SUS e as respectivas despesas com as internações, por local da moradia das pessoas internadas. Já os dados de óbito se referem às ocorrências nos estabelecimentos da rede do SUS, segundo o local de moradia das pessoas que morreram. As taxas de incidência são a razão entre o número de ocorrências e a população (em dez mil habitante) das áreas geográficas de análise, conforme resultados ilustrados nas Figuras 1 e 2 (TRATA BRASIL, 2023).

Figura 1. Dados de Saneamento Básico por regiões do Brasil, referente ao ano de 2020



Fonte: TRATA BRASIL, 2023, adaptado pela autora, 2023.

Figura 2. Dados de Saúde por regiões do Brasil, referente ao ano de 2020



Fonte: TRATA BRASIL, 2023, adaptado pela autora, 2023.

Observa-se que as regiões que apresentaram os piores indicadores para o saneamento básico, em destaque na cor laranja, Figura 1 são os para a Saúde Pública também, em evidência na cor laranja na Figura 2, representando o impacto direto das duas áreas.

Embora a importância do abastecimento de água esteja notoriamente associada com os aspectos sanitários e econômicos, fica evidente a dificuldade do poder público em fornecer água potável em quantidade e qualidade suficiente e adequada a população urbana e rural dos pequenos municípios brasileiros (TSUTIYA, 2006).

As problemáticas que decorrem das deficiências dos serviços de saneamento, ocorrem em diversas cidades brasileiras. Sendo necessário medidas de cunho ambiental com o objetivo de aplicação da política de saneamento básico para tratar os impactos da localidade e considerar suas particularidades. As tomadas de decisões em solucionar problemas de saneamento básico devem ter foco nas relações entre os impactos relatados para assim otimizar os processos decisórios e promoverem a qualidade e o bem-estar de vida para a população, como ampliação da rede de esgotamento em áreas mais impactadas e construção de rede de drenagem urbana. O gerenciamento inadequado das questões de saneamento é

responsável por tornar a vulnerabilidade da área maior, colocando em risco a saúde pública. Nesse sentido, com a deficiência em serviços, os impactos ambientais são agravados, colocando em risco a qualidade de todo o ambiente (JUNIOR *et al.*, 2022).

Por esses motivos, os financiadores e gestores do setor tem se guiado por indicadores, com o objetivo de compreender como os planos, os programas, as ações e os projetos impactam outros indicadores, como os de saúde pública, buscando um bem maior, a universalização dos serviços de saneamento básico (KERRY *et al.*, 2012).

3.3. NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO

O Novo Marco Legal do Saneamento Básico ocorreu através do sancionamento da Lei nº 14.026/2020, em julho de 2020, não revogando a lei anterior do Saneamento Básico, a Lei nº 11.455/2007, mas trazendo uma atualização ampla, com a manutenção de vários conceitos da política nacional em vigor. Essa nova legislação prioriza os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e tem uma meta considerada bem ambiciosa, com o índice de atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, com uma possibilidade de ampliação até 2040. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), ficou responsável pela edição de normas de referência para regulação, tendo o financiamento federal como indutor da adoção dessas normas pelas agências reguladoras infranacionais (SANEAMENTO, 2021).

A efetividade da execução de políticas públicas de saneamento básico ainda está longe de inserir o Brasil entre os países com índices satisfatórios para o setor de saneamento básico, o que resulta em graves implicações sociais e econômicas, especialmente para a população mais pobre, em descompasso com os objetivos previstos na Constituição Federal e na Agenda 2030 da ONU. A Lei nº 14.026/2020, modificou significativamente o arranjo institucional da política de saneamento básico no país, estabelecendo prazos para a universalização e vários serviços, a exemplo do abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como para a destinação final dos resíduos sólidos. Para isso, o novo marco legal optou pelo incentivo à

abertura do mercado para a iniciativa privada, rompendo com o predomínio, até então reinante, das companhias estaduais de saneamento na execução dos serviços (LEITE *et al.*, 2022).

Com esse novo marco abre - se uma grande expectativa de mercado de prestação dos serviços públicos de saneamento básico para a concorrência (empresas privadas) e também da exigência de comprovação da capacidade econômico-financeira dos contratos atuais às metas de atendimento. Trazendo assim, abertura para leilões, investimento e regulação para a área, através da regionalização da gestão dos serviços de saneamento básico, definição da titularidade dos serviços nos casos de interesse comum (SANEAMENTO, 2021).

A universalização dos serviços de saneamento é fundamental para o desenvolvimento econômico do País e deve ser executada de forma a se ter ganhos de eficiência por parte dos prestadores, considerando maior controle e redução de custos, além de desafios com a melhoria constante dos serviços prestados. Futuramente fontes de pesquisas, poderão trazer um aprofundamento no quesito de indicadores mais adequados para avaliar a eficiência das empresas do setor de saneamento, como índices de consumo de energia em relação à área explorada, indicadores de investimento e de desperdícios (CICOGNA & JUNIOR, 2022).

3.4. QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA E TRATADA NO BRASIL

O Brasil possui 12% da disponibilidade de água doce superficial do mundo, sendo este um dos grandes patrimônios do país, estando em comparação com outros países em condição confortável. A disponibilidade da água, contudo, não se resume apenas ao seu aspecto quantitativo mais também no qualitativo. Os diversos usos da água possuem requisitos de qualidade que, quando são analisados, representam impacto em seu uso ou finalidade. Desse modo, a Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece como objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Conhecer a qualidade das águas é um fator essencial para sua gestão. Por esse motivo em 2005 a ANA elaborou o primeiro “Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil”, reunindo pela primeira vez os dados das redes estaduais de monitoramento. O “Panorama da Qualidade das Águas

Superficiais do Brasil 2012”, elaborado representa uma expressiva evolução deste documento em relação à publicação de 2005, principalmente no que se refere ao aumento do número de pontos de monitoramento e de indicadores de qualidade das águas utilizados (ANA, 2012).

O manancial é o principal componente de maior destaque em todo sistema de tratamento de água, pois tem influência direta no processo, com os pilares quantitativos e qualitativos da água bruta, a ser utilizada para captação, tratamento e distribuição. Essas fontes de abastecimento, podem ser divididas em águas doces (rios, lagos, lagoas, reservatórios, minas, açudes, e águas subterrâneas), salobras e salinas (subterrâneas e de mar) (DI BERNARDO, 2008).

Sobre a qualidade da água distribuída (potável), verificou que, no Brasil, 1,3% e 2,1% da população recebe água por meio de Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e Solução Alternativa Coletiva (SAC) sem tratamento, respectivamente, ou seja, a água que está sendo consumida pode ser considerada não segura, representando risco à saúde. Estima-se que 0,9% da população é abastecida por Solução Alternativa Individual (SAI). O cenário de abastecimento de água entre as regiões apresentam diferença, sendo que no Norte, o índice sobe para 6,6% por SAA e 7,2% por SAC sem tratamento. Ressalta-se que os maiores percentuais de amostras fora do padrão de potabilidade para o parâmetro de turbidez foram observados para SAC, com destaque para a região Norte (3,6%), bem como para *E. coli* (6,2%). Para o parâmetro de cloro residual livre, o maior percentual de amostras fora do padrão foi para SAA na região Nordeste (40,6%), sendo observado um percentual mais elevado de amostras com concentrações menores que o mínimo estabelecido no padrão de potabilidade de 0,2 mg/L (81,41%). Ressalta-se que 25% dos brasileiros estão vulneráveis a diversos riscos à saúde relacionados à qualidade da água. Na região Norte a população vulnerável representa quase 60% da população (ARAUJO *et al*, 2022).

Um exemplo importante a ser destacado sobre a qualidade da água bruta impactando de forma direta no sistema de tratamento de água e na qualidade da água distribuída, foi o ocorrido no estado do Rio de Janeiro no ano de 2020. Cerca de 9 milhões de habitantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro dependente do Sistema Guandu, vivenciaram uma crise no abastecimento de água, recebendo água com gosto e odor. Foram realizadas análises de parâmetros de qualidade da água bruta, através da determinação dos níveis de coliformes totais, *Escherichia*

coli, densidade de cianobactérias, cianotoxinas, geosmina e 2-metilisoborneol (MIB) como também de alguns parâmetros físico-químicos. A água bruta captada em dois períodos apresentou níveis de *Escherichia coli* acima da faixa de valores máximo permitidos (VMP) descritos na Resolução Conama nº 357/2005, assim como o valor de Microcistina em uma amostra de filtro. Os parâmetros físico-químicos analisados e os níveis de Saxitoxinas estavam em conformidade com essa resolução. O gênero de cianobactéria mais abundante no período crítico foi o *Planktothricoides sp.* Com isso, ficou evidente a necessidade da implementação do saneamento básico nas cidades a montante do ponto de captação de água bruta desse manancial, a fim de evitar que eventos semelhantes aos ocorridos na crise hídrica 2020 no Rio de Janeiro (MARTINS *et al.*, 2021).

3.5. ETAPAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DO TIPO CICLO COMPLETO

A tecnologia de ciclo completo, trata-se da água bruta que é coagulada, geralmente, com um produto químico a base de sal de ferro ou de alumínio, usualmente os mais utilizados são o cloreto férrico, sulfato de alumínio ou policloreto de alumínio, através do mecanismo de varredura. Nessa função, há a ocorrência da formação de precipitados do metal do produto químico, denominado de coagulante, nos quais são aprisionados nas impurezas. A coagulação ocorre na unidade de mistura rápida, a qual pode ser hidráulica, mecanizada ou especial, dependendo da vazão a ser tratada, da variação da qualidade da água bruta e, principalmente das condições operacionais e de manutenção da unidade. Em seguida, a água coagulada é submetida à agitação lenta durante o tempo necessário para que os flocos alcancem o seu tamanho e massa específica suficientes para que sejam removidos por sedimentação (nos decantadores) ou por flotação (nos flotores) (DI BERNARDO, 2008).

Richter (1991), define que a coagulação é o processo através do qual os coagulantes são adicionados à água, reduzindo as forças que tendem a manter separadas as partículas em suspensão.

A operação unitária de decantação é uma das técnicas mais antigas e simples de clarificação da água. Consiste na utilização das forças gravitacionais

para separar partículas de densidade superior a da água, depositando-as em superfície ou zona de armazenamento (RICHTER, 1991).

Os decantadores podem ser convencionais ou de alta taxa, sendo o primeiro grandes tanques, de escoamento horizontal ou vertical, enquanto o outro, são unidades menores onde se empregam módulos de plástico, placas planas paralelas ou lonas de plástico. No caso de flutuadores o método é por ar dissolvido (com pressurização da recirculação) é comumente empregado no sistema sendo as micro-bolhas produzidas pela redução de pressão da água saturada com ar (DI BERNARDO, 2008).

Já a filtração é necessária para remoção de partículas suspensas e coloidais, de microrganismos presentes na água, através de um meio poroso. Nas estações convencionais de ciclo completo, a filtração é a última barreira para a remoção física das impurezas (ISMAIL, 2020).

Os filtros podem ser classificados em lentos ou rápidos, conforme a vazão tratada por unidade de área do filtro. Nos primeiros, destinados a águas de baixa turbidez, o processo de filtração é predominantemente biológico, enquanto que nos filtros rápidos o processo é físico e químico. Sendo, o tratamento químico prévio da água a ser filtrada, dispensável nos filtros lentos (que, por seu turno, só se aplica a mananciais cuja água seja de boa qualidade) é fundamental nos filtros rápidos. Em vista da dificuldade cada vez maior de se encontrar mananciais adequados aos filtros lentos, e à área relativamente grande que essas unidades devem ter (a superfície filtrante é de quarenta a cento e vinte vezes superior à dos filtros rápidos), a filtração lenta vem se tornando cada vez mais rara, enquanto que os filtros rápidos constituem a opção mais utilizada nas estações de tratamento (VIANNA, 2002).

Após todas as etapas do tratamento de água, a água passa pelo processo de desinfecção onde receberá um desinfetante (geralmente cloro) para eliminação dos organismos patogênicos que ainda possam existir (ISMAIL, 2020).

A desinfecção ocorre em unidades chamadas de tanques de contato, que muitas vezes são dotadas de chicanas para reduzir os efeitos de curto-circuito. Em estações de pequeno a médio porte, o primeiro reservatório destinado à distribuição pode ser utilizado como tanque de contato ou, para aquelas distantes do centro de distribuição, a desinfecção pode acontecer na adutora de água tratada. A reação de cloro gasoso com a água gera o ácido hipocloroso e este, posteriormente se dissocia em íon hipoclorito. A soma da concentração desses dois compostos é

denominada de cloro residual livre e a prevalência de uma espécie ou outra depende do pH. É conhecido que o ácido hipocloroso possui um maior potencial oxidante e que, portanto, a predominância do mesmo no processo leva a uma maior eficiência de desinfecção, sendo recomendado que a desinfecção seja feita em pH inferior a 8,0 (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com Libânio (2010), qualquer composto passível de se dissociar e liberar o íon fluoreto na água pode ser utilizado no processo de fluoretação, desde que o composto tenha uma solubilidade e grau de pureza adequados e que o cátion liberado junto com o ânion não confira à água toxicidade ou outra característica. Os principais compostos utilizados para a fluoretação são: fluossilicato de sódio, fluoreto de sódio e ácido fluossilícico.

A correção de pH se configura como a última etapa do tratamento de água e é responsável pela adição de álcalis para ajustar o pH da água, caso seja necessário. Os produtos que podem ser utilizados nesse processo são: cal virgem e hidratada, carbonato de sódio e hidróxido de sódio (LIBÂNIO, 2010).

Segundo o IBGE (2002), no Brasil, mais de 70% do volume de água tratada e distribuída é decorrente desse tipo de tratamento, sendo empregado em maior parte nas regiões Sul e Sudeste (DI BERNARDO, 2008).

3.6. LEGISLAÇÕES SOBRE POTABILIDADE DA ÁGUA

A Organização Mundial de Saúde (OMS) conceituou como PSA uma série de ferramentas que estão inseridas na Portaria do Ministério da Saúde sobre potabilidade da água para consumo humano. Na Portaria MS nº 2814/2011 (alterada pela Portaria da Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX), o plano era tratado no âmbito de seu desenvolvimento, adaptação de ferramentas metodológicas de avaliação, gerenciamento de riscos à saúde associados aos sistemas de abastecimento de água, desde à captação até o consumidor, como boas práticas de implementação para gerenciamento de riscos (BRASIL, 2011).

Portanto essa Portaria, foi alterada pela Portaria GM/MS nº888/2021, onde trouxeram um atendimento ao conceito desenvolvido pela OMS, pois pontua a necessidade de se ter um responsável pelo sistema ou solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano e também uma manutenção da

avaliação sistemática do sistema sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na qualidade da água distribuída.

A Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021, relata em seus Artigo 49 e 50:

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 (Art. 49º, Portaria n.888/2021).

Art. 50 É facultado ao responsável por SAA ou SAC solicitar à autoridade de saúde pública alteração dos parâmetros monitorados e da frequência mínima de amostragem, mediante apresentação de:

I - histórico mínimo de dois anos de monitoramento da qualidade da água bruta, tratada e distribuída, considerando o plano de amostragem estabelecido neste Anexo; e

II - PSA, conforme Art. 49.

§ 1º A autoridade de saúde pública deve emitir parecer sobre a solicitação prevista no caput deste Artigo, no prazo máximo de 120 (cento e vinte) dias, com base em análise fundamentada nos documentos referidos nos incisos I e II deste artigo.

§ 2º As alterações do plano de amostragem autorizadas pela autoridade de saúde pública terão validade máxima de dois anos, podendo ser suspensa caso ocorram alterações na bacia hidrográfica ou nos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que justifiquem.

§ 3º Para renovação da autorização prevista no caput deste artigo, o responsável por SAA ou SAC deverá encaminhar à autoridade de saúde pública a solicitação de renovação acompanhada da revisão do PSA.

§ 4º A autoridade de saúde pública deve emitir parecer sobre a solicitação de renovação, no prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com base na análise da revisão do PSA.

§ 5º Quando observada a não implementação do PSA por parte do responsável por SAA ou SAC, será exigido o cumprimento integral do plano de amostragem estabelecido neste Anexo. (Portaria MS/GM nº 888,2021) (Art. 50º, Portaria n.888/2021).

Existem outras leis em atuação que trabalham a favor das diretrizes da OMS, que são:

- Lei nº11.445, de 5 de janeiro de 2007;

Estabelece os objetivos e as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Determina os princípios fundamentais que devem ser seguidos pelos prestadores de serviços públicos de saneamento básico e os princípios para o exercício da função de regulação. (Lei nº11.445/2007).

- Decreto nº 5.440, de 04 de maio de 2005;
Estabelece mecanismos e instrumentos de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. (Decreto nº 5.440/2005).
- Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997;
Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. (Lei nº 9.433,1997).
- Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005;
Dispõe sobre a classificação dos corpos de água em águas doces, salobras ou salinas e sobre as diretrizes ambientais para seu enquadramento. (Resolução Conama nº 357,2005).
- Resolução Conama nº 396, de 03 de abril de 2008;
Dispõe sobre a classificação das águas subterrâneas e sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. (Resolução Conama nº 396,2008).
- Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011;
Dispõe sobre as condições e os padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. (Resolução Conama nº 430,2011).

Estando assim, em conformidade com os princípios do PSA recomendados pela OMS, porém para o contexto atual teve que ocorrer uma evolução nas legislações brasileiras relacionadas a potabilidade da água, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3. Histórico de Legislações para Potabilidade da Água



Fonte: PSA SAAE, 2018, adaptado pela autora, 2022.

3.7. IMPORTÂNCIA DO PSA PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O PSA é importante para identificação de possíveis deficiências no sistema de abastecimento de água, organizando e estruturando o sistema para minimizar a chance de incidentes. Estabelecendo, ainda planos de contingência para responder de forma direta a possíveis falhas no sistema ou eventos imprevistos, que podem ter um impacto na qualidade da água, como também em condições climáticas de severas secas, fortes chuvas ou inundações. O plano acaba se tornando uma ferramenta de gestão de riscos, com foco no consumidor da água, que tem como direito reconhecido ter o fornecimento do serviço em condição segura e de qualidade para consumo humano (BRASIL, 2012).

As concessionárias públicas ou privadas responsáveis pelo abastecimento de água potável possuem a responsabilidade do fornecimento da água de qualidade para o abastecimento público. Dentre essas responsabilidades é de suma importância citar a responsabilidade pela implementação de um conjunto de atribuições para melhorias contínuas por parte do Ministério da Saúde. Essas melhorias são:

- As coletas, para inspeções periódicas para verificação da qualidade da água nos sistemas de abastecimento.
- A supervisão dos laboratórios operacionais e do controle de qualidade para análises de água, seguindo as diretrizes e procedimentos de gestão da qualidade de acordo com a norma ABNT ISO/IEC 17.025:2017.
- A elaboração de relatórios mensais e anuais sobre a qualidade da água para informações e acesso da população de acordo Decreto nº 5440, de 04 de maio de 2005.
- Reporte mensal a Agência Reguladora do serviço prestado, sobre os laudos de controle de qualidade da água.

As concessionárias públicas ou privadas responsáveis pelo abastecimento de água de um município tem também como responsabilidade a participação junto

às entidades gestoras e os órgãos fiscalizadores que gerenciam e fiscalizam as informações acerca do sistema, no âmbito do controle de qualidade, no acompanhamento da execução, gestão e exploração dos sistemas.

Desta forma, o Plano destina-se não exclusivamente, a parte técnica e de gestão como também da exploração dos sistemas de abastecimento de água e ao controle da água para consumo humano.

Sendo assim, a empresa responsável pelo serviço tem um papel da manutenção contínua e efetiva para melhoria de todo sistema de abastecimento, deste a captação até o cavalete do consumidor, como também a atualização do documento e seu reporte para as Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde.

3.8. ESCOLHA DE UMA METODOLOGIA

A metodologia OMS/IWA, é reconhecida internacionalmente como uma boa prática para a implementação de PSA. De forma geral, as etapas para o desenvolvimento do PSA incluem a avaliação dos sistemas, o monitoramento operacional e os planos de gestão, conforme Figura 4 (WHO, 2011).

Figura 4. Metodologia OMS/IWA para boas prática para implementação do PSA



Fonte: Estabelecimento de segurança da Qualidade da Água adaptado - WHO, 2011, adaptado pela autora, 2022.

A forma mais eficaz de garantir a sistemática sistematicamente do sistema de abastecimento de água para consumo humano consiste em ter uma metodologia de forma integrada para a avaliação e gestão de riscos englobando todas as etapas, desde a captação até ao consumidor. Este tipo de abordagem denominam-se Planos de Segurança da Água (OMS, 2011).

O Plano de Segurança da Água representa a estratégia de previsão de perigos e monitoramento de riscos que podem ameaçar a qualidade da água para consumo humano. O PSA implantado na estação de tratamento de água Guaraú, teve como resultado identificar sua concepção metodológica, seus desafios e suas potencialidades para o controle efetivo do sistema de abastecimento de água. O sucesso do plano dependeu, entre outros fatores, de dados atualizados, da participação da alta administração e dos ajustes necessários requeridos pela própria metodologia. Porém identificou ainda que se tem uma ausência de estudos científicos e manuais práticos acerca do tema (VENTURA *et al.*, 2019).

Segundo Rosso (2016) o projeto piloto de elaboração e implantação do PSA em uma autarquia intermunicipal apoiada tecnicamente pela Funasa evidenciou-se que a conscientização da alta direção e a escolha de uma boa equipe, com representantes dos mais diversos processos dentro da instituição permitiu a troca de experiências e contribuições em todas as áreas. Além disto, a adoção de uma metodologia participativa permitiu que as melhorias fossem sugeridas pelos próprios colaboradores, fazendo com que estes fizessem parte do aprimoramento da instituição, contribuindo para a continuidade dos processos implantados. Vale ressaltar que a escolha de um líder na equipe foi importante para consolidação das informações e manutenção da equipe motivada. Já as etapas do desenvolvimento do plano bem como de ações e dificuldades, possibilitaram imprimir um olhar crítico sobre as metodologias disponíveis e propor um modelo para replicar em concessionárias e assim contribuir com a inserção do PSA na cultura de gestão dos sistemas de saneamento no Brasil.

3.9. CONSTITUIÇÃO DAS ETAPAS DO PSA

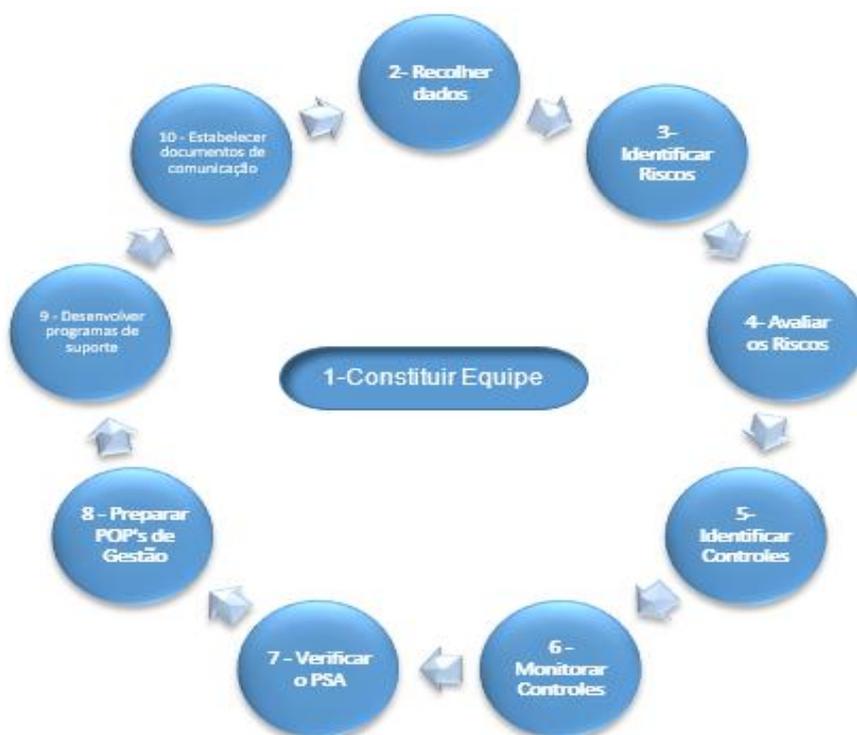
A Avaliação do Sistema é constituído de um processo de análise e verificação de riscos, onde se envolve todo o sistema de abastecimento, desde a

captação até o cavalete do cliente. Para efetividade da etapa de descrição do sistema de abastecimento, dos riscos inerentes, das medidas de controles e do plano de melhoria contínua e de suma importância a constituição de uma equipe multidisciplinar e participativa em cada etapa.

Pois o monitoramento operacional engloba a identificação e o monitoramento dos pontos críticos de controle, de modo a reduzir os riscos identificados, definindo-se como monitorar as medidas de controle e verificar a eficácia do Plano de Segurança da Água. Os planos de gestão controlam a qualidade do sistema de abastecimento para atendimento das condições de controle e rotina ou em casos inesperados, em que haja uma perda de controle do sistema. Assegurando sistematicamente a segurança, a continuidade e a aceitabilidade do abastecimento de água para consumo humano (WHO, 2011).

Eles planos servem como ferramentas, atitudes e condutas que possam levar ao desenvolvimento e implantação do PSA. Ressalta-se que o desenvolvimento e a implementação da abordagem do PSA são para cada sistema de abastecimento de água para consumo humano. Para o desenvolvimento do PSA em estudo, seguiu-se as devidas etapas, conforme Figura 5.

Figura 5. Etapas inseridas para o desenvolvimento do Plano de Segurança da Água



Fonte: WHO, 2011, adaptado pela autora, 2022.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo, desenvolveu-se um piloto, em um Sistema de Tratamento de Água, com tecnologia de operação de ciclo completo (tipo convencional), de estrutura metálica situada em um município do estado de São Paulo.

Na composição do desenvolvimento do trabalho considerou as etapas de: descrição do sistema de abastecimento de água, proposta de uma composição mínima para a formação da equipe técnica, metodologia com a matriz de risco escolhida para o desenvolvimento do trabalho, monitoramento operacional considerado, documentos de gestão com sua elaboração e um indicador de eficiência do PSA para acompanhamento do plano, conforme Figura 6.

Os dados utilizados do sistema foram referentes ao período de janeiro de 2020 à dezembro de 2021, considerando toda a sazonalidade ocorrida dentro desse intervalo de tempo.

Figura 6. Etapas utilizadas para o desenvolvimento do PSA



Fonte: Autora, 2022.

4.1. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para a descrição do sistema de abastecimento, utilizou-se do conceito do sistema escolhido ser um sistema de abastecimento de água (SAA) maduro, ou seja, com informações necessárias para o desenvolvimento do plano. E para que o sistema fosse considerado maduro ele necessita-se ter informações suficientes para sua descrição e obter alguns itens na avaliação. Os itens escolhidos foram:

- SAA ser cadastrado no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) e possui periodicidade de lançamentos e laudos de análises laboratoriais dos últimos 2 anos;
- SAA possuir registro sólido de todas as etapas do sistema, desde a captação até o consumidor, recomendável ter um cadastro consolidado;
- Informações históricas de todos os produtos químicos utilizados;
- Informações de todos os reparos e ocorrências de rede dos últimos 2 anos;
- Região possuir Plano de Bacia, Plano Diretor e de Saneamento Básico;
- ETA e rede de distribuição em um sistema fechado com cadastro de rede de conhecimento.

Em cada etapa, se visualizou necessários os seguintes itens:

- Manancial de captação: Descrever a bacia hidrográfica, qualidade da água, vazões, meteorologia, fontes pontuais e difusas de poluição;
- Estação de Tratamento de Água: Descrever os parâmetros de projeto, produtos químicos utilizados, avaliação da série histórica dos parâmetros operacionais, desempenho dos processos unitários e procedimentos;

- Adução e Reservação: Descrever a infraestrutura de armazenamento, materiais, extensão, dimensões e cotas;
- Rede e Usuários: Descrever a população atendida, condições de operação e manutenção (extensão e cobertura da rede, diâmetros, material e idade das tubulações), pressurização e ocorrências.

Para a ocorrência da descrição do Sistema de Abastecimento de Água foram realizadas visitas in loco. Para tanto em cada unidade do sistema de abastecimento de água (captação, tratamento, reservação e estações elevatórias de água tratada) foi realizado o acompanhamento da operação, visando identificar a situação atual do sistema. Desta forma, foi possível entender a operação e manutenção de cada etapa do sistema.

4.2. PROPOSTA PARA COMPOSIÇÃO MÍNIMA DA EQUIPE MULTIDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO PSA

Para a etapa inicial de elaboração do PSA foi de suma importância trazer a compreensão do sistema de abastecimento de água e seu global contexto, com todas as interfaces das áreas, que poderiam afetar a qualidade e a segurança hídrica da água através de alguma intervenção no sistema de abastecimento. Para alcançar esse objetivo, foram necessários:

- Compor a equipe técnica a participar do PSA com suas experiências nas áreas pertinentes ao tema.
- Entender o manancial onde é realizado a captação, como também os riscos inerentes ao processo.
- Estipular os critérios ou metas sendo embasadas na qualidade do produto final a ser alcançada.

- Avaliar e verificar se o sistema atual é capaz de atingir aos critérios exigidos nas legislações vigentes.
- Criar uma equipe capacitada e dedicada, sendo requisito primordial para assegurar o sucesso do plano com a realidade do sistema.

Ressalta-se a importância que a metodologia de composição da equipe tenham pessoas atuantes nas áreas operacional, comercial e de sustentabilidade (qualidade, segurança do trabalho, saúde ocupacional e meio ambiente), cada qual com sua responsabilidade individual e coletiva para interpretação, descrição e avaliação do sistema de abastecimento de água, para posterior identificação dos riscos, perigos e eventos perigosos que pode afetar a qualidade e segurança da água em todo sistema de abastecimento de água.

Sendo assim, a presente metodologia propõem a composição de equipe técnica mínima contendo os seguintes cargos e suas responsabilidades:

- Alta Gestão: Para a implementação e manutenção bem-sucedida do PSA, é importante ter a participação da Alta Gestão, com o intuito de apoiar no processo para que haja garantia da disponibilidade de recursos financeiros e humanos suficientes, e com isso o favorecimento a segurança da água como um objetivo.
- Facilitador local da elaboração do PSA: Responsável pela condução do projeto e assegurar que todos os objetos e etapas estabelecidas sejam devidamente atendidos e executados.
- Técnico Operacional Gestor Macro: Colaborar com sua especialização e experiência técnica e em gestão operacional específica do sistema de abastecimento.
- Técnico Operacional de Tratamento: Colaborar com sua especialização e experiência técnica operacional específica na etapa de tratabilidade de água do sistema de tratamento.

- Técnico Operacional de Gestão Campo: Colaborar com sua especialização e experiência técnica operacional específica na etapa de manutenção da rede de distribuição de água do sistema de abastecimento.
- Técnico Comercial: Colaborar com o conhecimento do sistema de gestão comercial e atendimento ao cliente.
- Técnico de Cadastro de Rede: Colaborar com sua especialização e experiência técnica operacional específica do sistema de abastecimento (cadastro técnico).
- Técnico Operacional de Gestão Manutenção: Colaborar com sua especialização e experiência técnica operacional específica nas etapas de manutenção da rede de distribuição de água, elétrica e automação no sistema de abastecimento.
- Técnico Operacional de Eletromecânica: Colaborar com sua especialização e experiência técnica operacional específica na etapa de manutenção que envolvam as áreas de elétrica e automação no sistema de abastecimento.
- Técnico Operacional de Automação: Colaborar com sua especialização e experiência técnica operacional específica na etapa de manutenção que envolva a área de automação no sistema de abastecimento.
- Técnico Operacional de Rede de Distribuição: Colaborar com seus conhecimentos dos processos utilizados para controle de perdas e gestão da rede de distribuição do sistema, na obtenção de dados e informações presentes em relatórios.
- Técnico Ambiental: Colaborar com o conhecimento do impacto e aspectos ambientais que envolvam todo o sistema de abastecimento de água.

- Técnico de Qualidade / Laboratório: Colaborar com o conhecimento dos padrões e resultados analíticos de qualidade da água em todo processo desde à captação até a entrega no cavalete.

De posse da relação de cargos e funções que compõem a equipe técnica, foi realizado um levantamento dos profissionais dos respectivos cargos existentes na concessionária de abastecimento de água.

Logo após a ocorrência da formação da equipe multidisciplinar, realizou-se o convite para participação na elaboração do plano, através do envio de um e-mail, com a convocação para uma reunião presencial.

Em conjunto com todo o grupo de trabalho, foi explanado as funções de cada integrante da equipe e etapas do projeto.

Em seguida houveram as realizações dos treinamentos para multiplicação e conhecimento acerca do tema, com o devido conteúdo:

- O que é um PSA;
- Qual importância da sua implantação para o SAA;
- Sua descrição na legislação vigente;
- O que é a escolha do SAA maduro para implantação;
- A descrição da equipe multidisciplinar, sua importância e papel em cada etapa;
- Descrição das etapas do PSA e aplicação em cada uma delas dentro do sistema de abastecimento de água;
- Apresentação da matriz de risco e como utilizar ela em campo;
- Como seriam as visitas e divisão dos grupos para as visitas em campo e preenchimento da matriz de risco;
- Como seriam as reuniões para compilação dos dados de cada etapa da matriz de risco e validação dos dados que serão utilizados;
- Explicação da composição de cada documento de gestão do PSA;
- Apresentação do cronograma do processo de implantação do PSA para o SAA escolhido.

A capacitação da equipe ocorreu nas salas de reunião e treinamento, onde os tópicos foram apresentados com o auxílio de televisão e data show, visando a conscientização de todos os profissionais acerca de suas funções em cada etapa do PSA.

4.3. ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DA MATRIZ DE RISCO APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DO PSA

A metodologia escolhida foi a que contempla-se o princípio do conceito de múltiplas barreiras, levando em consideração o controle de qualidade da água potável, através dos parâmetros físico – químicos e bacteriológicos como também todas as áreas envolvidas dentro do processo de abastecimento de água, visando o monitoramento de possíveis contaminantes, tendo como necessidade a realização de uma avaliação de risco de forma multidisciplinar das etapas desde a captação da água bruta até o ponto de entrega da água potável ao cliente, ponto esse denominado de cavalete.

Essa proposta de avaliação do sistema ultrapassa à avaliação apenas através dos parâmetros de qualidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº888/2021. Tendo então a possibilidade de contemplar todos os potenciais riscos presentes nas etapas de abastecimento, levando em consideração os aspectos qualitativos e quantitativos ou até mesmo o efeito combinado dos dois. Visto isso, verificou-se a necessidade dessa abordagem integrada associando-se todos os setores da empresa responsável pelo gerenciamento da água para o abastecimento público, atendendo ao conceito de múltiplas barreiras.

Esse conceito de múltiplas barreiras, contempla-se a utilização de ferramentas administrativas, gerenciais, tecnológicas e educativas na seguridade do fornecimento de água potável distribuída até o cavalete do cliente, como a aplicação da matriz de risco, conforme Tabela 2. Visando a garantia da qualidade da água levou-se em consideração, a importância da proteção das áreas no entorno do manancial, da fiscalização, do controle, do monitoramento da qualidade da água, das manutenções das redes de distribuição e reservatórios, programas de treinamentos e capacitações aos colaboradores envolvidos e as estruturas físicas do sistema.

Tabela 2. Matriz de Risco usada para avaliação dos riscos, perigos e eventos perigosos associados ao processo

Matriz de Risco		Consequência				
		1 - Insignificante	2 - Pequena	3 - Moderada	4 - Grande	5 - Catastrófica
Probabilidade		Sem qualquer impacto detectável	Nocivo para pequena parte da população ($\leq 10\%$)	Nocivo para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$)	Letal para uma pequena parte da população ($\leq 10\%$)	Letal para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$)
5 - Quase certa	Espera que ocorra 1 resultado fora	5	10	15	20	25
4 - Provável	Vai ocorrer provavelmente 1 resultado fora por semana	4	8	12	16	20
3 - Moderado	Vai ocorrer provavelmente 1 resultado fora por mês	3	6	9	12	15
2 - Pouco Provável	Vai ocorrer 1 resultado fora por ano	2	4	6	8	10
1 - Raro	Pode ocorrer em situações inusitadas (1 resultado fora em 10 anos)	1	2	3	4	5
			Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco extremo

Fonte: Estabelecimento de segurança da Qualidade da Água - WHO, 2011, adaptado pela autora, 2022.

4.3.1. Identificações de perigos

De acordo com os requisitos usados para a composição da equipe multidisciplinar do PSA, optou-se por relacionar os riscos e perigos do sistema em grupos. Os 6 grupos relacionados e escolhidos, foram:

- Grupo 1 - Presença de compostos químicos (contaminantes e sólidos dissolvidos).
- Grupo 2 - Presença de compostos físicos (sólidos em suspensão ou organismos que possam ter influência nas etapas de tratamento).
- Grupo 3 - Presença de organismos patogênicos sendo, bactérias, fungos e afins (análise microbiológica).
- Grupo 4 - Presença de organismos patogênicos sendo, protozoários (análise microbiológica).
- Grupo 5 - Presença de Radioatividade na água.
- Grupo 6 - Elementos de origem multidisciplinar que possam gerar riscos para alguma etapa do tratamento ou ocasionar desabastecimento (origem estrutural, ambiental ou humana).

Através dessa avaliação, composta pelos 6 grupos foi possível desenvolver e apresentar uma análise de risco que engloba-se todos os elementos e operações do sistema que poderiam gerar riscos relevantes, de acordo com a classe e listagem presente na Portaria GM/MS nº888 de 04 de maio de 2021, conforme ilustrada na Tabelas 3. Constituída de colunas com o nome do parâmetro, unidade de medida, valor de referência, valor da avaliação de risco e sua classificação de acordo com a matriz de risco presente na Tabela 2. Essa avaliação de risco realizada em todo escopo da Portaria vigente nortearam a avaliação dos resultados analíticos de referência dos últimos 2 anos, ou seja, de janeiro de 2020 à dezembro de 2021.

Tabela 3. Exemplo de tabela utilizada para avaliação e classificação de risco de acordo com os parâmetros presentes na Portaria GM/MS nº888/2021, utilizando - se do grupo organoléptico

Tabela de padrão organoléptico de potabilidade				
Parâmetro	Unidade	VMP	Risco	Classificação do Risco
Alumínio	mg/L	0,2	15	Elevado
Amônia (como N)	mg/L	1,2	20	Extremo
Cloreto	mg/L	250	5	Baixo
Cor Aparente	mg/L	15	5	Baixo
1,2 Diclorobenzeno	mg/L	0,001	12	Elevado
1,4 Diclorobenzeno	mg/L	0,0003	12	Elevado
Dureza total	mg/L	300	8	Moderado
Ferro	mg/L	0,3	15	Elevado
Manganês	mg/L	0,1	15	Elevado
Monoclorobenzeno	mg/L	0,02	12	Elevado
Sódio	mg/L	200	5	Baixo
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	6	Moderado
Sulfato	mg/L	250	6	Moderado
Sulfeto de hidrogênio	mg/L	0,05	12	Elevado
Turbidez	mg/L	5	5	Baixo
Zinco	mg/L	5	15	Elevado
Gosto e Odor	Intensidade	6	20	Extremo

Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5
Descrição dos itens:				
Item 1 - Coluna com os parâmetros dentro do grupo escolhido de trabalho.				
Item 2 - Coluna com a unidade escolhida de acordo com a utilizada na Portaria GM/MS nº888/2021.				
Item 3 - Com valor de referência permitido e estabelecido pela Portaria GM/MS nº888/2021.				
Item 4 - Resultado da avaliação de risco realizada para o SAA em estudo, levando em consideração toda a avaliação multidisciplinar do sistema e utilizando - se da matriz de risco, presente na Tabela 2.				
Item 5 - Classificação do risco realizada para o SAA em estudo, levando em consideração toda a avaliação multidisciplinar do sistema e utilizando - se da matriz de risco, presente na Tabela 2.				

Fonte: Autora, 2022.

Para a avaliação de perigos, risco e eventos perigosos pela equipe nas visitas em campo para cada etapa do processo utilizou-se a Tabela 4.

Sua composição de colunas é o nome do evento perigoso identificado, grupo ao qual ele pertence, avaliação da possibilidade de gerar desabastecimento de água, justificativa por sua escolha, avaliação e classificação do risco de acordo com a matriz presente na Tabela 2, se ele é considerado um ponto crítico de controle, se

é um risco operacional ou de gestão e qual a medida de controle existente ou a ser aplicada.

Tabela 4. Tabela utilizada para avaliação de perigos, risco e eventos perigosos pela equipe do PSA nas vistas em campo para cada etapa do processo

CAPTAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA													
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Medidas	
				(1) Químico (2) Físico (3) Bactérias / Vírus e afins (4) Protozoários (5) Radiológicos (6) Outros			Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?	Operacional (O) Gerencial (G)	Medidas de Controle
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5;6	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização							

Fonte: Autora, 2022.

4.3.2. Definições dos pontos de controle críticos (PCC)

Na identificação dos PCCs no SAA, levou-se em consideração cada perigo identificado de acordo com sua classificação e possibilidade de geração de desabastecimento de água, de acordo com a avaliação de cada etapa, utilizando-se das planilhas preenchidas pela equipe do PSA nas visitas em campo, Tabela 4, sendo elas, manancial, ponto de captação da água bruta, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, distribuição, unidade de tratamento de lodo, laboratórios e reservatórios. Levando-se em consideração todas as etapas de forma multidisciplinar.

Nos Sistemas Convencionais de Abastecimento de Água a principal finalidade da identificação dos pontos críticos de controle estão associadas as etapas físicas e de desinfecção da água, que geralmente devido as questões operacionais apresentam dentro das operações unitárias do sistema, limitações para remoção de contaminantes químicos e microbiológicos.

Também foram avaliadas as questões de impacto na qualidade da água e desabastecimento no sistema devido a problemas mecânicos (como eletromecânica), de manutenções dos equipamentos e na rede de distribuição. Para a avaliação da rede de distribuição, verificaram as questões de manobras, reservação e controle de pressão.

Considerou ser de suma importância a manutenção e garantia da qualidade da água bruta, como a proteção da biodiversidade do manancial, nesse caso da Represa em estudo.

Outro fator importante, foi a manutenção da etapa de pré – oxidação no processo de tratamento da água, onde a qualidade da água bruta apresentava concentrações de metais, como ferro e manganês complexados e matéria orgânica.

Para identificação e análise de PCC em cada etapa avaliada de forma multidisciplinar, utilizou-se o método da Árvore de Decisão, usando da abordagem de 5 perguntas. As perguntas consideradas foram:

- Pergunta 1: Nessa etapa a ocorrência de alguma medida de controle para o perigo identificado?
- Pergunta 2: A etapa avaliada foi projetada e está sendo usada para eliminar ou mitigar o perigo?
- Pergunta 3: A contaminação ou geração de desabastecimento de água podem ocorrer de forma respectiva a violar os limites permitidos pela legislação vigente e afetar o cliente com a interrupção do fornecimento de água potável?
- Pergunta 4: A inserção de uma etapa antecessora ou sucessora poderá eliminar ou mitigar o perigo identificado a obter-se níveis aceitáveis (risco baixo)?
- Pergunta 5: Pode gerar desabastecimento de água?

4.4. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO OPERACIONAL

A unidade avaliada do presente trabalho possui in loco um laboratório operacional com equipamentos analíticos para atendimento do escopo de parâmetros físico – químicos de pH, cor aparente, turbidez, cloro residual e fluoretos.

O controle analítico necessário em uma concessionária para operar, manter e otimizar o processo de tratamento de água, como também atender ao Anexo 13 da Portaria GM/MS nº888/2021, onde contém o número de amostras e frequência para o controle da qualidade da água, para fins de análises físicas e químicas, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial, estão presentes nas Tabelas 5 e 6.

O monitoramento operacional adotado visou aplicar a frequência de coletas e execução das análises básicas de controle em um intervalo de execução a cada duas horas, para os pontos de água bruta, água decantada, água filtrada na saída de cada filtro e água tratada.

Os parâmetros básicos avaliados para água bruta foram: pH, turbidez, cor aparente e quando necessário concentrações de metais, sendo ferro total, ferro dissolvido, manganês total, manganês dissolvido, alumínio total e alumínio dissolvido.

Já para água tratada além desses parâmetros analisou também fluoretos e cloro residual livre. O controle da água filtrada foi realizado através da análise de turbidez na saída de cada filtro.

Vale ressaltar que semanalmente ocorreram as análises da área de controle de qualidade, com coletas em todo processo para verificação dos mesmos parâmetros citados.

Todas essas análises com seus respectivos resultados subsidiaram a avaliação e ações necessárias no processo de tratamento de água.

Além desse controle sempre que necessário foi avaliado concentrações de metais, com intervalo de uma hora para água bruta, decantada e tratada.

Tabela 5. Tabela de número de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas e químicas em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

Tabela de número de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas e químicas em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial									
Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do Tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)					
		N° Amostras	Frequência	População abastecida					
				< 50.000 hab	50.000 a 250.000 hab	> 250.000 hab	< 50.000 hab	50.000 a 250.000 hab	> 250.000 hab
				Número de amostras			Frequência		
Turbidez, Residual de desinfetante e Cor aparente	Superficial	1	A cada 2 horas	Em todas as amostras coletadas para análises bacteriológicas, deve ser efetuada medição de cor, turbidez, e residual de desinfetante.					
	Subterrâneo	1	Semanal						
pH e Fluoreto	Superficial ou Subterrâneo	1	A cada 2 horas	Dispensada a análise					
Gosto e Odor	Superficial	1	Trimestral	Dispensada a análise					
	Subterrâneo	1	Semestral	Dispensada a análise					
Cianotoxinas	Superficial	1	Semanal quando contagem de cianobactérias 20.000 células/mL	Dispensada a análise					
Produtos secundários da desinfecção	Superficial	Dispensada a análise		1	4	8	Bimestral		
	Subterrâneo			1	2	3	Anual	Semestral	Semestral
Acilamida	Superficial ou Subterrâneo	1	Mensal	1	1	1	Mensal		
Epicloridrina	Superficial ou Subterrâneo	1	Mensal	1	1	1	Mensal		
Cloreto de Vinila	Superficial ou Subterrâneo	1	Semestral	1	1	1	Semestral		
Demais parâmetros	Superficial ou Subterrâneo	1	Semestral	1	1	1	Trimestral		

NOTAS:

- 1 Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.
- 2 Para sistemas que realizam a fluoretação ou desfluoretação da água. Os demais sistemas devem realizar o monitoramento de fluoreto conforme a frequência definida para demais parâmetros.
- 3 Quando houver pré - oxidação com agente diferente do desinfetante incluir o monitoramento de subproduto em função do oxidante utilizado.
- 4 As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição.
- 5 Deve ser monitorado apenas pelos SAA e SAC que fazem o uso de polímero que apresenta essa substância em sua constituição. A coleta de amostra deve ser realizada durante o período em que esse polímero for utilizado no tratamento de água.
- 6 Quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento (resultado da análise menor que o limite de detecção) fica dispensado o monitoramento na água distribuída, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema.
- 7 Cloreto de Vinila deve ser monitorado na rede de distribuição, mesmo que não seja encontrada na saída do tratamento, tendo em vista a possibilidade de serem liberados de materiais a base de plástico PVC.
- 8 Para agrotóxicos, observar o disposto no parágrafo 4º do artigo 44.
- 9 Quando parâmetro for detectado na saída do tratamento, deve -se monitorar com frequência trimestral na saída do tratamento e no sistema de distribuição.

Fonte: Portaria GM/MS nº888/2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 6. Tabela de número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises bacteriológicas, em função da população abastecida

Tabela de número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises bacteriológicas, em função da população abastecida													
Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento (Número de amostras por unidade de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)										
			<5.000	5.000 à 10.000	10.000 à 50.000	50.000 à 80.000	80.000 à 130.000	130.000 à 250.000	250.000 à 340.000	340.000 à 400.000	400.000 à 600.000	600.000 à 1.140.000	>1.140.000
Coliformes Totais	Superficial	Duas amostras semanais	5	10	1 para cada 1000 habitantes	25+1 para cada 2000 habitantes	1+1 para cada 1250 habitantes	40+1 para cada 2000 habitantes	115+1 para cada 5000 habitantes	47+1 para cada 2500 habitantes	127+1 para cada 5000 habitantes	187+1 para cada 10000 habitantes	244+1 para cada 20000 habitantes (máximo de 400)

Fonte: Portaria GM/MS nº888/2021, adaptado pela autora, 2022.

4.5. ELABORAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE GESTÃO PARA APLICAÇÃO NO PSA

Para a elaboração dos documentos de gestão, foram utilizados dados sobre o sistema e participação efetiva de toda a gestão.

Logo, na descrição das etapas ocorreram propostas de ações corretivas a serem realizadas quando os resultados do monitoramento indicassem algum desvio relativamente ao limite de alerta, crítico ou ter sido considerado um PCC.

A etapa de elaboração dos documentos de gestão teve como objetivo a validação das informações em campo com o intuito de caracterizar o SAA para consolidação das informações.

Os documentos de gestão identificados como adicionais ao PSA para controle do processo foram:

- Manual de operação do sistema de tratamento;
- Plano de Comunicação de Emergência e Contingência;
- Plano de Amostragem de Água do SAA;
- Consolidação do PSA.

4.6. APLICAÇÃO DE UM INDICADOR DE AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DO PSA PARA ACOMPANHAMENTO

Para avaliação da eficiência do Plano de Segurança da Água aplicado ao sistema, observou-se a necessidade de se ter um indicador para o monitoramento, verificação e validação das ações aplicadas.

A referência escolhida para composição desse indicador foi o Guia Prático da ERSAR de nº 22/2021, que trabalha com o indicador de água segura (AA04 – Água segura, %). Este indicador destina-se a avaliar o nível de adequação da interface com o usuário em termos de qualidade do serviço prestados, no que refere-se à qualidade da água fornecida pela concessionária pública ou privada. Sua

definição é expressa em porcentagem da água em conformidade com a legislação vigente para os parâmetros básicos selecionados.

Os parâmetros básicos de controle, ou seja, na saída do tratamento, como na rede de distribuição são pH, cor aparente, turbidez, cloro residual livre e fluoretos. Para a composição do indicador e cruzamento de dados para avaliação optou-se pela formação do indicador com esses parâmetros mencionados. A classificação e avaliação da eficiência em porcentagem utilizou-se da escala, estabelecida pela IWA (Associação Internacional da Água), na Tabela 7, (ERSAR,2021).

Tabela 7. Valores de referência para avaliação da eficiência do PSA

Valores de referência IWA (%)	
Classificação	Faixa (%)
Qualidade de água como boa	98,5 à 100,0
Qualidade de água como média	94,5 à 98,5
Qualidade de água como insatisfatória	0 à 94,5

Fonte: ERSAR, 2021.

Para composição do indicador utilizou-se dos dados desses parâmetros mencionados acima pois seus resultados representam:

- A eficiência da manutenção dos equipamentos, das manutenções de intercorrência e de eletromecânica responsáveis para não intermitência do abastecimento;
- A eficiência do controle de distribuição, manobras e reservação para manutenção da hidráulica, fluxo e dinâmica da rede;
- A eficiência do processo de tratamento;
- A eficiência da qualidade do produto (água potável que está sendo entregue para toda população), trazendo os princípios de ESG ou ASG (Governança ambiental, social e corporativa).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Sistema de Tratamento de Água escolhido para o desenvolvimento do PSA foi nomeado como ETA A.

A estação de tratamento de água escolhida foi implantada em outubro de 2012, seu tipo de tratamento é o de ciclo completo (convencional), de estrutura metálica e com vazão máxima de tratamento igual a 40L/s. O tratamento dessa unidade, contemplam as seguintes etapas e produtos químicos inseridos:

- 1º Etapa - Coagulação: o coagulante usado é o Policloreto de Alumínio (PAC);
- 2º Etapa - Pré – oxidação: os oxidantes aplicados são de acordo com qualidade da água bruta sendo, o hipoclorito de sódio ($\text{NaClO}_{(l)}$) solução aquosa de 0,6% e 12%, e o Permanganato de Potássio ($\text{KMnO}_{4(l)}$) solução aquosa em concentração 0,5 à 1,0%.
- 3º Etapa - Floculação: dosagem de polímero não – iônico, com a finalidade de auxiliar na floculação, ou seja, para se ter um ganho de densidade do floco.
- 4º Etapa - Decantação: Sem dosagem de produto químico.
- 5º Etapa - Filtração: Sem dosagem de produto químico, porém filtros com uma camada de carvão ativado.
- 6º Etapa - Desinfecção: o produto químico de agente desinfetante usado é o hipoclorito de sódio ($\text{NaClO}_{(l)}$) solução aquosa de 0,6%.
- 7º Etapa - Fluoretação: o produto químico usado com a finalidade de obtenção de benefícios para o controle da cárie dentária é o Ácido Fluossilícico ($\text{H}_2\text{SiF}_6(l)$) na concentração de 10%.

Os resultados obtidos na seguinte pesquisa estão apresentados a seguir.

5.1. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para o desenvolvimento da descrição das etapas de tratamento, trabalhou-se na pesquisa a caracterização do ponto de captação e do processo de tratamento utilizado na ETA A, conforme descrito a seguir.

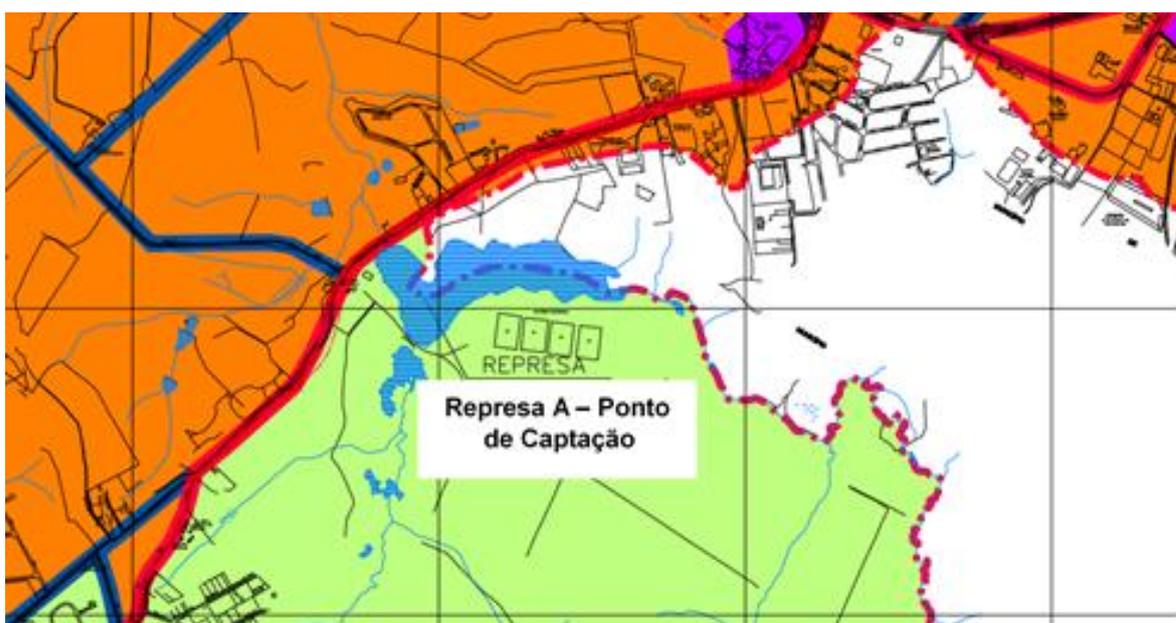
5.1.1. Descrição do ponto de captação de água bruta

As instalações da Captação A, está localizada junto à divisa entre dois municípios, conforme Figura 7.

A tomada de água é localizada na represa formada por um barramento de pequena carga implantado no Rio na divisa entre os municípios.

A represa formada situa-se inteiramente apenas dentro de um município. Porém o manancial está localizado na divisa entre dois municípios do interior de São Paulo, sendo denominados de A (município de estudo do trabalho) e B (outro município em questão).

Figura 7. Delimitação da Represa A



Fonte: Plano Diretor Município B, 2015.

A captação é efetuada junto ao barramento de terra de elevação do nível do Rio. No local ocorre-se a formação de um pequeno reservatório, havendo a ocorrência da tomada d'água, gradeamento e desarenação.

A vazão captada é da ordem de 300 L/s, correspondendo a 12,5% do volume total atual necessário ao abastecimento de um dos municípios. A outorga junto ao DAEE é de permissão para explorar até 407,8 L/s durante 24 h/dia.

De acordo com o Plano Diretor do município B, o Rio possui uma área de aproximadamente 66 km², vazão mínima igual a 0,21 m³/s, com captação atual de 408 L/s e uma disponibilidade efetiva de 180 L/s.

O Rio em estudo se configura como sendo um importante afluente da margem esquerda de outro Rio B, estando uma parte da sua bacia inserida no município B, mas fora da área urbana.

Ele é formado após a junção de um Ribeirão C e de um córrego D, próximo da divisa de dois municípios, A e B. Seu desaguamento ocorre no corpo principal (Rio B).

Sua bacia abrange área de recebimento de esgoto bruto de áreas verdes, irregulares, como também de área no seu entorno com cultivos para agricultura, e utilizado para pastagens de animais.

Os efeitos das mudanças climáticas associados com as atividades em torno do manancial (atividades antrópicas desenvolvidas de forma inadequada) ocasiona uma deterioração da qualidade ambiental da Represa, e que por consequência, afeta a qualidade e quantidade do recurso hídrico.

Foi detectado o uso e ocupação do solo, onde mostraram alto grau de antropização na sub-bacia, predominando o desenvolvimento do sistema misto agricultura/pastagem (50,93% em 2016, 50,44% em 2017, 53,22% em 2018 e 49,75% em 2019). A avaliação dos parâmetros de qualidade da água indicaram redução em sua qualidade ao longo do período, observou-se que mais de 70% da variabilidade dos valores do IQA foram explicadas, tendo contribuição significativa de CT, P, DBO, NTK, UNT e RT (matéria orgânica, sólidos e nutrientes), fatores relacionados a poluentes de origem doméstica e industriais, bem como relacionados a dinâmica de uso e ocupação da terra (Silva, 2022).

Outro fator de interesse foram as possíveis fontes de contaminação por agrotóxicos devido a atividade agrícola as margens da represa.

5.1.2. Descrição do sistema de tratamento da ETA A

A Estação de Tratamento de Água denominada A, onde foi desenvolvido o PSA possui o tipo de tratamento ciclo completo, ou convencional, constituído das etapas de: entrada de água bruta, pré - oxidação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação.

A etapa de entrada de água bruta é composta por um dispositivo hidráulico ou calha parshall que é utilizada para medição da vazão da ETA (através de medidor de ultrassônico de nível) e também para dosagem de produto químico por ocorrência de mistura rápida no estrangulamento da secção horizontal onde ocorre o início das dispersões de produtos químicos necessários ao tratamento.

A pré-oxidação é a adição de um oxidante sendo ele a base de cloro e permanganato de potássio com a finalidade de eliminar metais (ferro e manganês) na água bruta, além de facilitar a retirada de matéria orgânica, auxiliando a coagulação. A unidade de tratamento possui um cuidado com essa etapa para a não formação de subprodutos de desinfecção a base de cloro, sobretudo Trihalometanos (THM).

Por esse motivo, nessa etapa ocorre-se a associação de dois oxidantes um a base de cloro, o hipoclorito de sódio 0,6% ou 12% (concentração determinada de acordo com teste de Jar Test) e o outro sendo o permanganato de potássio, como também é realizado um contínuo monitoramento de subprodutos da desinfecção.

Logo a etapa seguinte é a coagulação, onde devido a dosagem de coagulante em gradiente de mistura rápida, o produto químico utilizado auxilia na desestabilização química das partículas coloidais que em suspensão conferem cor e turbidez à água. Nessa unidade o coagulante utilizado é o Policloreto de Alumínio (PAC). A dosagem ideal de coagulante a ser adicionada (volume de coagulante a ser adicionado na água bruta) é determinada experimentalmente com uso do Jar Test.

Já na floculação ocorre em gradiente de mistura lenta, etapa necessária para promoção da mistura entre os produtos químicos e a água, através da rotação das pás do floculador (no caso de floculador mecânico), promovendo a formação adequada dos flocos. Em seguida, na etapa de decantação a clarificação da água ocorre através da sedimentação dos flocos formados pela ação da gravidade. Os flocos sedimentam no fundo do tanque, formando o lodo da ETA. O clarificado é coletado na superfície do equipamento.

Na etapa filtração ocorre a retenção de flocos e materiais em suspensão que não decantaram. Essa etapa é responsável pela clarificação final da água, atingida mediante a percolação da água pelo meio filtrante, sendo a areia, antracito e carvão (filtro de camada tripla).

O fluxo de filtração é descendente e realizados em filtros abertos para a atmosfera. Na medida que a água passa pelo meio filtrante, há a deposição de flocos sobre a mesma, que provoca a colmatação da camada superficial, aumentando a perda de carga, e tornando-se necessária a lavagem geral do filtro. O processo de limpeza do filtro é chamado de retrolavagem e ocorre mediante a lavagem do filtro no sentido contra a filtração.

A desinfecção é a ocorrência da cloração na água filtrada com finalidade de eliminar os organismos patogênicos que porventura não tenham sido retirados durante o tratamento de água, e é feita mediante a adição de cloro.

Na ETA, a cloração é feita utilizando cloro na forma líquida, com o hipoclorito de sódio 0,6%. A concentração mantida de cloro residual livre médio na água tratada na saída do sistema é de pelo menos 1,5 mg/L, para a manutenção do residual na rede de distribuição. A fluoretação ocorre logo em seguida com a finalidade odontológica para proteção dos dentes contra cárie, e é feita mediante adição de ácido fluorossilícico.

Para melhor entendimento do processo de tratamento da ETA A, elaborou-se um fluxograma com as etapas do processo de tratamento de água descritas, considerando dosagem de todos os químicos possíveis na ETA, conforme Figura 8. A estação é constituída pelas seguintes unidades, conforme Figuras 9 e 10:

- Medidor de vazão eletromagnético do tipo carretel, instalado na tubulação de recalque da captação de água bruta;
- Calha Parshall de 2 pés onde é feita a dosagem e mistura do coagulante (policloreto de alumínio);
- Dois flocladores mecânicos em série, medindo em planta 3,20 m x 3,20 m, com profundidade média de 3,20 m;
- Um decantador de fluxo horizontal com seção retangular, medindo 3,20 m x 10,40 m com fundo inclinado, com profundidade média de 3,20 m;

- Três filtros rápidos de gravidade, de dupla camada, medindo cada um, 3,20 m x 2,15 m;
- Dois reservatórios, ambos de concreto, sendo um apoiado e um elevado;
- Casa de química e armazenamento de produtos químicos;
- Uma casa de bombas para recalcar do reservatório semi - enterrado para o reservatório elevado;
- Uma EEAT (Estação Elevatória de Água Tratada) para recalcar através de rede de diâmetro 150 mm até o centro de reservação.

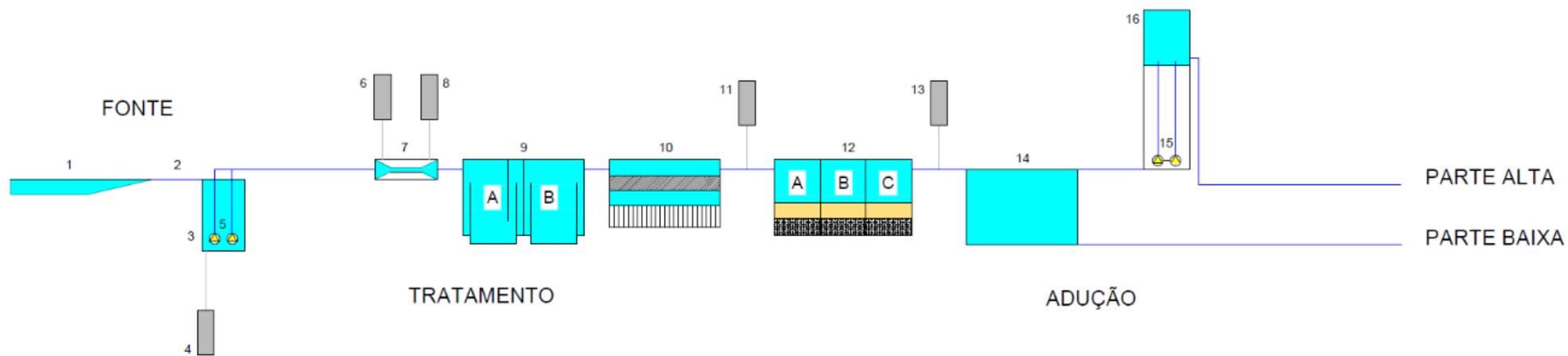
Foi identificado o andamento do projeto de implantação do sistema de recuperação da água de lavagem dos filtros e decantadores, bem como o sistema de desidratação do lodo. Sendo na proposta o lodo ser encaminhado para outra unidade através de caminhão tanque, estando previstas as instalações de armazenamento necessárias a esse tipo de transporte.

As medidas de controle existentes na ETA A são referentes a riscos associados nas etapas do sistema de tratamento de água, fazendo-se necessário a identificação de ações de controle, sendo elas existentes e necessárias para a segurança da qualidade da água distribuída. As ações consideradas foram:

- Monitoramento dos padrões de qualidade da água bruta, nas etapas do tratamento e na rede de distribuição;
- Procedimentos e controles utilizados para o processo de tratamento da água;
- Ferramentas de avaliação do desempenho do sistema de tratamento de água.

O resumo dessas medidas de controle padrão existentes atualmente no sistema de tratamento de água ETA A estão presentes no Quadro 1.

Figura 8. Fluxograma do processo de tratamento da água na ETA A

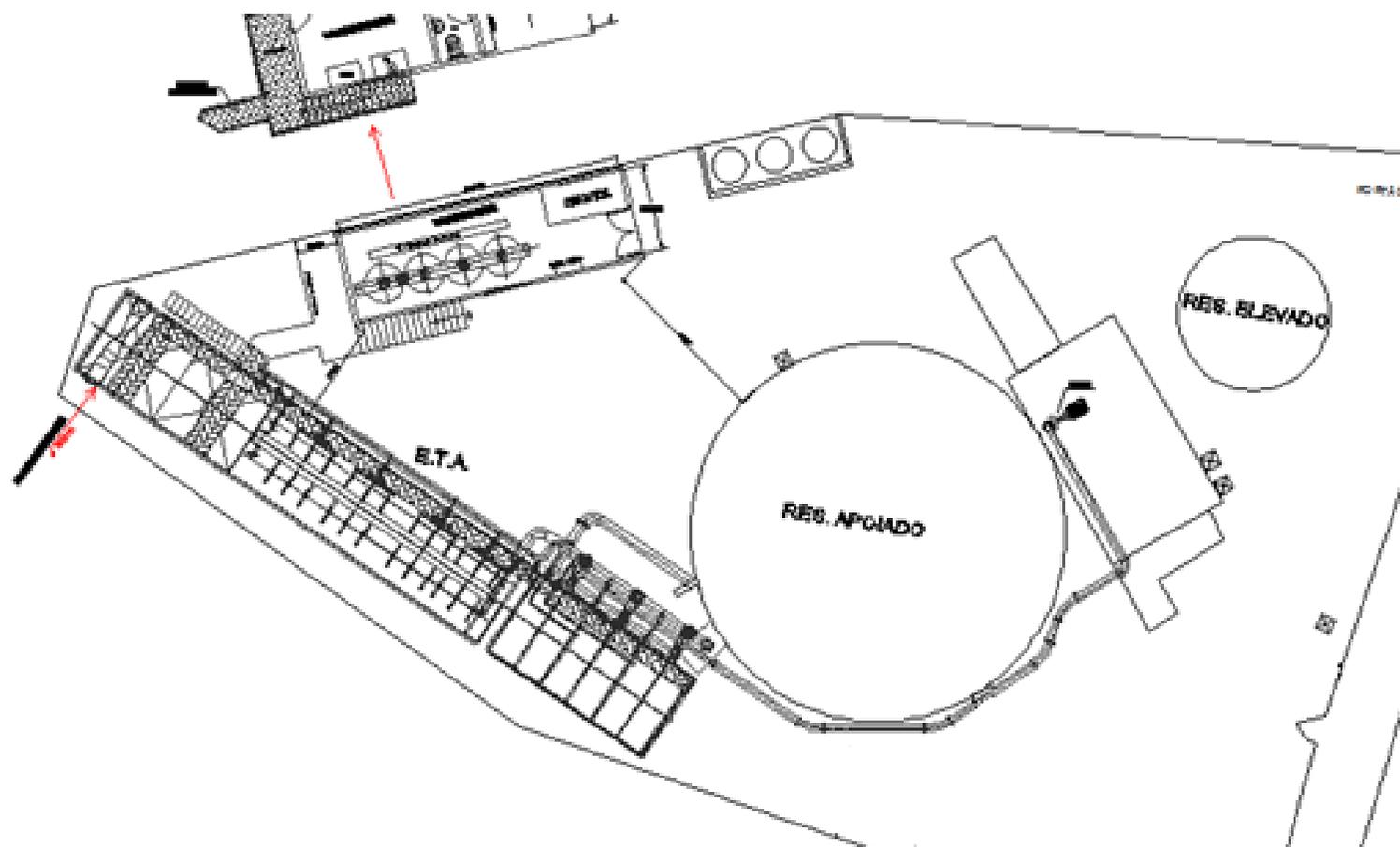


LEGENDA

- | | | | |
|--|---|--|---|
| 1 - Água superficial | 5 - Bombeamento | 9 - Floculador A e B | 13 - Dosagem de Hipoclorito de Sódio 0,6% |
| 2 - Tomada de Água | 6 - Dosagem de Hipoclorito de Sódio 12% (Pré-oxidação) | 10 - Decantadores | 14 - Reservatório Semi-enterrado (Distribuição Parte Baixa) |
| 3 - Poço de Sucção | 7 - Calha Parshall | 11 - Dosagem de Ácido Fluossilícico | 15 - Bombeamento |
| 4 - Dosagem de Permanganato de Potássio (Pré-oxidação) | 8 - Coagulação (Dosagem de Policloreto de Alumínio 10%) | 12 - Filtros A, B e C (Dupla Camada: Carvão e Areia) | 16 - Reservatório Apoiado (Distribuição Parte Alta) |

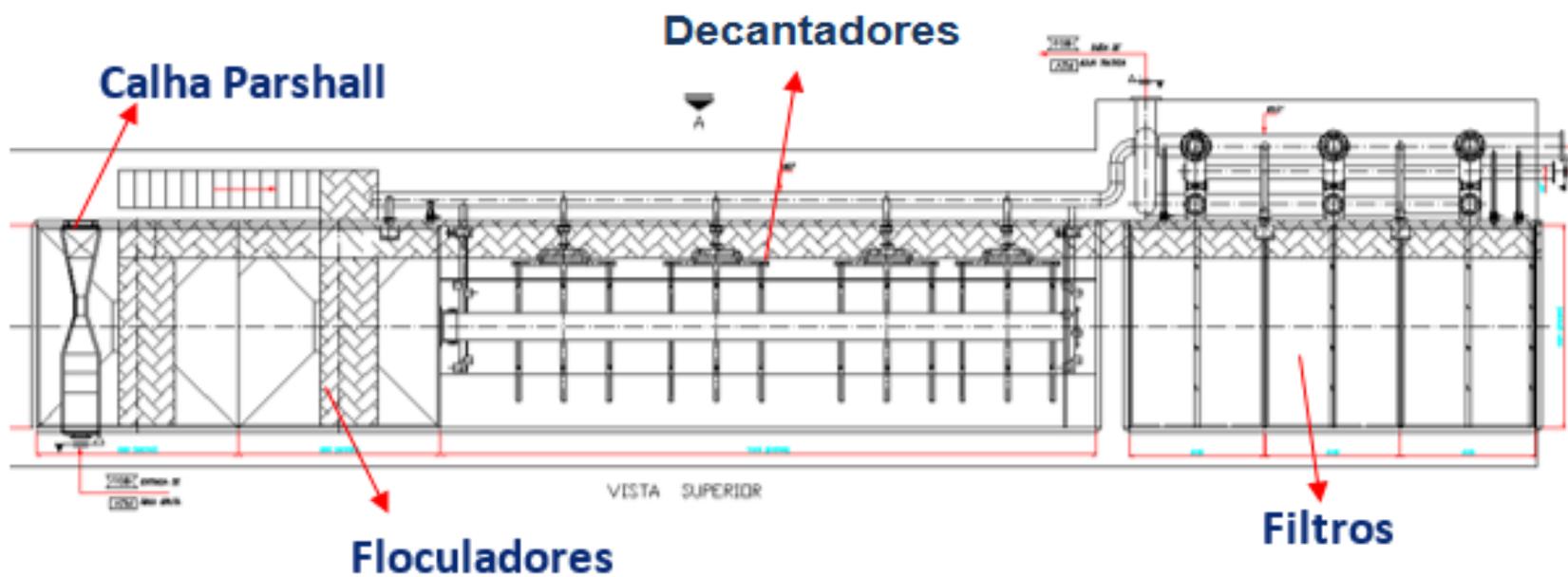
Fonte: Autora, 2021.

Figura 9. Esquemático da infraestrutura existente na ETA A



Fonte: Plano de Saneamento Básico do Município A, 2021.

Figura 10. Vista superior da ETA A



Fonte: Plano de Saneamento Básico do Município A, 2021.

Quadro 1. Medidas de Controle Existentes no SAA - ETA A

MEDIDAS DE CONTROLE EXISTENTES NO SAA - ETA A		
Etapa do Tratamento	Medida de Controle	Justificativa
Manancial / Captação	Monitoramento diário, semanal, mensal e semestral da qualidade da água bruta da Represa Ipaneminha.	Verificação da qualidade da água bruta para controle e avaliação do atendimento aos padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº888/2021, como também para avaliação do atendimento a classe do corpo hídrico, ou seja sua manutenção da qualidade, dentro dos limites para a classe vigente, Rio de Classe 2.
Coagulação (mistura rápida) / Floculação (mistura lenta)	Monitoramento diário do parâmetro de turbidez na água decantada, como também realização semanal de avaliação da quantificação de matéria orgânica. Realização de ensaios de Jar - Teste para verificação do pH de coagulação, gradientes de velocidades e dosagem ótima de produto químico (coagulante e polímero).	Manutenção do desempenho dos processos relacionados à neutralização de cargas das partículas em suspensão e componentes oxidados presentes e sua floculação.
Decantação	Monitoramento diário do parâmetro de turbidez na água decantada, como também realização semanal de avaliação da quantificação de matéria orgânica. Avaliação individual de cada decantador e otimização do tempo de detenção hidráulica dessa operação para programações de lavagens.	Assegurar que o decantador opere em condições adequadas, minimizando o arraste de sólidos para etapa posterior.
Filtração	Monitoramento diário do parâmetro de turbidez na saída de cada filtro. Avaliação individual das carreiras de filtração para programações de contra lavagem. Monitoramento de perda de carga para avaliação do meio filtrante.	Assegurar que o filtro opere em condições adequadas, minimizando o potencial de deterioração da qualidade da água filtrada e sua saturação.
Desinfecção	Controle diário da concentração de cloro residual livre após o ponto de dosagem, na entrada do reservatório.	Garantir que a água tratada tenha concentração de cloro residual livre dentro da faixa limite para assegurar a qualidade microbológica (barreira sanitária).
Fluoretação	Controle diário da concentração de fluoretos após o ponto de dosagem, reservatório.	Garantir que a água tratada tenha concentração de fluoretos dentro da faixa limite para assegurar o controle de cáries a população atendida.
Rede de Distribuição	Monitoramento e manutenção de pressão positiva na rede.	Assegurar que a pressão na rede de distribuição não atinja valores que possam danificar ou ocasionar vazamentos na tubulação, podendo gerar contaminação na água em decorrência de pressões elevadas ou negativas.
Reservatórios	Monitoramento semanal dos parâmetros de controle de qualidade para água potável. Controle de nível do reservatório através do CCO. Manutenção e avaliação de lavagem e higienização.	Assegurar o armazenamento da água de forma a não comprometer os padrões de qualidade para água potável.

Fonte: Autora, 2021.

5.2. PROPOSTA PARA COMPOSIÇÃO MÍNIMA DA EQUIPE MULTIDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO PSA

Para a formação da equipe, optou-se por trabalhar a multidisciplinaridade, buscando todo o mapeamento de possíveis riscos, perigos e eventos perigosos envolvidos em todo o sistema de abastecimento de água, desde o ponto de captação, tratamento e rede de distribuição.

Ressalta-se também que na formação da equipe, a alta gestão foi apontada, principalmente devido o PSA ser um plano de gestão contínuo e envolver ações que refletem em investimentos e tomada de decisões.

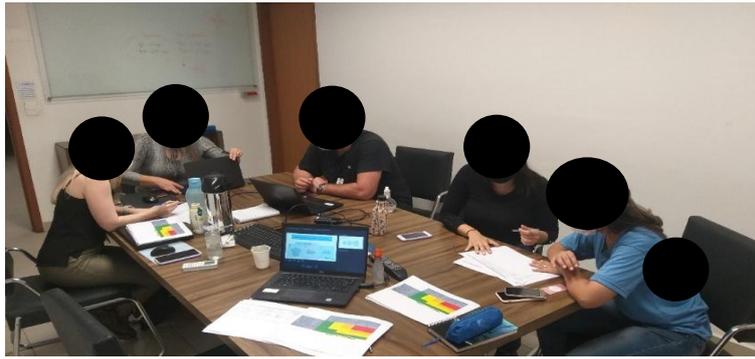
Os integrantes da equipe PSA, são:

- Alta Gestão,
- Facilitador local da elaboração do PSA,
- Técnico Operacional Gestor Macro,
- Técnico Operacional de Tratamento,
- Técnico Operacional de Gestão Campo,
- Técnico Comercial, Técnico de Cadastro de Rede,
- Técnico Operacional de Gestão Manutenção,
- Técnico Operacional de Eletromecânica,
- Técnico Operacional de Automação,
- Técnico Operacional de Rede de Distribuição,
- Técnico Ambiental,
- Técnico de Qualidade / Laboratório.

Sendo assim, no Quadro 2, apresenta-se os cargos e áreas escolhidos para a composição da equipe multidisciplinar desse plano de forma resumida.

Para efetividade no desenvolvimento do plano, optou-se pelo treinamento de toda a equipe, sobre a composição de um PSA, sua importância e como a avaliação de risco através da matriz teria que ser aplicada na avaliação do sistema como um todo. Com essa necessidade, toda a equipe foi treinada, nas datas de 17.08.2021, 18.08.2021 e 10.09.2021 para posterior distribuições das tarefas, levantamento de risco e participações nas reuniões, conforme Figuras 11 à 13.

Figura 11. Treinamento da primeira turma, realizado em 10 de setembro de 2021



Fonte: Autor, 2021.

Figura 12. Treinamento da segunda turma, realizado em 18 de agosto de 2021



Fonte: Autora, 2021.

Figura 13. Treinamento da terceira turma, realizado em 10 de setembro de 2021



Fonte: Autora, 2021.

Quadro 2: Lista dos integrantes da equipe PSA

EQUIPE PSA						
Possível Cargo	Área	Impacto				Ações para gerência das partes interessadas
		Papel no PSA	Prioridade	Classificação	Estilo de Comunicação	
Diretoria Corporativa	Direção	Patrocinador	Alta	Alta Gestão	e-mail/Teams	Reunião kick-off, envio do Termo de Abertura, e-mail de comunicação do status do projeto, reunião de encerramento.
Diretoria ou Presidente da concessionária	Direção	Patrocinador	Alta	Alta Gestão	e-mail/Teams	
Coordenador Corporativo de SGI/Qualidade	SGI / Qualidade	Gerência	Alta	Alta Gestão	e-mail/Teams	GP
Analista corporativa de SGI/Qualidade	SGI / Qualidade	Participativo	Alta	Alta Gestão	e-mail/Teams	Envio do Termo de Abertura do Projeto, solicitações via e-mail/teams
Especialista corporativa de SGI/Qualidade	SGI / Qualidade	Participativo	Baixa	Alta Gestão	e-mail/Teams	
Gerente Comercial	Comercial	Participativo	Baixa	Alta Gestão	e-mail/Teams	Reunião de kick-off, envio do Termo de Abertura, comunicação do status do projeto, revisão das etapas, validações das etapas, validação do Plano de Segurança da Água, reunião de encerramento.
Gerente Operacional	Operacional	Gerência	Alta	Alta Gestão	e-mail/Teams	
Coordenador Operacional Água	Operacional Tratamento	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	Reunião de kick-off, envio do Termo de Abertura, treinamento, definição das atividades, reuniões de acompanhamento, comunicação do status do projeto, validação do Plano de Segurança da Água, reunião de encerramento.
Analista Operacional Água	Operacional Tratamento	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Coordenador Operacional Esgoto	Operacional Tratamento	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Supervisor Operacional Esgoto	Operacional Tratamento	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Coordenadora Comercial local	Comercial	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Líder de Atendimento	Comercial	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Cadastro Técnico	Operacional Manutenção	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Coordenador de Manutenção e Eletromecânica	Operacional Manutenção	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Supervisor de Manutenção	Operacional Manutenção	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Supervisor de Eletromecânica	Operacional Manutenção	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Técnico em Automação	Operacional Manutenção	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Supervisor de Distribuição e Perdas	Operacional Distribuição	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Gestor de Sustentabilidade	Sustentabilidade	Elaborador / Participativo	Alta	Empresa	e-mail/Teams	
Analista de Sustentabilidade	Sustentabilidade	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	
Laboratoristas	Controle de Qualidade	Participativo	Média	Empresa	e-mail/Teams	

Fonte: Autora, 2021.

5.3. ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DA MATRIZ DE RISCO APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DO PSA

A forma mais eficaz de garantir sistematicamente a segurança de um sistema de abastecimento de água para consumo humano consiste numa metodologia integrada de avaliação e gestão de riscos que englobe todas as etapas do abastecimento de água, desde a captação até ao cavalete do consumidor, de acordo com a OMS 2004, conforme Figura 14.

Figura 14. Etapas do Sistema de Abastecimento de Água que contempla o PSA



Fonte: Autora, 2021.

Já para escolha do sistema de abastecimento de água (SAA), aplicou-se os requisitos necessários para ele ser considerado um SAA maduro, conforme descrito na metodologia para desenvolvimento do plano.

Então para se rodar a avaliação em campo da Matriz de Risco Multidisciplinar para o SAA em condição ideal, ou seja maduro, a equipe precisou ser treinada acerca da temática PSA.

Dentro da metodologia escolhida e adaptada teve-se como requisito uma avaliação do sistema como um todo de forma multidisciplinar.

Todas as etapas, seguiu-se o indicado pela OMS, conforme resumo em Figura 15.

Os perigos gerados podem ser por agente biológico, químico, físico ou radiológico que pode causar um dano para a saúde pública (ex: contaminação por agentes patogênicos).

Já os eventos perigosos (em nossas instalações) são os que introduzem perigos no sistema de abastecimento de água (ex: rompimento de rede).

A aplicação da matriz de risco, na etapa de determinação, usou-se das seguintes perguntas:

- O que pode acontecer? (Identificação de eventos perigosos)
- Como pode acontecer?
- Quais as consequências? (Perigo, fonte de dano)

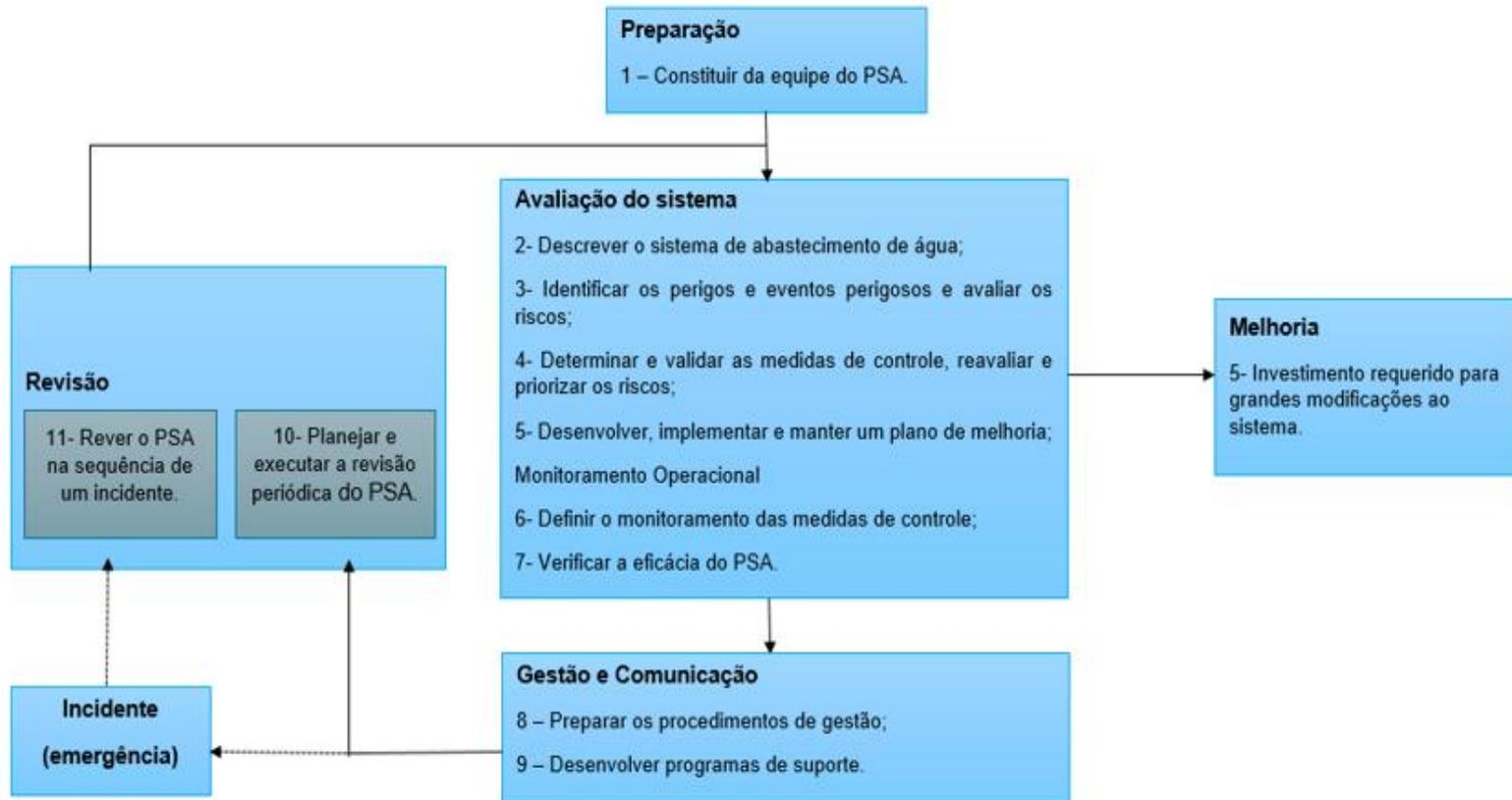
Para a identificação dos riscos usou-se uma matriz de risco para identificação dos riscos, perigos e eventos perigosos associados a cada etapa do processo.

As matrizes de risco com as identificações de medidas de controle existentes para as etapas: manancial, captação/adução, coagulação/floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, laboratório, tratamento de lodo, reservatório, tratamento de lodo, reservatório e distribuição/consumidor estão presentes nas Tabelas 8 a 18.

Para cada matriz a uma coloca para identificação do perigo, sua classificação como 1- Químico, 2- Físico, 3- Bactérias / Vírus e afins, 4- Protozoários, 5- Radiológicos e 6- Outros. Logo em seguida, outra coluna de medidas de controle com o objetivo de:

- Determinar as medidas de controle para cada um dos perigos e eventos perigosos identificados;
- Validar a eficácia dos controles e reavaliar os riscos;
- Estabelecer a prioridade dos riscos identificados;
- Elaborar o plano de melhoria desenvolvido para os riscos identificados como prioritários.

Figura 15. Detalhamento das etapas inseridas na metodologia da Organização Mundial de Saúde



Fonte: Fluxograma da Implementação do PSA - WHO, 2011, adaptado pela autora, 2021.

Tabela 8. Matriz de risco da etapa do manancial

MANANCIAL													
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			ATIVIDADE 1 PERIGO			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	ATIVIDADE 2 MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização	Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
Ocorrência de contaminação por agrotóxicos, adjuvantes agrícolas e pesticidas.		X		1;2;3	Sim	Atividades agrícolas em torno da represa. (Para tomada de decisão de mudança no tratamento, requer uma análise terceirizada, levando um intervalo de tempo maior para resolução do problema, a interligação com o R29 não é suficiente para abastecimento por um tempo maior que 24 horas.)	1	2	2	Risco Baixo	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Monitoramento do entorno da represa, controle analítico do manancial de acordo com as legislações vigentes, comunicação com os órgãos ambientais e da área de saúde e mobilização da área comercial e operacional para suprimento do abastecimento através de fornecimento de caminhão - pipa respeitando as unidades prioritárias.
Ocorrência de contaminação por presença de animais.	X			1;2;3;4	Não	Atividades agropecuárias em torno e livre acesso as margens da represa.	5	1	5	Risco Baixo	NA	NA	NA
Ausência de mata ciliar no entorno	X			1;2;3	Não	Atividades e usos múltiplos em torno da represa com ausência de preservação da mata ciliar	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Assoreamento	X			1;2	Não	Presença de áreas assoreadas devido as atividades agrícolas e movimentação de terra em torno da represa	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Programas de reflorestamento envolvendo todos os órgãos interessados e o dessassoreamento.
Ausência de preservação da nascente.	X			1;2;3;4;6	Não	Área verde com ocupação irregular.	5	3	15	Risco Elevado	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Monitoramento da nascente e educação ambiental sobre a preservação de nascentes.
Lançamento irregular de esgoto	X			1;2;3	Não	Formação de espumas com coloração alaranjada, odor e formação de sólidos suspensos.	5	3	15	Risco Elevado	PCC	Programas sociais habitacionais e canalização do esgoto.	
Falta de Disponibilidade Hídrica		X		1;2	Sim	Manancial utilizado por dois municípios, sua disponibilidade é insatisfatória ou pode ocorrer comprometimento a curto e médio prazo.	1	3	3	Risco baixo	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Caminhão pipa e ter mapeado um segunda fonte de abastecimento.
Alteração no parâmetro físico - químico de cor da água bruta	X			1;2;3;4;6	Não	Manancial desprotegido, ausência de mata ciliar, alteração da condição climática (chuvas moderadas e intensas) e ocupação de áreas irregulares.	4	2	8	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Monitoramento da operação e do setor de qualidade e se necessário adequação do tratamento.
Ter transformadores de rede elétrica com ninho de aves.	X			6	Não	Evitar acidentes com aves e possível queda de energia.	2	1	2	Risco baixo	NA	NA	NA
Rejeitos serem depositados na entrada da represa.		X		1;2;3;4;5;6	Sim	Manter a preservação do meio ambiente. (Para tomada de decisão de mudança no tratamento, requer uma análise terceirizada, levando um intervalo de tempo maior para resolução do problema, a interligação com o R29 não sendo suficiente para abastecimento para um tempo maior que 24 horas.)	1	4	4	Risco Moderado	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Monitoramento do entorno da represa, controle analítico do manancial, comunicação com órgãos ambientais.
Comporta de regulação de nível não pode estar em más condições para de uso	X			6	Não	Ocorrência de dificuldade no manuseio da comporta.	2	1	2	Risco Baixo	NA	NA	Balsa
Comporta do vertedouro não pode estar em más condições para de uso		X		6	Não	Ter comportas antigas e também podem sofrer atos de vandalismo devido a condições do local.	1	5	5	Risco Moderado	NA	NA	NA

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 9. Matriz de risco da etapa de captação / adução de água bruta

CAPTAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA													
EVENTO PERIGOSO	ATIVIDADE 1						ATIVIDADE 2						
	Ocorrência			PERIGO			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
				(1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros			Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização							
Entrada de ar na tubulação de adução de água.	X			1,2	Não	Formação de microbolhas, ocasionando o processo de flotação no floculador e decantador, gerando a passagem de flocos ao filtro e consequente aumento da turbidez (redução na eficiência da formação dos flocos).							
Manutenção inadequada dos dispositivos de captação.		X		6	Não	Ausência de manutenção preventiva.	1	1	1	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta de Produto químico (permanganato de potássio).	X			1,2;3;4;6	Não	Falta de produto químico no mercado para área de saneamento básico.	2	5	10	Risco Moderado	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Aumento de estoque, testes em novos produtos e novas homologações de fornecedores.
Ter uma adutora exposta / falta de ancoragem.	X			6	Não	Risco de rompimento, vandalismo ou acidente.	5	1	5	Risco Baixo	NA	NA	NA
Calha Parshall trabalhando afogada.		X		1,2	Não	Problema com a coagulação e que vai comprometer a etapa de floculação.	1	1	1	Risco Baixo	NA	NA	Possuir um controle de manutenção e monitoramento.
Ausência ou deficiência no controle de qualidade da água bruta.		X		1,2;3;4	Não	Mudanças físico - químicas e bacteriológicas nas captações.	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Parada ou problemas nas bombas dosadoras de produtos químicos.	X			1,2;3;4	Não	Quebra do equipamento por problemas operacionais.	3	1	3	Risco Moderado	NA	NA	Avaliação para alteração de produto químico no processo de tratamento.
Furto de bombas.		X		6	Sim	Vandalismo, pois o local tem fácil acesso no entorno.	1	5	5	Risco Baixo	NA	NA	Realocação de bombas provisórias, implantação de sistemas de alarme, abastecimento por caminhão pipa e abastecimento pelo R29.
Furtos de cabos elétricos.		X		6	Não	Vandalismo, pois o local tem fácil acesso no entorno.	1	2	2	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta ou interrupção de fornecimento de energia.	X			6	Não	Interrupção por problemas operacionais, ou furto.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Acionar e abrir um protocolo na CPFL e ou instalação de gerador.
Não possui gerador.	X			6	Não	Falta de energia.	5	2	10	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Alugar um gerador para captação.
Excesso de lodo no fundo do poço.	X			1,2;3;4;6	Não	Alteração da qualidade da água, ocasiona cavitação da bomba e pode provocar arraste de sólidos ocorrendo entupimento do crivo.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 10. Matriz de risco da etapa de coagulação / floculação

COAGULAÇÃO / FLOCULAÇÃO													
ATIVIDADE 1							ATIVIDADE 2						
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização	Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
A estação trabalhar apenas com um misturador na etapa de floculação.	X			1;2;3;4	Não	Comprometimento na formação dos flocos.	5	2	10	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Ajuste (aumento) de dosagem de coagulante e polímero. Aumento do monitoramento do processo.
Falta de Produtos químicos (PAC e polímero).	X			1;2;3;4;6	Não	Falta de produto químico no mercado para área de saneamento básico.	2	5	10	Risco Moderado	Sim	Operacional (O) Gerencial (G)	Aumento de estoque, testes em novos produtos e novas homologações de fornecedores.
Quebra das pás dos dois Floculadores.		X		1;2;3;4;6	Sim	O Floculador possui duas pás, em caso de uma quebrar, se a outra quebrar terá que ter solução alternativa para realização da mistura lenta da água.	1	5	5	Risco Baixo	Sim	Operacional (O) Gerencial (G)	Confeccionar uma nova pá ou provisória para continuação dessa etapa do processo. Criar uma rotina de manutenção anual preventiva nas pás dos floculadores. Ter uma pá reserva para reposição.
Controle inadequado na dosagem de coagulante.	X			1;2;3;4	Sim	Comprometimento da qualidade da água potável e comatção do material filtrante presentes nos filtros.	1	5	5	Risco Baixo	Sim	Operacional (O) Gerencial (G)	Recuperação ou troca do material filtrante presente nos filtros.
Floculador com baixo rendimento.	X			1;2;3;4	Não	Problema no ajuste do gradiente de velocidade na etapa de mistura lenta.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Deficiência na etapa de coagulação (mistura rápida).	X			1;2	Não	Ausência de ponto de dosagem de coagulante (em base seca) de forma uniforme para dispersão em meio aquoso (em base). Em caso do coagulante ser em base úmida, necessidade de ajuste do ponto de dosagem.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Acúmulo de partículas em suspensão nos floculadores.	X			1;2;3;4	Não	Dificuldade na operação dessa etapa. Possibilidade de arraste de partículas em suspensão.	4	1	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Parada ou problemas nas bombas dosadora de produtos químicos.	X			1;2;3;4	Não	Quebra do equipamento por problemas operacionais.	3	1	3	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Alteração de produto químico no processo de tratamento
Falta ou interrupção de fornecimento de energia.	X			6	Sim	Interrupção por problemas operacionais, ou furto.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Acionar e abrir um protocolo na CPFL e ou instalação de gerador.
Ocorrência de falha no procedimento operacional.	x			1;2;3;4;6	Não	Comprometimento da qualidade da água e do procedimento operacional.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Treinamentos, validação dos procedimentos e acompanhamento dos gestores.
Ocorrência de erro no processo de descarregamento de produtos químicos.	X			6	Não	Acidente e isolamento da unidade.	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Vazamento de produto químico.	X			6	Não	Comprometimento da funcionalidade do sistema de dosagem de produtos químicos.	3	2	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Cronograma de avaliação diária dos equipamentos de dosagem produtos químicos.

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 11. Matriz de risco da etapa de decantação

DECANTAÇÃO													
ATIVIDADE 1							ATIVIDADE 2						
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	(1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros			Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
				1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização							
Acúmulo de concentrações de partículas retidas nas lamelas presentes no decantador alta taxa.	X			1;2	Não	Maior tempo de detenção hidráulico (TDH), com ausência de limpeza dentro do período planejado.	3	1	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Ocorrência de Inversão térmica.	X			1;2	Não	Incidência de sol, que leva a ascensão de flocos e problemas na neutralização das cargas (etapa de formação de flocos).	3	1	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Procedimento inadequado de limpeza do decantador.	X			1;2;3;4	Não	Passagem de partículas em suspensão para o filtro, ocasionando uma sobrecarga nos filtros.	3	1	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
O sistema de descarga de lodo do decantador apresentando mal funcionamento.	X			1;2;3;4	Não	Acúmulo de lodo excessivo no decantador, redução da eficiência dessa operação unitária dentro do sistema ocasionando um comprometimento no processo de filtração e na qualidade da água.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta da análise do parâmetro de turbidez na água decantada.		X		1;2;3;4	Não	Comprometimento da qualidade da água.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Erro operacional.		X		1;2;3;4;6	Sim	Comprometimento na qualidade da água e no processo operacional.	1	3	3	Risco Baixo	PCC	Operacional (O)	Análise de bancada, verificação do analisador online e cursos de atualização de análise de operação, avaliações periódicas.

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 12. Matriz de risco da etapa de filtração

FILTRAÇÃO													
ATIVIDADE 1											ATIVIDADE 2		
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO (1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização	Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
Filtro com grande quantidade de concentração de sólidos suspensos.	X			1;2;3;4;6	Não	Redução na capacidade de filtragem, ou seja, comprometimento dessa operação unitária.	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Parâmetros de cor e turbidez acima do limite padrão operacional estabelecido.	X			1;2;3;4;6	Não	Concentrações de cor e turbidez elevadas aumentam o risco de passagem de possíveis bactérias e protozoários.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Lavagem inadequada ou deficiente dos filtros.	X			1;2;3;4;6	Não	Aumento dos parâmetros de cor e turbidez e redução da capacidade de filtragem.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Deterioração do leito filtrante, formação de bolas de lodo, rachaduras e colmatagem.	X			1;2;3;4;6	Sim	Aumento nos parâmetros de cor e turbidez, provocando uma redução da capacidade de filtragem e parada total dos filtros.	2	5	10	Risco Moderado	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Alteração no processo de tratamento, troca do meio filtrante, manutenção preventiva, abastecimento por caminhão - pipa e alimentação pelo reservatório 29.
Expansão excessiva, perda de material filtrante e redução da espessura do leito filtrante.		X		1;2;3;4;6	Não	Aumento nos parâmetros de cor e turbidez, provocando uma redução da capacidade de filtragem.	1	4	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Formação de bolhas de ar no interior da camada filtrante.		X		1;2;3;4;6	Não	Comprometimento na capacidade de filtração.	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Ruptura dos sistemas de filtração.		X		1;2;3;4;6	Sim	Perda da capacidade de filtração.	1	5	5	Risco Baixo	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Alteração no processo de tratamento, troca do meio filtrante, manutenção preventiva, abastecimento por caminhão - pipa e alimentação pelo reservatório 29.
Falta ou interrupção de fornecimento de energia.	X			6	Sim	Interrupção por problemas operacionais, ou furto.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Acionar e abrir um protocolo na CPFL e ou instalação de gerador.

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 13. Matriz de risco da etapa de desinfecção

DESINFECÇÃO													
ATIVIDADE 1										ATIVIDADE 2			
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	(1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros		Justificativa / Contextualização	Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
				1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?								
Baixa concentração do Hipoclorito de Sódio usado na etapa de desinfecção.	X			1;3;4	Não	Alteração na qualidade da água bruta, como aumento da concentração de matéria orgânica, ferro solúvel e menor eficiência no sistema de Gerador de Hipoclorito de Sódio. Aumento de residual de cloro residual na rede de distribuição.	1	4	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Altas concentrações de nitrito e nitrato.	X			1;2;3;4;6	Não	Consumo excessivo de cloro para neutralização do nitrito e nitrato. Formação de cloraminas.	2	4	8	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Monitoramento da série de nitrogênio na água bruta, como também de cloraminas na saída da estação e na rede de distribuição.
Dosagem incorreta de Hipoclorito de Sódio.	X			1;3;4;6	Não	Risco de contaminação na rede de distribuição e não atendimento a legislação, devido a concentração fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Quebra de dosadora (equipamento).	X			3;4;6	Não	Risco de contaminação na rede de distribuição e não atendimento a legislação, devido a concentração fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta de manutenção preventiva nas bombas dosadoras de Hipoclorito de Sódio.		X		3;4	Não	Risco de contaminação na rede de distribuição e não atendimento a legislação, devido a concentração fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta de produto químico desinfectante.			X	3;4;6	Não	Risco de contaminação na rede de distribuição e não atendimento a legislação, devido a concentração fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	1	5	5	Risco Baixo	NA	NA	NA
Comprometimento das mangueiras das dosadoras de Hipoclorito de Sódio, podendo ocorrer ruptura.	X			3;4;6	Não	Ausência de manutenção e reparos no equipamento.	3	1	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falha no Gerador de Hipoclorito de Sódio (Hidrogenon).	X			1;3;4;6	Não	Falta de produto para etapa de desinfecção.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Erro ou falha operacional.	X			1;3;4;6	Não	Falta de produto ou dosagem incorreta na etapa de desinfecção.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta ou interrupção de fornecimento de energia	X			6	Sim	Interrupção por problemas operacionais, ou furto.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Acionar e abrir um protocolo na CPFL e ou instalação de gerador.

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 14. Matriz de risco da etapa de fluoretação

FLUORETAÇÃO													
ATIVIDADE 1										ATIVIDADE 2			
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO (1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização	Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
Controle operacional inadequado da etapa de fluoretação.	X			1;2	Não	Risco do não atendimento da concentração de fluoretos na água potável, devido a concentração estar fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	3	1	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Quebra ou ruptura do equipamento de dosagem do Ácido Fluossilícico.	X			1;2;6	Não	Risco do não atendimento da concentração de fluoretos na água potável, devido a concentração estar fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Equipamento ou mangueira reserva para manutenção ou troca de equipamento. Cronograma de manutenção preventiva.
Falta de manutenção preventiva do equipamento de dosagem do Ácido Fluossilícico.		X		1;2;6	Não	Risco do não atendimento da concentração de fluoretos na água potável, devido a concentração estar fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Controle operacional inadequado da etapa de fluoretação.	X			1;2	Não	Risco do não atendimento da concentração de fluoretos na água potável, devido a concentração estar fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	2	2	4	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta de produto químico (Ácido Fluossilícico).		X		1;2;6	Não	Risco do não atendimento da concentração de fluoretos na água potável, devido a concentração estar fora da faixa estabelecida pela legislação vigente.	1	5	5	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta ou interrupção de fornecimento de energia.	X			6	Sim	Interrupção por problemas operacionais, ou furto.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Acionar e abrir um protocolo na CPFL e ou instalação de gerador.

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 15. Matriz de risco no laboratório operacional

LABORATÓRIO													
ATIVIDADE 1							ATIVIDADE 2						
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO (1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização	Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
Problemas com o analisador online (ausência de limpeza, falta de treinamento ao operador e ausência de calibração).	X			1;2;3;4;6	Não	Risco do não atendimento a legislação vigente para potabilidade de água.	3	3	9	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Cronograma e procedimento efetivo de limpeza e calibração do analisador online. Calibração rastreável pelo fornecedor anualmente. Capacitação dos colaboradores quanto ao uso do equipamento.
Ausência ou calibrações e manutenções preventivas vencidas dos equipamentos de bancada do laboratório.		X		1;2;3;4;6	Não	Risco do não atendimento a legislação vigente para potabilidade de água. Imprecisão das análises.	3	3	9	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Cronograma de calibração e limpeza dos equipamentos. Manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos. Calibração rastreável anual de todos os equipamentos.
Equipamentos para análises obsoletos.		X		1;2;3;4;6	Não	Imprecisão das análises e controle de qualidade da água comprometida	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Os colaboradores não passaram por processo de capacitação para realização das atividades laboratoriais.	X			1;2;3;4;6	Não	Falta de confiabilidade nos resultados analíticos de controle operacional.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Criação de procedimento de capacitação na integração e anualmente aos colaboradores operacionais (operadores de sistema).
Falta de procedimentos operacionais padrão para execuções das análises.		X		1;2;3;4;6	Não	Falta de padronização dos procedimentos de análises.	1	3	3	Risco Baixo	NA	NA	NA
Falta de insumos, equipamentos e reagentes para análise.	X			1;2;3;4;6	Não	Comprometimento do plano amostral e do tratamento da água.	2	4	8	Risco Moderado	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Abastecimento e controle semanal, juntamente com manutenção de estoque mínimo para 3 meses.
Falta ou interrupção de fornecimento de energia.	X			6	Sim	Interrupção por problemas operacionais, ou furto.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Acionar e abrir um protocolo na CPFL e ou instalação de gerador.

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 16. Matriz de risco da etapa de tratamento de lodo

TRATAMENTO DE LODO													
ATIVIDADE 1							ATIVIDADE 2						
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO (1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros			Caracterização do evento perigoso Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização	Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
Não há tratamento do lodo	X			1;2;3;4;5	Não	Licenciamento em andamento e projeto construtivo em elaboração.	5	3	15	Risco Elevado	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Licenciamento em andamento e projeto construtivo em elaboração.

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 17. Matriz de risco da etapa de reservação

RESERVATÓRIO													
ATIVIDADE 1							ATIVIDADE 2						
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO (1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização	Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
Perda de níveis por falta de energia, (falha no medidor).	X			1;2;3;4;6	Não	Perda de nível do reservatório, podendo chegar ao estado crítico (<10%) de reservação.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Aquisição de um gerador móvel para atedimento.
Ausência de manutenção estrutural nos reservatórios.	X			1,2,3,4,6	Sim	Ausência de tampas e telas nos extravasores.	1	5	5	Risco Baixo	PCC	Operacional (O) Gerencial (G)	Colocação de tampas e telas nos extravasores dos reservatórios como manutenções periódicas nas suas estruturas.
Ausência de procedimento de desinfecção e limpeza dos reservatórios (acúmulo de sedimentos no fundo do reservatório).		X		1,2,3,4,6	Não	Comprometimento da qualidade da água tratada, com aumento das concentrações de turbidez e cor, podendo ocasionar redução da concentração de residual de cloro livre.	2	4	8	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Procedimento para controle de higienização e desinfecção dos reservatórios.
Perda de água para o ladrão.		X		6	Não	Instalação de boia ou falha na boia.	1	2	2	Risco Baixo	NA	NA	NA

Fonte: Autora, 2021.

Tabela 18. Matriz de risco da etapa de distribuição / consumidor

DISTRIBUIÇÃO / CONSUMIDOR													
ATIVIDADE 1							ATIVIDADE 2						
EVENTO PERIGOSO	Ocorrência			PERIGO			Caracterização do evento perigoso - Matriz de Risco					Operacional (O) Gerencial (G)	MEDIDAS DE CONTROLE
				(1) Químico; (2) Físico; (3) Bactérias/Vírus e afins; (4) Protozoários; (5) Radiológicos; (6) Outros			Ocorrência	Consequência	Nível de Perigo	Análise de Risco	É PCC?		
	SIM	NÃO	N/A	1;2;3;4;5	Há risco de desabastecimento?	Justificativa / Contextualização							
Cadastro de rede desatualizado.	X			6	Não	Dificuldade em solucionar problemas relacionados a vazamentos e rompimentos de rede.	5	1	5	Risco Baixo	NA	NA	NA
Pressões excessivas na rede de distribuição.	X			1;2;3;4;6	Sim	Rompimentos de rede e ramais e perdas de água.	2	2	4	Risco Baixo	NA	Operacional (O)	Análise dos pontos críticos necessários de pontos para reduções de pressões.
Rupturas e vazamentos nas redes e ramais.	X			1;2;3;4;6	Sim	Perda de água e risco de contaminação da água.	3	1	3	Risco Baixo	NA	Operacional (O)	Criação de procedimento para execução de manutenção na rede de distribuição de água.
Ausência de registro de descarte (descarga na rede).	X			1;2;3;4;6	Sim	Aumento das concentrações de turbidez e cor. Risco de contaminação da água.	2	3	6	Risco Moderado	Sim	Operacional (O)	Análise dos pontos críticos necessários de instalações de descargas na rede para evitar pontas secas ou execução de fechamento de anel para circulação da água na rede.
Ausência de limpeza da rede de distribuição, após manutenções e extensões de rede de água.	X			1;2;3;4;6	Sim	Aumento das concentrações de turbidez e cor. Risco de contaminação da água.	2	3	6	Risco Moderado	Sim	Operacional (O)	Criação de procedimento para execução de manutenção na rede de distribuição de água.
Insuficiência de registros de manobra.		X		6	Sim	Ausência de possibilidade de realização de manobras para interligação de sistemas.	1	5	5	Risco Baixo	Sim	Operacional (O) Gerencial (G)	Instalação de registro de manobra para interligação de sistemas.
Deficiência nas operações de caça vazamentos e programa de controle de perdas.		X		6	Não	Aumento do quantidade de perda de água na rede de distribuição.	1	5	5	Risco Baixo	Não	NA	NA
Presença de ligações clandestinas na Rede de Distribuição.	X			1;2;3;4;6	Sim	Risco de desabastecimento em pontos do sistema distribuição (em DMCs). Aumento do índice de perdas.	5	3	15	Risco Moderado	Sim	Operacional (O) Gerencial (G)	Regularização fundiária da área para regularização das ligações de água.
Irregularidades	X			6	Não	Uso ilícito e/ou fraude da água. Aumento do índice de perdas.	5	3	15	Risco Moderado	Sim	Operacional (O) Gerencial (G)	Fiscalização de ligações pela área comercial.
Quebra de bomba na malha de distribuição para região alta.	X			6	Sim	Desabastecimento parcial de um DMC.	2	2	4	Risco Baixo	Sim	Operacional (O)	Instalação de bomba reserva.
Desastre natural		X		1;2;3;4;5;6	Sim	Desabastecimento de água.	1	5	5	Risco Baixo	Sim	Operacional (O) Gerencial (G)	Acionamento do Plano de Contingência presente no Plano de Segurança da Água. Abastecimento por caminhão - pipa.
Dificuldade de acesso aos locais com os devidos equipamentos para realização da manutenção.	X			6	Não	Longo período para execução da manutenção.	3	1	3	Risco Baixo	Não	NA	NA
Interligação de água com água de outras fontes.	X			1;2;3;4;5;6	Não	Risco de contaminação da água tratada e não atendimento a legislação vigente de potabilidade da água.	2	2	4	Risco Baixo	Não	NA	NA
Rompimento de adutora.	X			1;2;3;4;6	Sim	Desabastecimento de água.	2	4	8	Risco Moderado	Sim	Operacional (O) Gerencial (G)	Abastecimento por caminhão - pipa, alimentação pelo R29 e comunicação aos clientes.
Falta ou interrupção de fornecimento de energia	X			6	Sim	Interrupção por problemas operacionais, ou furto.	2	3	6	Risco Moderado	PCC	Operacional (O)	Acionar e abrir um protocolo na CPFL e ou instalação de gerador.

Fonte: Autora, 2021.

5.4. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO OPERACIONAL

Para a caracterização física da água tem - se dois parâmetros que são usados para o controle da água bruta e tratada, sendo eles cor e turbidez. Esses parâmetros físicos, fornecem indicações preliminares de ajuste de processo, como também de níveis de sólidos suspensos (turbidez) e as concentrações de sólidos dissolvidos (associados a cor), sendo os sólidos orgânicos (voláteis) e os sólidos dissolvidos (fixos), que são compostos que produzem odor (PIVELI, KATO, 2006).

Suas aplicações nos processos de tratamento de água ocorrem para controle e conhecimento dos ecossistemas aquáticos e de caracterização e controle de qualidade de água para abastecimento público, indispensáveis para qualidade do processo. Lembrando que tanto a cor e turbidez são parâmetros de fácil medição e usados nos ensaios de Jar Test (ensaios de tratabilidade da água) (PIVELI, KATO, 2006).

A cor é importante para o abastecimento público, pois trata-se de um parâmetro organoléptico, atribuído a estética da água e sua aceitação, fazendo também parte do padrão de potabilidade da água, com o valor máximo permitido para cor aparente de 15 unidades Hazen (1 uH – 1 mgPt-Co/L), pela Portaria GM/MS nº 888/2021. A presença de cor ocasiona a não aceitação ao consumo da água pelo consumidor.

O controle desse parâmetro é fundamental nas estações de tratamento para controle operacional e da qualidade da água bruta, decantada e água filtrada, servindo como base para determinação das dosagens de produtos químicos a ser adicionados, dos gradientes de misturas, tempo de contato e de sedimentação das partículas floculadas.

O método adotado para controle desse parâmetro na unidade é o colorimétrico, por espectrofotometria visível, com a propriedade expressa pelo comprimento de onda dominante na transmissão da luz em equipamento apropriado para tais medidas.

Já a turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-lo, e está redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez na água são maiores que o comprimento de onda da luz branca, devido a presença de sólidos em suspensão tais como

partículas inorgânicas (areia, silite, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias (PIVELI, KATO, 2006).

As possíveis alterações nos valores da água bruta ocasionam manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares.

A turbidez também é considerada um parâmetro que indica a qualidade estética da água para abastecimento público.

O padrão de potabilidade, Portaria GM/MS nº888/2021, é de 5 uT (unidade de turbidez).

Nas estações de tratamento de água, a turbidez, conjuntamente com a cor é um parâmetro considerado operacional de extrema importância para controle dos processos de coagulação, floculação, decantação e filtração.

Não se pode esquecer da interface desse parâmetro com a etapa de desinfecção por produto químico a base de cloro em sua formulação. Pois essas partículas podem abrigar microrganismos, pelo fato delas protegerem contra a ação deste agente desinfetante.

Outros controles analíticos nas estações de tratamento de água, envolve a determinação de pH.

As etapas de coagulação e a floculação que a água sofre inicialmente é uma operação unitária que depende da variável pH, pois existe uma condição denominada de “pH ótimo” de coagulação que corresponde na situação em que as partículas coloidais apresentam menor quantidade de carga eletrostática superficial.

A desinfecção realizada por um produto químico a base de cloro em sua formulação, depende da análise de pH, pois em meio ácido, ocorre-se a dissociação em ácido hipocloroso e formação íon hipoclorito em menor quantidade, sendo assim o processo de desinfecção mais eficiente.

A própria distribuição, condição da rede de distribuição da água final (tratada) é afetada pelo pH. Pois temos que as águas ácidas são corrosivas, ao passo que as alcalinas são incrustantes. Por isso o pH da água final deve ser controlado, para que os carbonatos presentes sejam equilibrados e não ocorra nenhum dos dois efeitos indesejados mencionados respectivamente (PIVELI, KATO, 2006).

A água levemente alcalina resulta numa película de carbonato na parede interna da tubulação, que se comporta como uma barreira a processos corrosivos, sem formar incrustações expressivas e com isso a manutenção do fluxo do fluido em

regime laminar, sem ocorrências de oscilações no perfil de velocidade do escoamento e mudança para o regime turbulento (PIVELI, KATO, 2006).

O pH é um parâmetro de padrão de potabilidade, sua faixa de recomendação para águas para abastecimento público está em função do tempo de contato e da temperatura, sua faixa de variação está entre 6,0 a 9,0, de acordo com a Portaria GM/MS nº888/2021 do Ministério da Saúde.

Os metais que são de suma importância e que afetam o sistema é o ferro e manganês que podem estar associados aos parâmetros físico – químicos e de aceitação da água, pois em suas reações há a ocorrência do desenvolvimento de cor aparente e possível turbidez a água.

Já a cor é um parâmetro que está associado ao grau de redução de intensidade que a luz sofre para atravessá-la, sendo que essa redução se dá por absorção de parte da radiação eletromagnética, devido a presença de sólidos dissolvidos, sendo esse material em estado coloidal orgânico ou inorgânico, como orgânico tem-se os ácidos húmicos e fúlvicos, e os inorgânicos os metais, como os óxidos de ferro e manganês (PIVELI, KATO, 2006).

Esses dois metais associados ao parâmetro de cor necessita de controle e análises, e o método escolhido foi o colorimétrico.

Esses parâmetros fazem parte do escopo de padrão de potabilidade da água com os valores máximos permitidos de 0,1 mg/L para manganês e 0,3 mg/L para ferro, de acordo com a Portaria GM/MS nº888/2021.

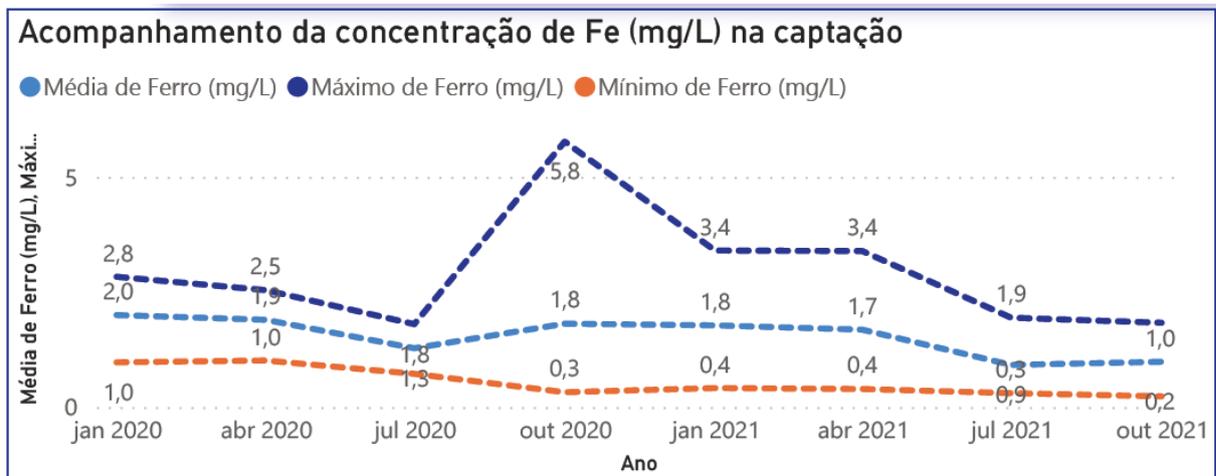
O laboratório operacional da unidade é composto por equipamentos analíticos da marca HACH (fornecida no Brasil pela Hexis), sendo de qualidade e confiabilidade.

A unidade possui também um equipamento Jar Test da marca Policontrol na banca e analisadores online em linha para fluxo constante para as análises de pH, cor, turbidez, cloro residual livre e fluoretos.

Para análise do processo, utilizou-se o histórico analítico da área operacional e do controle de qualidade dos últimos dois anos, para avaliação das intercorrências de possíveis contaminantes, na captação (água bruta), conforme Figuras 16 a 30, na saída do tratamento (água tratada), conforme Figuras 31 a 38 e rede de distribuição (água tratada), conforme Figuras 39 a 46. Todos os resultados semestrais dos pontos de captação (água bruta) e saída do sistema (água tratada), estão presentes no Apêndice A, nas Tabelas 24 à 39.

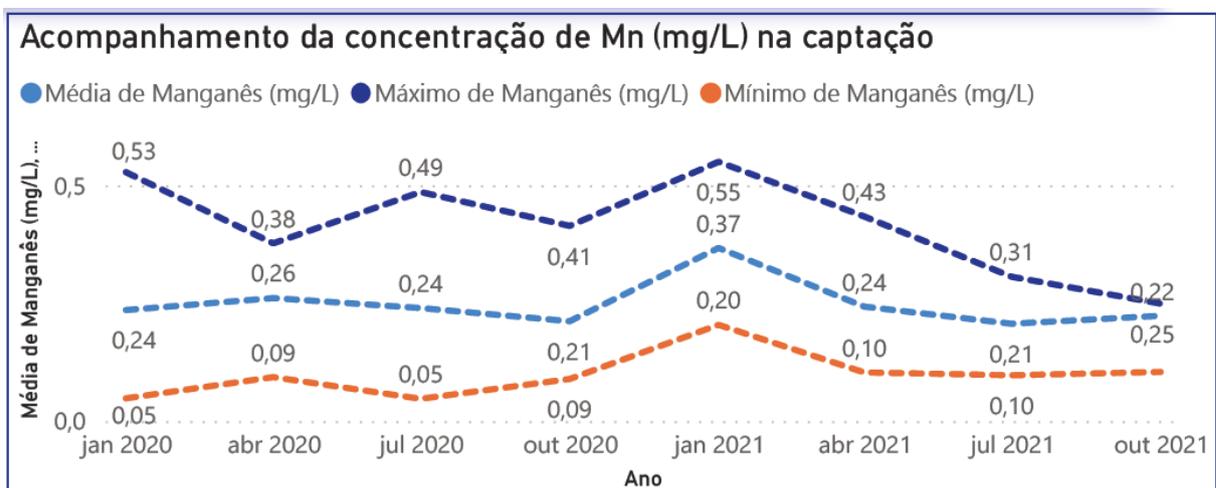
Nas Figuras 16 à 19, respectivamente visualiza-se os resultados das análises realizadas na água bruta para os parâmetros de ferro, manganês, cor aparente e turbidez. Os resultados ilustram as oscilações nas concentrações de ferro e manganês que a Represa sofre ao longo dos 12 meses, impactando de forma direta na elevação da cor aparente e turbidez da água bruta.

Figura 16. Resultados do acompanhamento da concentração de ferro total (mg/L) no ponto de captação (água bruta)



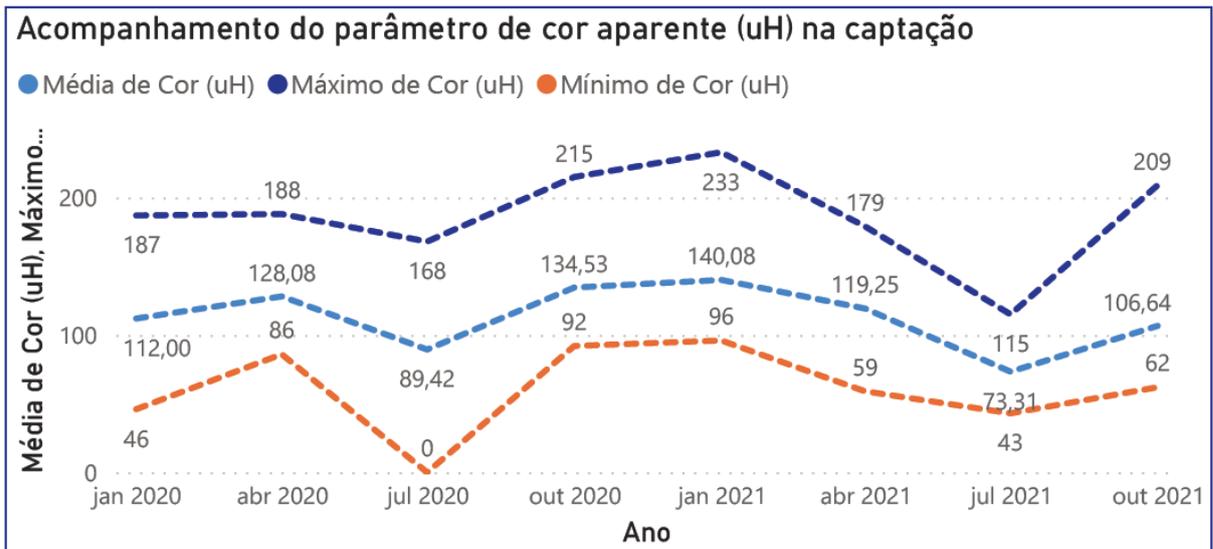
Fonte: Autora, 2021.

Figura 17. Resultados do acompanhamento da concentração de manganês total (mg/L) no ponto de captação (água bruta)



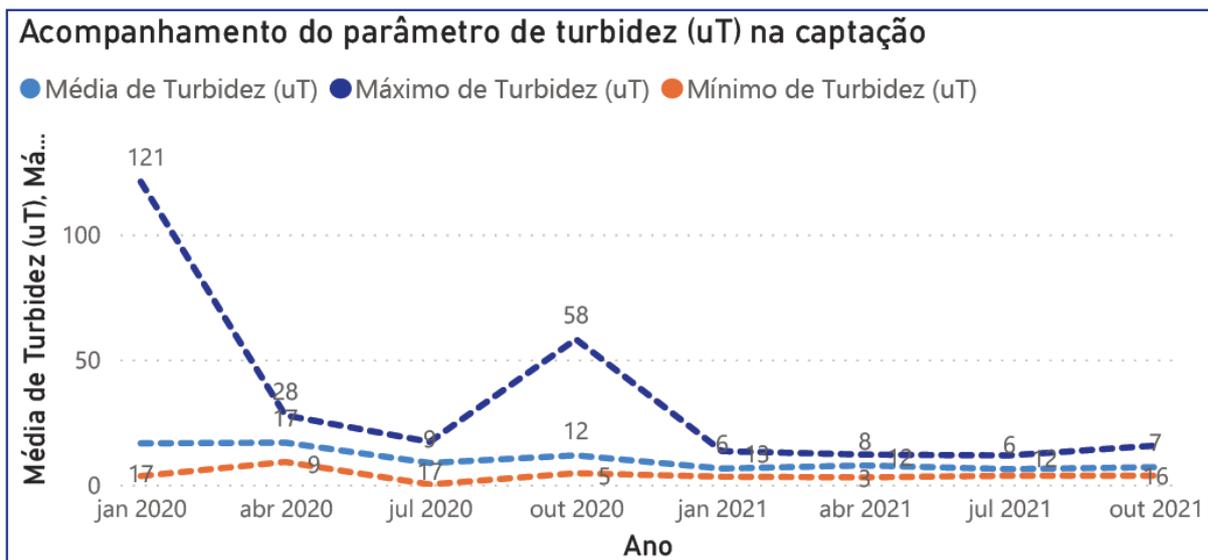
Fonte: Autora, 2021.

Figura 18. Resultados do acompanhamento da concentração de cor (uH) no ponto de captação (água bruta)



Fonte: Autora, 2021.

Figura 19. Resultados do acompanhamento da concentração de turbidez (uT) no ponto de captação (água bruta)

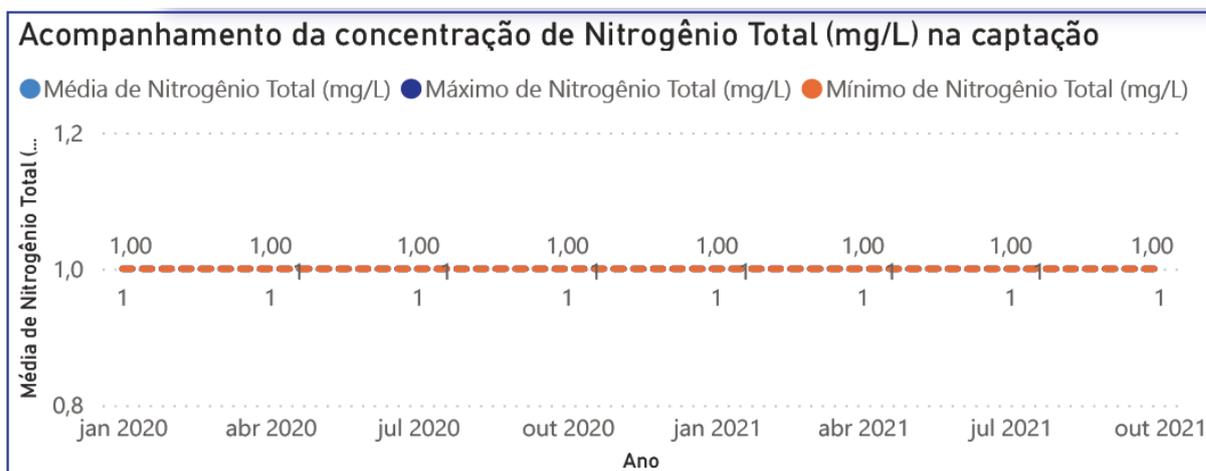


Fonte: Autora, 2021.

Na água bruta monitorou-se também a série de nitrogênio, através dos parâmetros de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito, conforme Figuras 20 à 23. Observa-se que no segundo semestre do ano de 2021, ocorreu um pico mais expressivo das concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito,

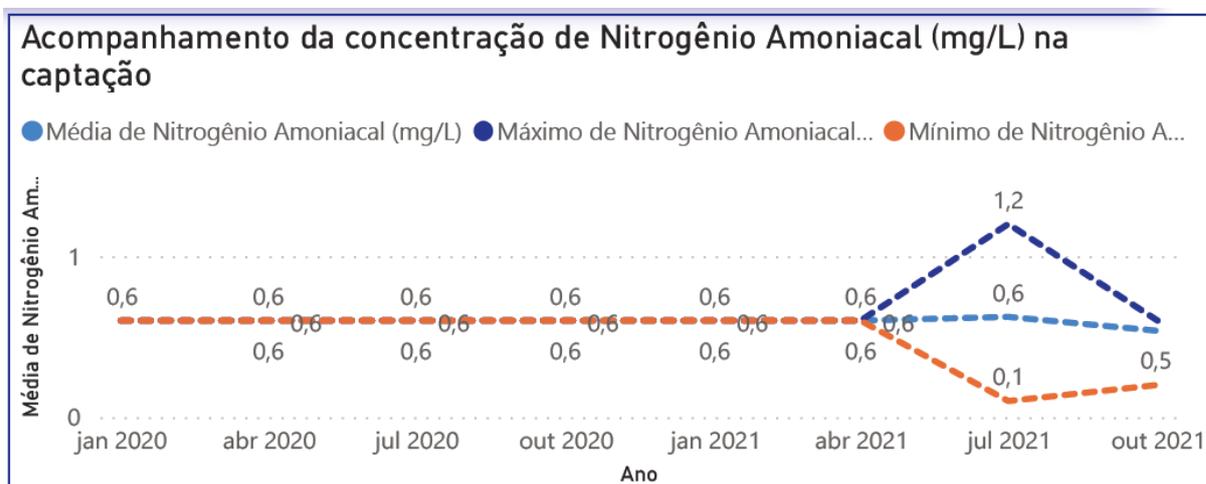
apontando para uma carga remanescente proveniente de matéria orgânica, gerando um aumento de nutrientes na água bruta.

Figura 20. Resultados do acompanhamento da concentração de nitrogênio total (mg/L) no ponto de captação (água bruta)



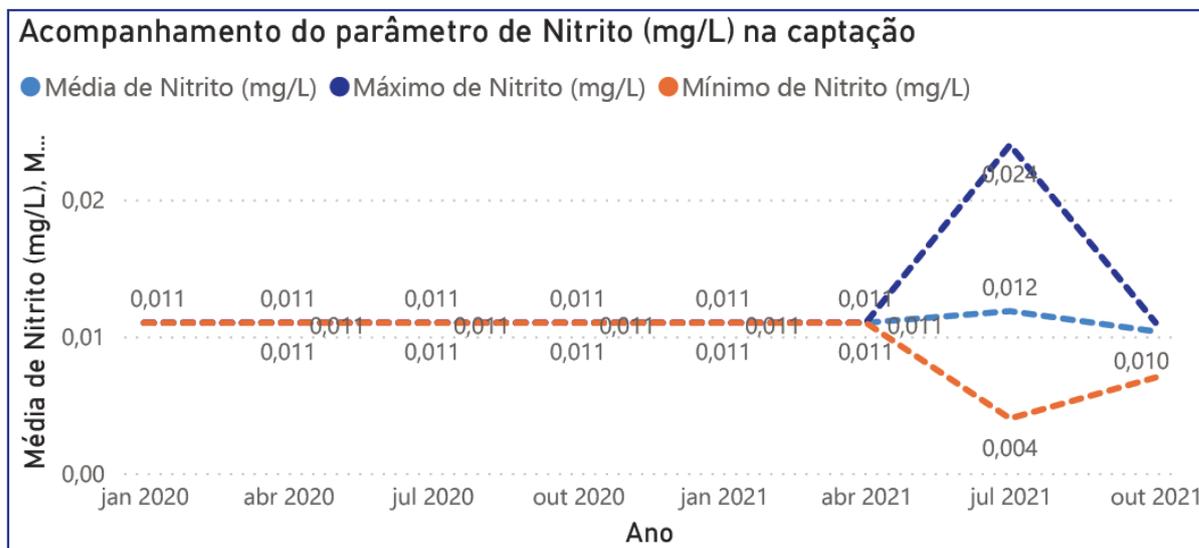
Fonte: Autora, 2021.

Figura 21. Resultados do acompanhamento da concentração de nitrogênio amoniacal (mg/L) no ponto de captação (água bruta)



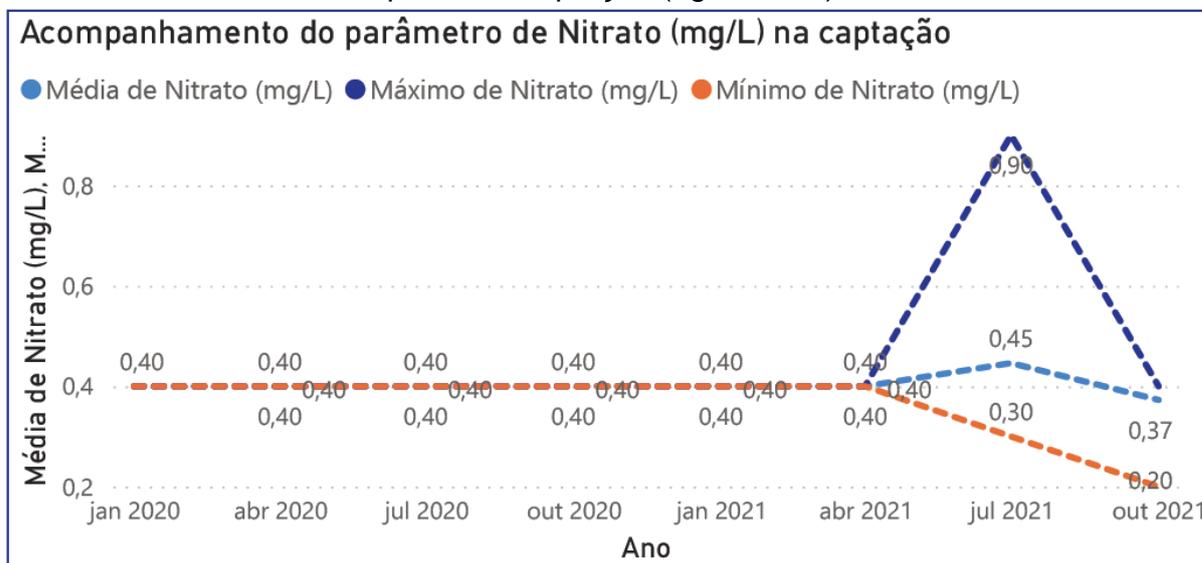
Fonte: Autora, 2021.

Figura 22. Resultados do acompanhamento da concentração de nitrito (mg/L) no ponto de captação (água bruta)



Fonte: Autora, 2021.

Figura 23. Resultados do acompanhamento da concentração de nitrato (mg/L) no ponto de captação (água bruta)

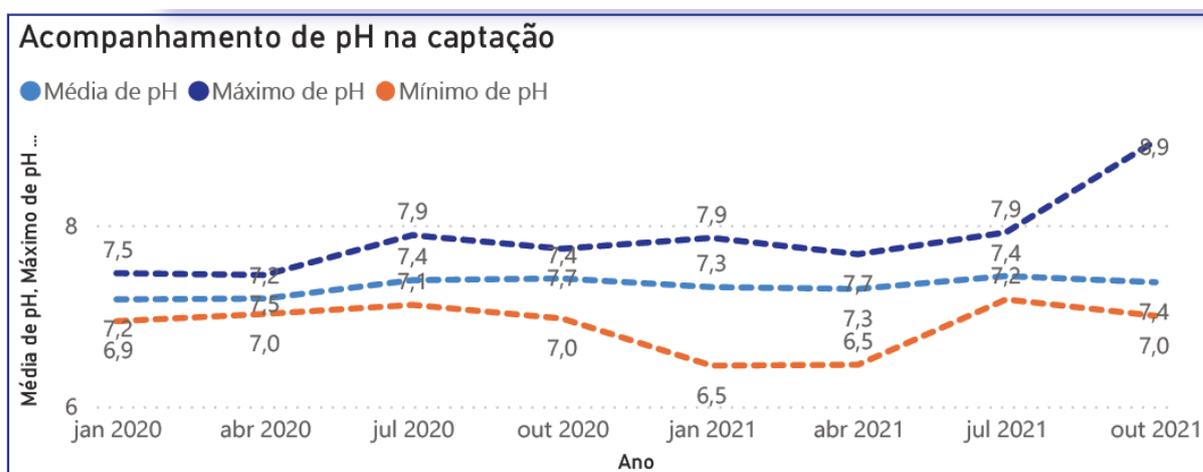


Fonte: Autora, 2021.

O parâmetro de pH da água bruta demonstra se manter em uma faixa neutra, variando no intervalo de 6,0 à 8,9, conforme Figura 24, sendo uma condição favorável para o coagulante PAC usado no processo de tratamento da ETA A.

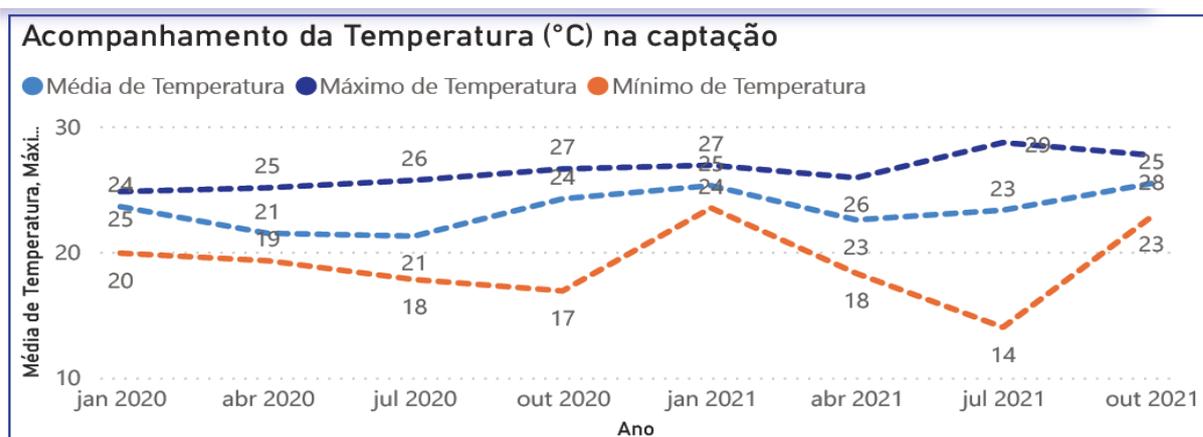
Já nas Figuras 25 a 27, observa-se os parâmetros de temperatura, fluoretos e condutividade, onde o intervalo de temperatura de 25 à 28°C, na variação da condutividade mantém a concentração de fluoretos na maior parte das análises dentro da faixa de 0,6 à 0,8 mg/L, para esse intervalo de temperatura.

Figura 24. Resultados do acompanhamento de pH no ponto de captação (água bruta)



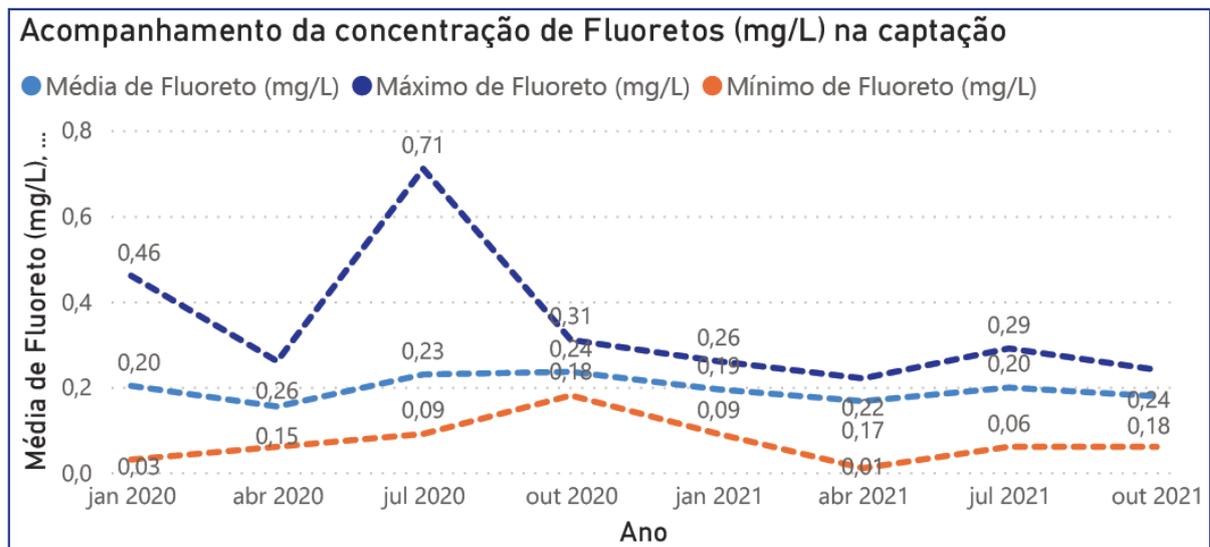
Fonte: Autora, 2021.

Figura 25. Resultados do acompanhamento da temperatura (°C) no ponto de captação (água bruta)



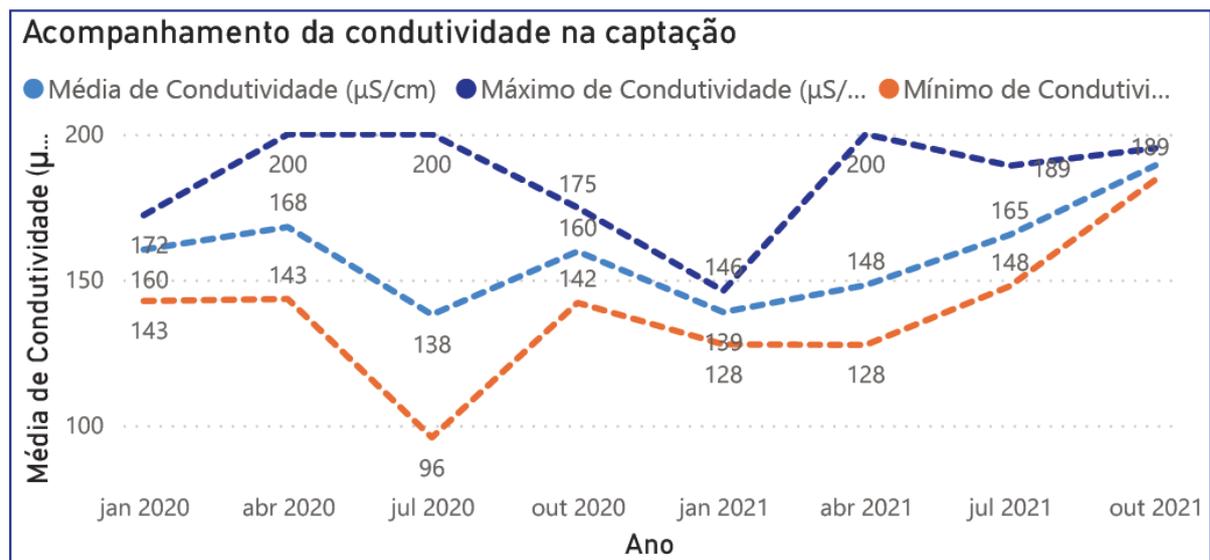
Fonte: Autora, 2021.

Figura 26. Resultados do acompanhamento da concentração de fluoretos (mg/L) no ponto de captação (água bruta)



Fonte: Autora, 2021.

Figura 27. Resultados do acompanhamento da condutividade (us/cm) no ponto de captação (água bruta)



Fonte: Autora, 2021.

Na água bruta monitorou-se também os parâmetros de clorofila a e fitoplâncton, sendo esse analisado a partir do segundo semestre de 2021, de acordo com a mudança da Portaria vigente. Porém quando analisa-se os resultados desses dois parâmetros juntamente com a densidade de cianobactérias, têm-se uma relação direta do fitoplâncton como indicador de floração de cianobactérias no

manancial, conforme Figura 28. O parâmetro de densidade de cianobactérias, apresenta uma oscilação considerável ao longo do ano, sendo os maiores valores no segundo semestre de cada ano, já demonstrando um estágio mais avançado de eutrofização na Represa em estudo, conforme Figura 29.

Figura 28. Resultados de clorofila a, fitoplâncton e densidade de cianobactérias no ponto de captação

Ano	Clorofila a (µg/L)	Fitoplancton (Céls/mL)	Densidade de Cianobactérias (cel/mL)
2020			
Trim 1	154,2		16
Trim 2	< 0,5		138
Trim 3	1,3		<1,00
Trim 4	< 0,5		136400
2021			
Trim 1	<0,05		<1,00
Trim 2	<0,5		113
Trim 3	<0,05	927,33	<1,00
Trim 4	<0,05	2657,00	<1,00

Fonte: Autora, 2021.

Figura 29. Resultados mensais de densidade de cianobactérias no ponto de captação

Ano	Trimestre	Mês	Densidade de Cianobactérias (cel/mL)
2020	Trim 1	janeiro	16
2020	Trim 1	fevereiro	6
2020	Trim 1	março	7
2020	Trim 2	abril	138
2020	Trim 2	maio	44
2020	Trim 2	junho	57
2020	Trim 3	agosto	<1,00
2020	Trim 3	setembro	17
2020	Trim 4	outubro	2069
2020	Trim 4	novembro	136400
2020	Trim 4	dezembro	2070
2021	Trim 1	janeiro	<1,00
2021	Trim 1	janeiro	12
2021	Trim 1	fevereiro	<1,00
2021	Trim 1	março	2
2021	Trim 2	abril	113
2021	Trim 2	maio	2
2021	Trim 3	julho	<1,00
2021	Trim 3	agosto	5233
2021	Trim 3	setembro	2278
2021	Trim 4	outubro	414000
2021	Trim 4	novembro	<1,00
2021	Trim 4	dezembro	<1,00

Fonte: Autora, 2021.

A Figura 30, ilustra os resultados de cianotoxinas, sendo microcistina, saxitoxina e cilindrospermopsina, demonstrando a não formação na água bruta do manancial mesmo com a presença de densidade de cianobactérias. Igualmente ocorre na saída do tratamento com ausência de cianotoxinas, conforme Figura 31.

Figura 30. Resultados de cianotoxinas no ponto de captação

Ano	Cilindrospermopsina (µg/L)	Microcistina (µg/L)	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)
2020			
⊕ Trim 1		< 0,1	<0,020
⊕ Trim 2		<0,1	<0,020
⊕ Trim 3		<LD	<0,020
⊕ Trim 4		<LD	<0,020
2021			
⊕ Trim 1		<0,150	<0,020
⊕ Trim 2		N.D	<0,020
⊕ Trim 3	<0,050	<0,150	<0,020
⊕ Trim 4	<0,050	<0,150000	<0,020

Fonte: Autora, 2021.

Figura 31. Resultados de cianotoxinas no ponto de saída do tratamento

Ano	Trimestre	Mês	Dia	Microcistina (µg/L)	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	Cilindrospermopsina (µg/L)
2020	Trim 1	janeiro	29	< 0,1	< 0,02	
2020	Trim 1	fevereiro	18	< 0,1	< 0,02	
2020	Trim 1	março	17	< 0,1	< 0,02	
2020	Trim 2	abril	27	< 0,1	< 0,02	
2020	Trim 2	maio	11	< 0,1	< 0,02	
2020	Trim 2	junho	10	< 0,1	< 0,02	
2020	Trim 3	agosto	11	N.D	< 0,02	
2020	Trim 3	setembro	4	N.D	< 0,02	
2020	Trim 4	outubro	2	N.D	< 0,02	
2020	Trim 4	novembro	16	N.D	< 0,02	
2020	Trim 4	dezembro	3	N.D	< 0,02	
2021	Trim 1	janeiro	18	<0,150	<0,020	
2021	Trim 1	janeiro	27	<0,150	<0,020	
2021	Trim 1	fevereiro	13	<0,1	< 0,02	
2021	Trim 1	março	15	<0,1	< 0,02	
2021	Trim 2	abril	14	N.D	< 0,02	
2021	Trim 2	maio	26	<0,1	< 0,02	N.D
2021	Trim 3	julho	28	<0,150	<0,020	<0,050
2021	Trim 3	agosto	28	<0,150	<0,020	<0,050
2021	Trim 3	setembro	30	<0,150	<0,020	<0,050
2021	Trim 4	outubro	25	<0,150000	<0,020000	<0,1000

Fonte: Autora, 2021.

Na revisão da Portaria de Potabilidade da Água, atualmente a Portaria GM/MS nº888/2021, estabeleceu-se também o controle dos parâmetros de epicloridrina, cloreto de vinila e acrilamida, devido a composição de produto químico ou tubulações usadas no processo, conforme resultados em Figura 32, onde apresenta-se ausência desses compostos na água tratada.

Figura 32. Resultados de Epicloridrina, Cloreto de Vinila e Acrilamida no ponto de saída do tratamento de controle mensal

Ano	Trimestre	Epicloridrina (µg/L)	Cloreto de Vinila (µg/L)	Acrilamida (µg/L)
2020	Trim 1			
2020	Trim 2			
2020	Trim 3			
2020	Trim 4			
2021	Trim 1			
2021	Trim 2			
2021	Trim 3	<0,005000	<1,0000	<0,150
2021	Trim 3	<0,100	<1,0000	<0,15
2021	Trim 3	<0,40	<0,50	<0,150
2021	Trim 4			
2021	Trim 4	<0,40	<0,50	<0,15
2021	Trim 4	<0,40	<0,50	<0,150000

Fonte: Autora, 2021.

Para avaliação dos subprodutos da desinfecção, analisou o escopo completo solicitado pela Portaria vigente no ponto de saída do tratamento para verificação da geração devido a ETA A, possuir uma pré - oxidação com dois produtos químicos e sendo um deles a base de cloro em sua formulação, o hipoclorito de sódio, esse também usado na etapa de desinfecção. Na Figura 33, consegue-se analisar a ocorrência de formação de cloramina total e trihalometanos, sendo um ponto de atenção para o sistema de produção e controle da rede de distribuição.

Figura 33. Resultados de subprodutos da desinfecção no ponto de saída do tratamento

Parâmetro	12/07/2020	04/09/2020	12/12/2020	13/03/2021	30/06/2021	30/09/2021	09/12/2021
2,4,6- Triclorofenol (mg/L)	N.D	ND	N.D	ND	N.D	<0,00005	<0,05000
Ácidos Haloacéticos Totais (mg/L)	N.D	ND	N.D	ND	N.D	<0,008	<0,008
Bromato (mg/L)	0,02	ND	N.D	ND	<0,010	<0,0050	<0,01
Cloramina Total (mg/L)	0,29	0,54	0,86	ND	0,56	0,3	0,06
Clorito (mg/L)	N.D	ND	N.D	ND	N.D	<0,5000	<0,05
Cloro residual livre (mg/L)	2,53	1,83	2,08	2,08	2,4	1,6	2,09
Trihalometanos Totais (µg/L)	0,0841	ND	0,1	0,0153	N.D	0,00216	0,029

Fonte: Autora, 2021.

Nos resultados expressos na Figura 34, demonstram-se que os dados de controle operacional do sistema que são referentes as análises realizadas a cada duas horas de acordo com o tempo de operação estão de acordo com os limites estabelecidos pela legislação vigente para os parâmetros de cor aparente, turbidez e pH, demonstrando a eficiência do processo de tratamento.

Figura 34. Resultados do controle operacional dos parâmetros de cor aparente da água bruta, turbidez da água bruta, pH da água bruta, cor aparente da água tratada e pH da água tratada

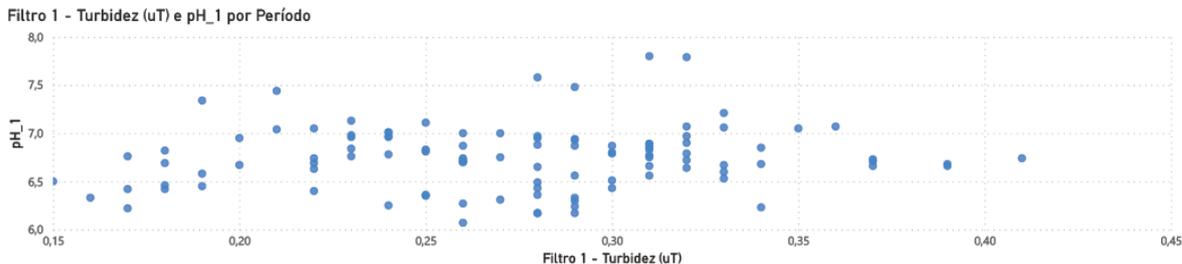
Média de Cor aparente Bruta (uH)	Máximo de Cor aparente Bruta (uH)	Mínimo de Cor aparente Bruta (uH)	Contagem de Cor aparente Bruta (uH)
195,78	340,50	108,50	105
Média de Turbidez Bruta (uT)	Máximo de Turbidez Bruta (uT)	Mínimo de Turbidez Bruta (uT)	Contagem de Turbidez Bruta (uT)
10,26	22,46	4,69	105
Média de pH	Máximo de pH	Mínimo de pH	Contagem de pH
6,69	7,41	6,16	105
Média de Cor aparente Tratada (uH)	Máximo de Cor aparente Tratada (uH)	Média de Cor aparente Tratada (uH)	Contagem de Cor aparente Tratada (uH)
0,36	5,80	0,36	105
Média de pH_1	Máximo de pH_1	Mínimo de pH_1	Contagem de pH_1
6,75	7,80	6,07	105

Fonte: Autora, 2021.

Os gráficos presentes nas Figuras 35, 36 e 37, analisam a eficiência de cada filtro quanto a faixa de resultado do parâmetro de turbidez no ponto de saída de cada filtro do sistema serem igual ou menor que 0,50 uT. Todos os três filtros apresentaram resultados atendendo a eficiência de controle bacteriológico da água

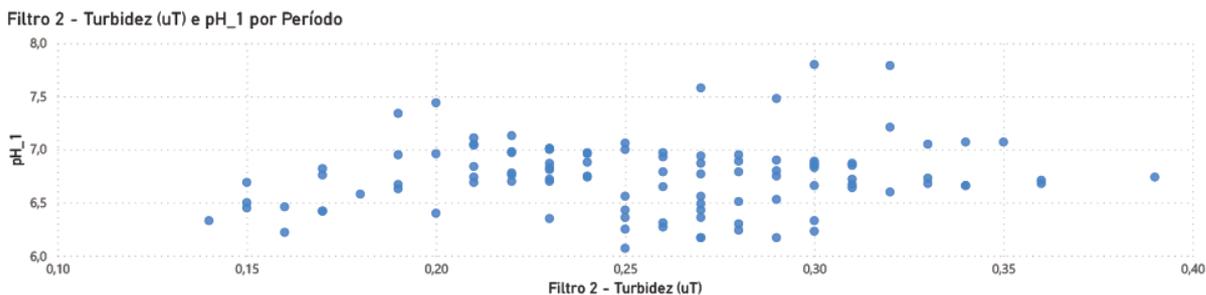
estabelecido em na Portaria GM/MS nº888/2021. Os resultados dos filtros 1, 2 e 3 apresentaram valores abaixo da referente como também da manutenção da faixa de pH neutro, demonstrando a eficiência de coagulação.

Figura 35. Gráfico da turbidez da água tratada em função do pH para o Filtro 1



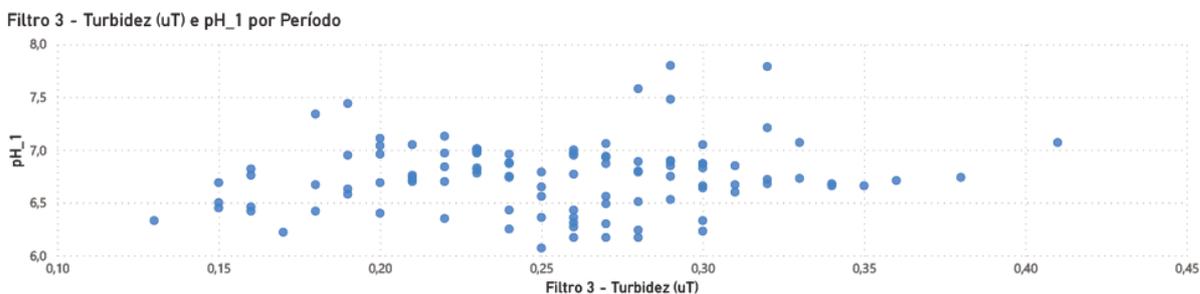
Fonte: Autora, 2021.

Figura 36. Gráfico da turbidez da água tratada em função do pH para o Filtro 2



Fonte: Autora, 2021.

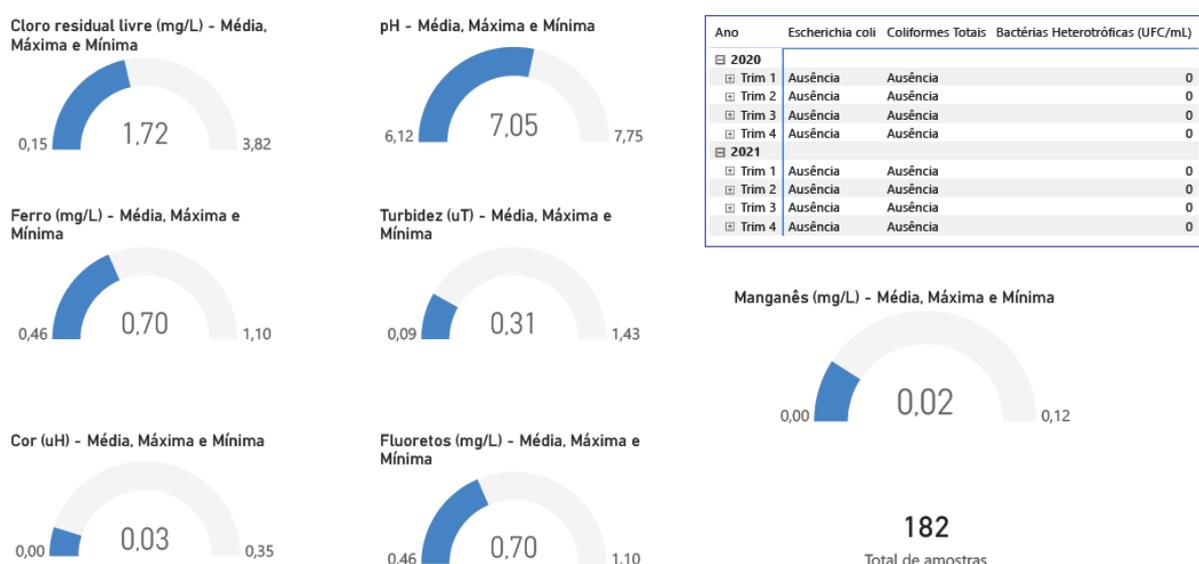
Figura 37. Gráfico da turbidez da água tratada em função do pH para o Filtro 3



Fonte: Autora, 2021.

O painel de resultados físico - químicos e bacteriológicos da área de controle de qualidade verificou através de coletas realizadas no ponto de coleta de saída da ETA A, a conformidade legal dos resultados obtidos para os parâmetros básicos de controle, como pH, fluoretos, cor aparente, turbidez, ferro, manganês, coliformes totais, escherichia coli e contagem de bactérias heterotróficas, conforme Figura 38.

Figura 38. Painel de resultados físico-químicos e bacteriológicos da área da qualidade da água tratada



Fonte: Autora, 2021.

O controle de qualidade também realizou coletas na rede de distribuição desse sistema, sendo demonstrados nas Figuras 39 e 40.

Os resultados obtidos da parte de microbiologia com as análises dos parâmetros de coliformes totais, escherichia coli e contagem de bactérias heterotróficas apresentaram ausência em todas as amostras, representando a eficiência da manutenção da concentração do cloro residual livre entre 0,2 à 5 mg/L.

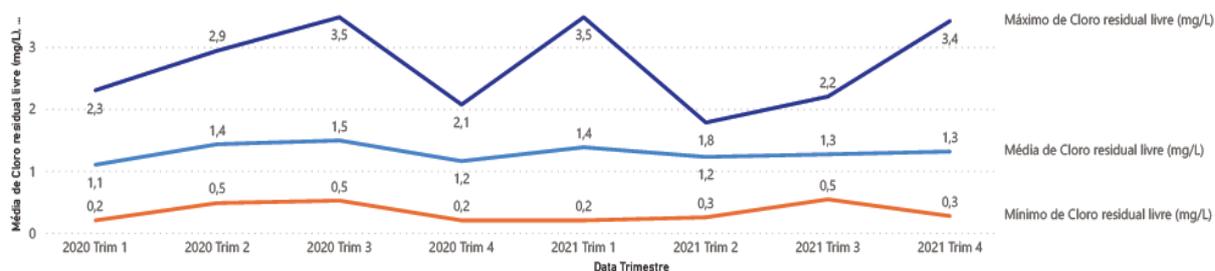
Os parâmetros físico - químicos de cor aparente, turbidez, temperatura, pH, condutividade e fluoretos também apresentaram conformidade legal quanto aos valores encontrados dentro do limite de referência da legislação, conforme Figuras 41 à 46.

Figura 39. Resultados de Coliformes Totais, Escherichia Coli e Bactérias Heterotróficas na rede de distribuição

Ano	Coliformes Totais	Escherichia coli	Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)
2020			
Trim 1	Ausência	Ausência	0
Trim 2	Ausência	Ausência	0
Trim 3	Ausência	Ausência	0
Trim 4	Ausência	Ausência	0
2021			
Trim 1	Ausência	Ausência	0
Trim 2	Ausência	Ausência	0
Trim 3	Ausência	Ausência	0
Trim 4	Ausência	Ausência	0

Fonte: Autora, 2021.

Figura 40. Resultados de cloro residual livre na rede de distribuição



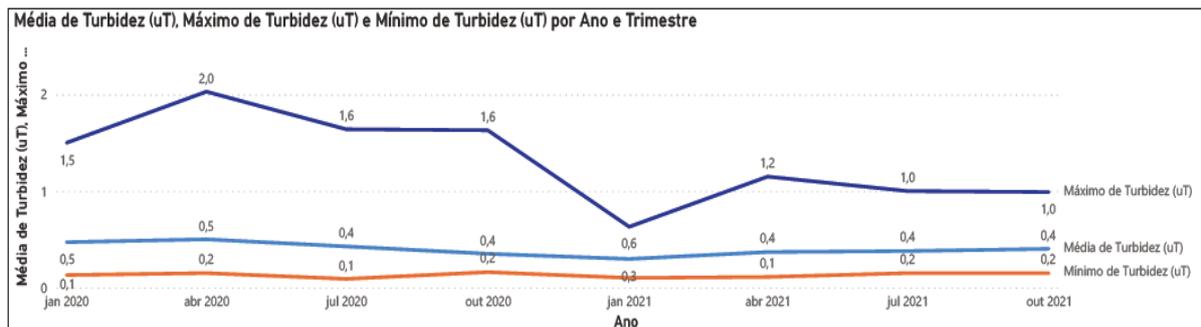
Fonte: Autora, 2021.

Figura 41. Resultados de cor aparente na rede de distribuição

Ano	Média de Cor (uH)	Máximo de Cor (uH)	Mínimo de Cor (uH)
2020			
Trim 1	4,23	15	0
Trim 2	3,29	14	0
Trim 3	2,76	14	0
Trim 4	4,62	15	0
2021			
Trim 1	4,51	13	0
Trim 2	2,97	13	0
Trim 3	2,51	13	0
Trim 4	3,35	15	0

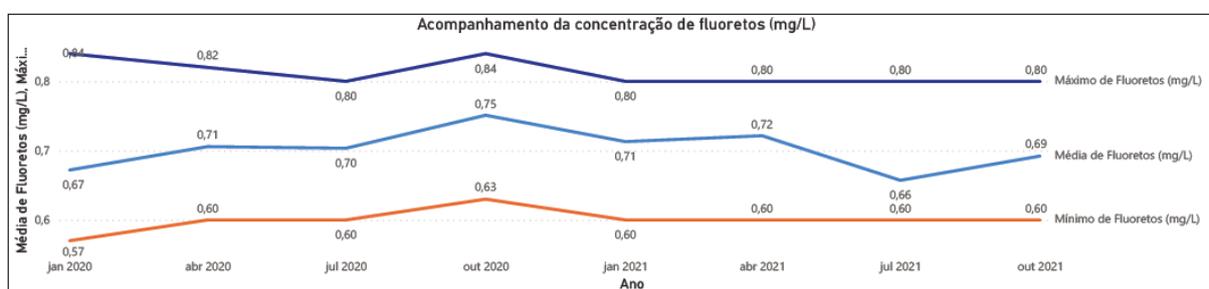
Fonte: Autora, 2021.

Figura 42. Resultados de turbidez na rede de distribuição



Fonte: Autora, 2021.

Figura 43. Resultados de fluoretos na rede de distribuição



Fonte: Autora, 2021.

Figura 44. Resultados de pH na rede de distribuição

Ano	Média de pH	Máximo de pH	Mínimo de pH
2020			
⊕ Trim 1	7,13	7,54	6,69
⊕ Trim 2	7,12	7,57	6,78
⊕ Trim 3	7,24	7,93	6,69
⊕ Trim 4	7,31	7,69	6,94
2021			
⊕ Trim 1	7,30	8,13	6,34
⊕ Trim 2	7,34	7,69	6,53
⊕ Trim 3	7,19	7,86	0,54
⊕ Trim 4	7,19	7,80	6,73

Fonte: Autora, 2021.

Figura 45. Resultados de temperatura da água na rede de distribuição

Ano	Média de Temp. (°C)	Máximo de Temp. (°C)	Mínimo de Temp. (°C)
2020			
Trim 1	24,48	29,50	19,70
Trim 2	20,91	25,20	9,20
Trim 3	21,80	26,20	17,80
Trim 4	24,63	26,70	16,30
2021			
Trim 1	25,65	27,10	24,30
Trim 2	22,67	26,10	18,00
Trim 3	23,69	29,00	11,60
Trim 4	25,46	29,90	19,20

Fonte: Autora, 2021.

Figura 46. Resultados de condutividade da água na rede de distribuição

Ano	Trimestre	Média de Condutividade (µS/cm)
2020	Trim 1	197,25
2020	Trim 2	196,26
2020	Trim 3	184,83
2020	Trim 4	191,87
2021	Trim 1	194,17
2021	Trim 2	180,02
2021	Trim 3	196,32
2021	Trim 4	196,14

Fonte: Autora, 2021.

Figura 47. Painel de Ordem de Serviço de Verificação da Qualidade da Água (VQA) dos anos de 2020 e 2021



Fonte: Autora, 2021.

Em decorrência de todos os resultados apresentados deste a qualidade da água bruta, o controle do processo de tratamento, a qualidade da água na saída e rede de distribuição, pode-se constatar a sua conformidade legal.

Verifica-se que há uma redução expressiva de ordens de serviços mediante a verificação da qualidade de água em comparação com os anos de 2020 e 2021, apresentando uma redução de aproximadamente 77%, conforme Figura 47.

De acordo com os resultados apresentados, evidenciou que a Estação de Tratamento de Água (ETA) A, atende aos valores máximos e mínimos permitidos de acordo com a Portaria GM/MS nº888/2021, ou seja, atendeu ao padrão de potabilidade de água, mesmo com variações físico – químicas e bacteriológica, nos resultados da água bruta, que apresentam oscilações entre as sazonalidades do período analisado.

Sendo assim, mediante aos resultados apresentados e seguindo a Portaria GM/MS nº888/2021, para atendimento a segurança hídrica, fornecimento de água potável e continuidade do abastecimento, elaborou-se um Plano de Amostragem de água que deverá ser atualizado sempre que houver mudanças nas características bacteriológicas e físico – químicas na água. O Plano de amostragem para o sistema de abastecimento de água A, encontra-se em Apêndice B.

Todos as figuras apresentadas foram retiradas do Power BI, que foi criado com os dados da ETA A pela autora dessa pesquisa.

5.5. ELABORAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE GESTÃO PARA APLICAÇÃO NO PSA

A criação de um manual de operação para o sistema, juntamente com o Plano de Amostragem de Água, em Apêndice B e do Plano de Comunicação Emergência e Contingência, tem como finalidade apresentar os procedimentos operacionais, a forma de controle analítico eficiente para o sistema, como também ao atendimento a legislação vigente para orientar a operação da Estação de Tratamento de Água (ETA) A, através de fluxos de comunicações, agilizando as tomadas de ações, com intuito de minimizar o tempo de resposta para um eventual risco e perigo para o sistema.

5.5.1. Manual de Operação do Sistema de Tratamento de Água

Para finalidade de que os integrantes responsáveis pela operação direta da ETA A como o operador, supervisor e coordenador, tenham suas atividades padronizadas e descritas em um documento elaborou-se um manual de operação do sistema, onde completam uma lista de suas atividades, procedimentos e instruções de trabalho para a operação completa do sistema.

5.5.1.1. Responsabilidades de cada integrante do sistema

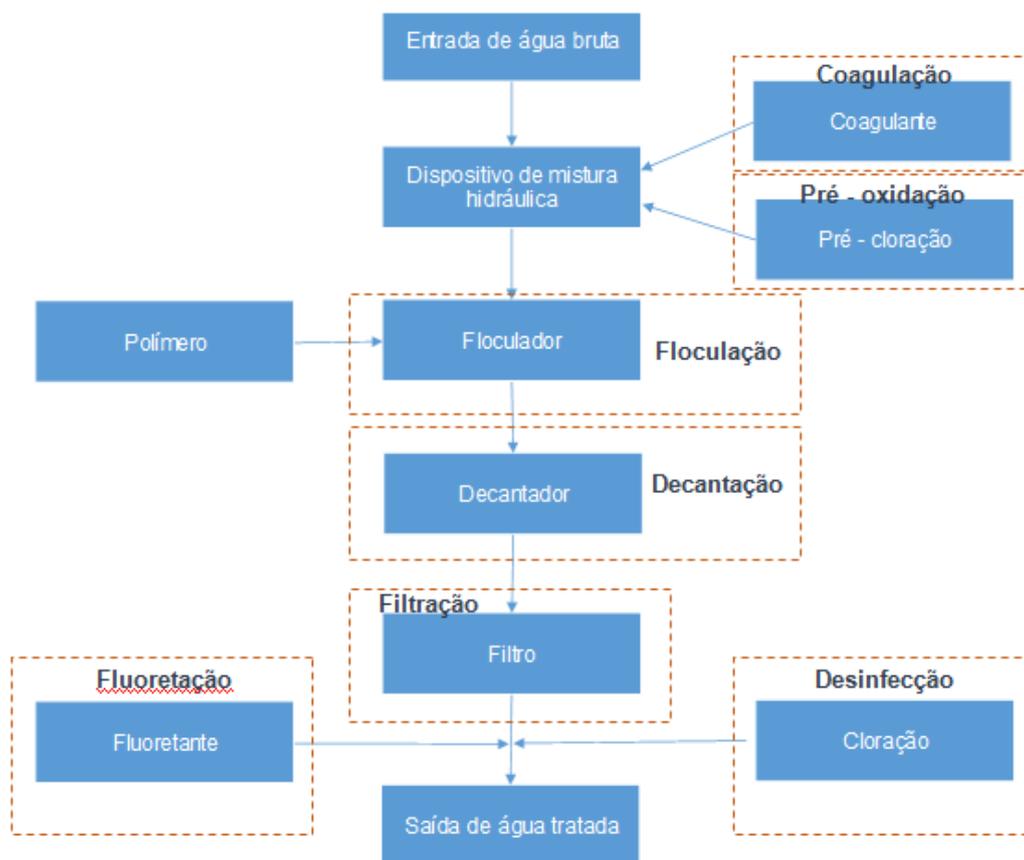
Cada integrante tem um papel fundamental no processo de tratamento de água da ETA A, por esse motivo é fundamental sua descrição para alinhamento das atividades da unidade. Para cada cargo temos as seguintes responsabilidades:

- O operador deve executar as atividades de sua responsabilidade para manutenção do processo de tratamento da água.
- O supervisor de operação de tratamento deve executar as atividades de sua responsabilidade, orientar o operador em questões técnicas, reportar necessidades de melhoria, sempre que achar necessário.
- O coordenador de operações deve executar as atividades de sua responsabilidade e garantir as atualizações necessárias frente às alterações de legislação e mudanças de processo.

5.5.1.2. Etapas e produtos químicos utilizados no processo da ETA A

As etapas do processo de tratamento da ETA A, estão presentes na Figura 48, que são: entrada da água bruta, pré – oxidação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção (cloração) e saída da água tratada.

Figura 48. Fluxograma das etapas integrante do processo de tratamento da água da ETA A



Fonte: Autora, 2021.

Os produtos químicos utilizados na unidade de tratamento são: policloreto de alumínio, hipoclorito de sódio 0,6%, hipoclorito de sódio 12%, permanganato de potássio e ácido fluossilícico. Porém ressalta-se que havendo necessidade de adição de demais químicos depende das características da água bruta, deve ser avaliada experimentalmente com uso do Jar Test e liberação do gestor direto.

5.5.1.3. Instruções Gerais para Operação da ETA

Apresentam-se uma série de instruções e recomendações para a operação da ETA A, que deverão ser seguidas pelo operador do sistema, sob orientação da gestão direta. O operador da unidade deverá:

- Utilizar todos os equipamentos de proteção individual (EPI) recomendados pela área de segurança do trabalho.
- Certificar-se que todos os equipamentos e instrumentos da ETA A estão em perfeitas condições de instalação e uso, com limpeza e conservação adequadas, sendo que qualquer avaria verificada deverá ser imediatamente informada a gestão direta.
- Verificar a disponibilidade de produtos químicos utilizados na ETA A, bem como reservatórios, para garantir que tenha volume mínimo para alimentação das bombas dosadoras.
- Registrar diariamente nas planilhas o consumo diário de químicos e o estoque de químicos disponível.
- Garantir a manutenção e limpeza das áreas comuns da unidade.
- Remover periodicamente o lodo depositado no decantador através de descargas periódicas das válvulas de fundo. A periodicidade deve ser definida pela gestão direta, considerando a elevação do nível do manto de lodo e o decaimento nas taxas de filtração.
- Fazer periodicamente a retrolavagem dos filtros. A periodicidade da lavagem deve ser definida pelo gestor direto, considerando o decaimento nas taxas de filtração de maneira frequente (com nível de água interno se elevando progressivamente) e/ou a turbidez da água filtrada (valor máximo admissível de 0,5 uT). Deverá ser avaliado, também, se há restrição de horário a lavagem do filtro (por exemplo devido aos horários de pico de consumo), e nesse caso, o planejamento de horários da retrolavagem deve ser informado. Deve ser feito no mínimo uma lavagem de filtro por dia em cada filtro da unidade.
- Realizar o preparo das soluções de produtos químicos a serem utilizados na ETA A de acordo com os procedimentos corretos, e utilizando de todos os EPIs

necessários para a atividade.

- Regular a vazão das bombas dosadoras de acordo com as orientações do manual da bomba, que deverá ser lido, compreendido pelo operador e verificação dos analisadores online com as devidas calibrações e limpezas.
- Para a manutenção do controle da operação o operador deverá ficar atento às possíveis variações na qualidade da água bruta e seu efeito sobre todo o processo de tratamento. Desta forma, o operador deverá estar ciente das eventuais necessidades de ajuste das dosagens de coagulantes, que devem ser baseadas não somente nos resultados de testes de floculação em laboratório (Jar Test), mas também na experiência do operador e nos resultados obtidos na operação do próprio equipamento.

5.5.1.4. Controle para a etapa de floculação

Para controlar a quantidade da água floculada, deve-se coletar água na câmara de floculação e avaliar a qualidade dos flocos. Os flocos formados devem ter bom tamanho e após 10 minutos de repouso não deverá haver flocos na superfície e os flocos devem apresentar boa sedimentabilidade. Caso isso não ocorra deverão ser verificadas a dosagem de produtos químicos e a correção do pH de acordo com o pH ótimo de coagulação.

5.5.1.5. Controle para a etapa de decantação

Para controlar a quantidade da água decantada, deve-se coletar a água da calha de coleta de água decantada e avaliar a clarificação da água.

O controle da decantação será efetuado através de inspeções visuais da qualidade da água, que deverá apresentar um aspecto cristalino e isenta de flocos em suspensão. Caso a água decantada apresente um aspecto amarelado, pode significar excesso de dosagem de coagulante ou concentrações elevadas de ferro, que deverá ser corrigida, mediante uso do Jar Test.

Caso aconteça o escape de flocos para a entrada do filtro deverá ser verificada a dosagem de produtos químicos com correção de pH no Jar Test, e também avaliada a qualidade dos flocos na câmara de floculação, pois os flocos devem ter um bom tamanho e melhor sedimentabilidade.

5.5.1.6. Controle Geral do Sistema

A água coletada após a mistura rápida, no floculador e na calha de decantação pode ser coletada e depositada nos jarros do Jar Test para comparação com a água coagulada, floculada e/ou decantada obtida no procedimento do Jar Test.

Dessa forma, pode-se avaliar se a água obtida no Jar Test, sob as mesmas condições de dosagem aplicadas in loco no tratamento. Ambas precisam apresentar:

- No caso da água após a mistura rápida (água coagulada), ambas precisam ter o mesmo tempo de início de formação de flocos, para uma mesma dosagem de químicos (aspecto analítico e visual).
- No caso da água do floculador, ambas precisam ter o mesmo tamanho e quantidade de flocos, para a mesma dosagem de químicos, mesmo tempo e mesma intensidade de agitação (aspecto visual).
- No caso da água decantada, ambas precisam ter a mesma cor e turbidez, para a mesma dosagem de químicos e mesmo tempo de sedimentação (aspecto analítico).

Se a água coletada na planta tem a mesma característica da água encontrada no Jar Test, significa que o Jar Test está bem “calibrado” para reproduzir as condições hidráulicas verdadeiras da ETA A, que é o cenário desejado para o sistema de tratamento.

5.5.1.7. Instruções Gerais para Manutenção e Conservação da ETA

Apresenta -se uma série de instruções e recomendações para boas práticas de manutenção e conservação da ETA, que deverão ser seguidas pelo operador da ETA, sob orientação do técnico de tratamento, do supervisor de operações e do coordenador de operações. O operador da unidade de tratamento deverá:

- Conhecer o manual de operação e manutenção de cada equipamento e instrumento da ETA A, tais como bombas dosadoras, misturadores, instrumentos do laboratório, pois nos manuais específicos se abordam técnicas de operação e cuidados de manutenção, que deverão ser seguidos.
- Observar possíveis vazamentos ou rupturas na estrutura metálica. Sempre que alguma avaria for constatada, informar imediatamente a gestão direta.
- Fazer a limpeza superficial dos floculadores e decantadores sempre que se observar materiais flutuantes de origem externa, tais como folhas de árvore e teias de aranha.
- Fazer periodicamente limpeza completa floculador e decantador, com apoio do gestor direto. Essa limpeza completa é realizada esvaziando-se os tanques e utilizando-se de um lava-jato de alta pressão, sempre atentando para que o jato de água não fique muito próximo da superfície dos tanques, evitando que o mesmo cause danos.
- Sempre manter a atenção que esse procedimento de limpeza total de floculador e decantador não deverá ser executado apenas pelo operador. Esse procedimento deve ser agendado previamente e acompanhado, no mínimo, com um ajudante geral.
- Fazer periodicamente limpeza dos reservatórios de produtos químicos sempre que o operador, juntamente com o gestor direto identificar incrustações/depósitos no fundo dos tanques. Essas incrustações e depósitos devem ser removidas com o

auxílio de uma escova, eliminando também qualquer tipo de sujeira ou objeto que possa provocar entupimento e danos nas dosadoras. Caso for executado a troca do produto químico essa limpeza é obrigatória. A limpeza deverá ser feita com uso de todos os EPIs, conforme indicado pela área de segurança do trabalho.

5.5.1.8. Instruções para Estoque e Preparo de Produtos Químicos na ETA A

Os principais produtos químicos utilizados atualmente na unidade são o coagulante PAC e o hipoclorito de sódio 0,6%. Outros químicos como hipoclorito de sódio 12%, permanganato de potássio e polímero poderão ser utilizados, conforme necessidade que será levantada na operação diária, e esse manual deverá ser atualizado em conformidade para refletir o uso de químicos na unidade.

Deve-se evitar respirar ou ter contato com produtos químicos direto na pele para que não ocorra intoxicação. Por isso, é obrigatório a utilização de todos os EPIs indicados pela área de segurança do trabalho.

Os produtos químicos devem ser armazenados em local ventilado e seco. Na ausência de bancadas para seu armazenamento, eles devem ser colocados sobre pallets de madeira, e nunca diretamente sobre o chão. As bombonas de produtos químicos não poderão ser empilhadas e os baldes de produto químico, como permanganato de potássio podem ser empilhados, porém nunca em pilhas altas, com risco de queda e dificultar o manuseio do produto. Não é permitido a reutilização de baldes de produtos químicos, pois são passíveis de logística reversa para o fornecedor.

A identificação dos químicos deve ser clara e visível, e as fichas de produtos químicos (FISPQ), deveram ser impressas e mantida em local visível e de fácil acesso (como também enviadas em grupos de comunicação, WhatsApp). O operador da ETA deverá ler a FISPQ e conhecer os procedimentos de emergência em caso de intoxicação para todos os produtos químicos utilizados na ETA A.

Sempre verificar o prazo de validade de todos os químicos e fazer o controle do estoque de forma criteriosa, e que não ocorra ausência de produtos necessários para o tratamento e também que sejam consumidos primeiro sempre os produtos com prazo de vencimento mais próximo.

5.5.1.9. Preparo da solução de sulfato de alumínio ou de PAC

O sulfato de alumínio ferroso e o PAC são adquiridos comercialmente como soluções líquidas. Como esses produtos são muito concentrados, o mais recomendado no caso da ETA A é utilizar soluções diluídas, embora o produto possa ser dosado diretamente na forma comercial caso a dosagem requerida de coagulante seja alta, conforme determinado no Jar Test.

A determinação de diluição a ser utilizada na ETA A deverá ser feita ou aprovada pelo gestor de tratamento.

Para exemplificar os cálculos será considerado o sulfato de alumínio ferroso, com uma massa específica 1,33 g/mL e também o PAC10 cuja massa específica é 1,20 g/mL.

Esse manual deverá ser atualizado para refletir o uso de químicos atual da ETA A.

- O sulfato de alumínio/PAC diluído deverá ser preparado da seguinte maneira:
 - Abrir a válvula de admissão de água de diluição no tanque de preparo e encher até a metade do tanque de preparo.
 - Medir em balde graduado um dado volume de sulfato de alumínio comercial ou de PAC comercial conforme determinado nas Tabelas 19 e 20.
 - Manter o cuidado para utilizar um balde com a graduação de volume acurada, e garantir que encherá sempre o balde até o nível correto. O ideal é adquirir balde de plástico já com as graduações feitas pelo fabricante, mas no caso da impossibilidade deste, pode ser utilizado um balde com as marcações de volume feitas manualmente, com auxílio de proveta de laboratório para medir os volumes exatos de cada nível a ser marcado no balde.
 - Adicionar o volume indicado na Tabela 19 (se sulfato de alumínio) ou 20 (se PAC) ao tanque de preparo e ligar o agitador rápido (ou na ausência deste, iniciar a agitação manual).

- Ter a devida atenção como os agitadores que nunca deverão ser ligados ou permanecer ligados quando o nível de água ou solução no tanque não estiver pelo menos 20 cm acima da pá de agitação.
- Deixar a válvula de água de diluição aberta até completar o volume útil do tanque. Manter a agitação até a completa dissolução do sulfato de alumínio (cerca de uma hora de agitação).
- Após esgotar toda a solução do tanque, até cerca de 50 cm acima do nível de sucção da bomba dosadora, deverá ser preparada nova diluição, seguindo os procedimentos acima.

Tabela 19. Volume de sulfato de alumínio comercial adicionado no tanque (em L)

Volume do tanque de preparo	Preparo de solução com diluição 5% em massa	Preparo de solução com diluição 10% em massa	Preparo de solução com diluição 50% em massa
310 L	Litros a adicionar: 11,7	Litros a adicionar: 23,3	Litros a adicionar: 117
500 L	Litros a adicionar:18,8	Litros a adicionar: 37,6	Litros a adicionar: 188
1000 L	Litros a adicionar: 37,6	Litros a adicionar: 75,2	Litros a adicionar:376

Fonte: Fornecedor A, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 20. Volume de PAC10 comercial adicionado no tanque (em L)

Volume do tanque de preparo	Preparo de solução com diluição 5% em massa	Preparo de solução com diluição 10% em massa	Preparo de solução com diluição 50% em massa
310 L	Litros a adicionar: 12,9	Litros a adicionar: 25,8	Litros a adicionar: 129
500 L	Litros a adicionar: 20,8	Litros a adicionar: 41,7	Litros a adicionar: 208
1000 L	Volume a adicionar: 41,7	Volume a adicionar: 83,4	Volume a adicionar: 417

Fonte: Fornecedor B, 2021, adaptado pela autora, 2022.

5.5.1.10. Instruções para Dosagem de Produtos Químicos e Ajustes nas Bombas Dosadoras

Os produtos químicos poderão ser utilizados no tratamento de água como: coagulante, floculante, alcalinizante, pré-oxidantes e ortopolifosfato de sódio. A dosagem desses químicos para uso na ETA é determinada experimentalmente no laboratório, por meio do Jar Test.

Dentre esses químicos, aquele que está sendo utilizado atualmente na ETA A é o coagulante, pré - oxidante e desinfectante. Caso sejam identificadas dificuldades na operação, deve ser avaliada a introdução de outros químicos para auxiliar o processo de tratamento. Todos esses químicos devem ter suas dosagens determinadas usando o Jar Test, porém, deve ser testada a dosagem de um químico, mantendo a dosagem de todas as demais constante para o teste.

5.5.1.11. Jar Test para determinação da dosagem de sulfato de alumínio/PAC

Utilizando o sulfato de alumínio e PAC, conforme o manual da Policontrol, e necessário a utilização dos seguintes itens:

- Jarros do Jar Test com volume de 2L;
- Preparo de solução mãe a 2% em massa;
- Densidade sulfato de alumínio: 1,33 g/mL;
- Densidade do PAC10: 1,2 g/mL.

A faixa de dosagem em ppm a ser avaliada depende da finalidade do teste. Se o Jar Test estiver sendo realizado para otimizar uma dosagem já em uso na planta (ajuste fino de dosagem), é melhor usar valores próximos ao atual da planta,

variando de 5 em 5 ppm. Como por exemplo: se no momento do teste está dosando 40 ppm na ETA, avaliar 30, 35, 40, 45, 50 e 55 ppm.

Já em caso do Jar Test estiver sendo executado devido a uma brusca alteração da qualidade da água bruta, a faixa deve ser definida com base no conhecimento do operador, técnico de tratamento e supervisor de operações das faixas típicas usadas para aquele caso. Para uma estimativa inicial, pode ser utilizada na Tabela 21.

Tabela 21. Estimativa inicial de dosagem de coagulante em função da cor medida na água bruta

Cor aparente (uH)	ppm de Coagulante	Cor aparente (uH)	ppm de Coagulante
10	8	90	29
20	10	100	32
30	13	120	37
40	16	140	42
50	18	160	48
60	21	180	53
70	24	200	58
80	28	*	*

Fonte: Fornecedor A, 2021, adaptado pela autora, 2022.

- Usualmente, o Jar Test é dividido em 03 etapas:
 - Etapa 1: Mistura rápida – simulada mediante ajuste da rotação do Jar Test para fornecer agitação rápida, com gradiente de velocidade elevado, por um dado período de tempo.
 - Etapa 2: Flocculação - simulada mediante ajuste da rotação do Jar Test para fornecer agitação lenta, com gradiente de velocidade bem mais baixo que na etapa 1, por um dado período de tempo.
 - Etapa 3: Decantação – simulada mediante a interrupção do agitador do Jar Test e contagem do tempo de decantação.

É de suma importância o operador entender que o Jar Test deve refletir a dinâmica hidráulica da estação e, portanto, as etapas 1, 2 e 3 devem ser definidas com base nos dados reais de operação da unidade.

Sendo assim, os gradientes de velocidade das etapas 1 e 2 devem ser definidos para serem iguais aos calculados na mistura rápida e floculação da ETA A.

Em seguida, operador deve utilizar o gráfico presente na Figura 49, sendo o Jar Test presente na unidade da POLICONTROL para encontrar a velocidade de rotação (RPM) adequada para reproduzir o gradiente de velocidade calculado para a estação.

Da mesma forma, a duração da mistura rápida, floculação e decantação devem ser calculadas considerando a hidráulica da ETA A e a taxa de aplicação no decantador, para serem reproduzidos no Jar Test.

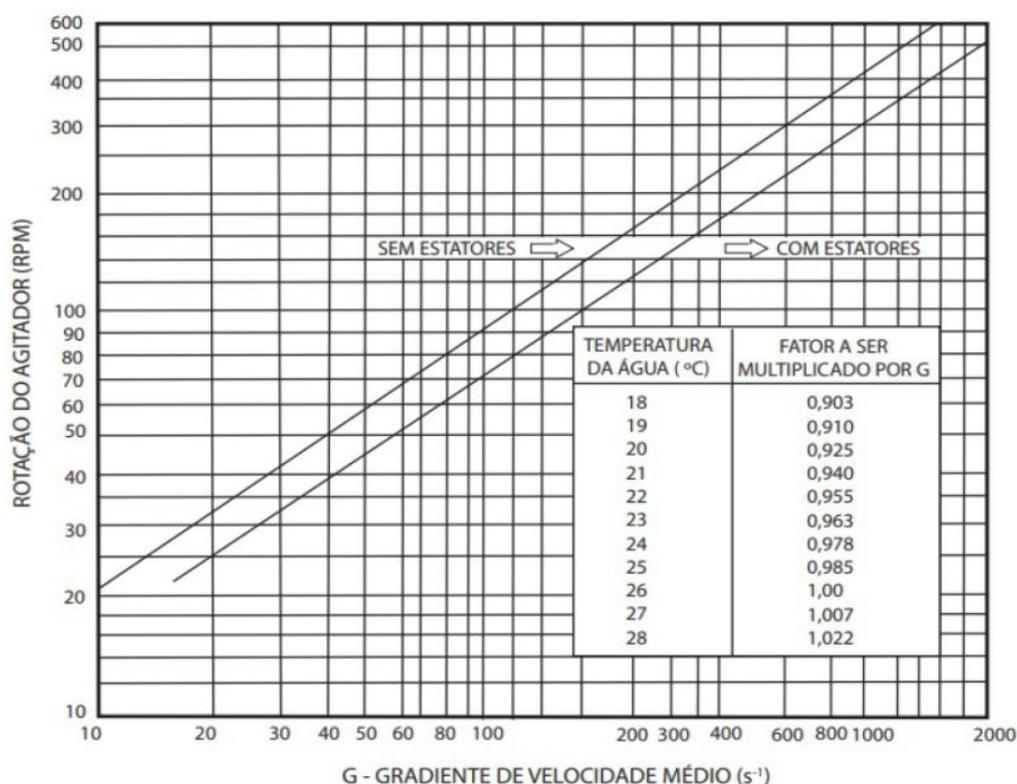
Logo, devem definir os gradientes de velocidade e tempos das etapas do Jar Test com objetivo de ajustar o procedimento do equipamento para a hidráulica da ETA, maximizando, assim, a eficiência e reprodutibilidade do ensaio de Jar Test. Essas informações serão registradas na planilha operacional de controle. Caso essas informações não estejam disponíveis, pode-se usar os seguintes valores como aproximações:

Etapa 1: gradiente de velocidade de 700s^{-1} (equivale a RPM a ser ajustado usando as Tabelas 2 ou 3), pelo período de 10s.

Etapa 2: gradiente de velocidade de 50 s^{-1} (verificar o RPM a ser ajustado usando as Tabelas 2 ou 3), pelo período de 15 minutos.

Etapa 3: sem agitação, pelo período de 15 minutos. O teste finaliza ao término da etapa 3.

Figura 49. Gráfico gradiente de velocidade x RPM para o Jar Test da Policontrol



Fonte: POLICONTROL,2022.

Para o preparo da solução mãe a 2%, utilizou-se:

- Se o coagulante em teste for sulfato de alumínio, pipetar 15mL do produto comercial e avolumar em balão volumétrico de 1L (1000mL).
- Se o coagulante em teste for PAC10, pipetar 16,7mL do produto comercial e avolumar em balão volumétrico de 1L (1000mL).
- Se estiver utilizando um outro coagulante, verificar a concentração e o volume a ser utilizado em sua formulação.

Para a adição da solução mãe, depende-se da dosagem em ppm que se deseja avaliar no Jar Test, um volume diferente de solução mãe deverá ser pipetado, conforme a Tabela 22.

Tabela 22. Tabela de volume a pipetar da solução mãe (mesmo volume se é sulfato de alumínio ou PAC)

Item	Unidade	Valores de Referência																			
Dosagem (concentração)	ppm	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Volume da solução mãe	mL	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0

Fonte: POLICONTROL,2022, adaptado pela autora, 2022.

O operador não deverá adicionar o volume diretamente no jarro, mas sim utilizar os frascos existentes para essa finalidade. Para a execução do procedimento do ensaio em Jar Test, deve-se seguir as devidas etapas:

- Medir e registrar cor, turbidez e pH da água bruta a ser testada na planilha de controle. Se houver algum outro parâmetro a ser removido pela coagulação (por exemplo ferro e manganês), também medir e registrar esses parâmetros na água bruta.
- Despejar 12L de água bruta homogeneamente nos 6 jarros do Jar Test, até encher os 2L de cada um dos jarros (total 6 jarros). O operador não deve encher todo o jarro de uma só vez e só então começar a encher o próximo, mas sim, encher parcialmente todos os jarros juntos. Quando estiver próximo da linha dos 2L, o operador deverá proceder o ajuste fino utilizando um béquer com água bruta, até chegar na linha de 2L em cada jarro.
- Ligar a iluminação do Jar Test, ligar a agitação das pás do Jar Test e ajustar para o rpm desejado na etapa 1.
- Pipetar os volumes de solução mãe nos frascos (o preparo da solução mãe e o volume a ser pipetado em cada jarro foram apresentados nos itens anteriores).
- Virar ao mesmo tempo os frascos contendo a solução mãe nos jarros. Nesse momento iniciar a contagem do tempo da etapa 1.

- Vale ressaltar que sempre é viável ter a atenção se a ETA A tiver etapa de pré-cloração ou adição de alcalinizante ou polímero na água bruta, esses químicos também devem ser adicionados aos jarros, sendo adicionados na mesma ordem que são adicionados na ETA A. Deve-se avaliar uma dosagem de cada vez, logo, se está sendo avaliada a dosagem de ppm de coagulante, a dosagem do cloro / alcalinizante / polímero deverá ser mantida a mesma em todos os jarros.
- Usar pisseta de água destilada para jogar pequena quantidade de água nos frascos para remover o resíduo de solução mãe que ficou no frasco, jogando esse volume nos jarros.
- Ao final do tempo definido na planilha operacional do Jar Test para a etapa 1 (ou, na ausência deste 10s), reduzir a agitação em RPM para o desejado na etapa 2. Iniciar a contagem do tempo da etapa 2.
- Ao final do tempo definido na planilha operacional do Jar Test para a etapa 2 (ou, na ausência deste 15min), desligar a agitação. Iniciar a contagem do tempo da etapa 3.
- Ao final do tempo definido na planilha operacional do Jar Test para a etapa 3 (ou, na ausência deste 15min), encerra-se o teste. Descartar o primeiro de volume (cerca de 50 mL) de amostra coletada no jarro pela mangueira de coleta e em seguida coletar água de cada um dos jarros pela mangueira de coleta em béqueres, utilizando 1 béquer para cada jarro.
- Analisar em cada uma a cor, turbidez e pH de cada béquer (e outros parâmetros, quando cabível).
- O jarro que obtiver a menor cor e turbidez é aquele que representa a melhor dosagem de coagulante, e essa dosagem deverá ser adotada na ETA A.
- Registrar os resultados de cor, turbidez e pH na planilha de controle, juntamente com a conclusão (qual a dosagem do Jar Test) e observações do ensaio.

5.5.1.12. Determinação da vazão da bomba dosadora de coagulante

A partir da dosagem do Jar Test, é necessário encontrar a vazão em mL/min ou L/h que deverá ser ajustada nas bombas dosadoras.

A vazão da bomba dosadora depende não só da dosagem do Jar Test, mas também da vazão da ETA e da concentração da solução de coagulante utilizada, seja ele comercial ou diluído, conforme a Equação 1.

$$\text{Vazão bomba dosadora} \left(\frac{\text{mL}}{\text{min}} \right) = \frac{\text{vazão ETA} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) \times \text{dosagem jar test} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)}{\text{concentração da solução de coagulante} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)} \times 60000$$

Equação 1

Para medir se a vazão que está sendo dosada pela bomba dosadora está correta, o operador deve fazer um teste utilizando proveta graduada de 1L (1000 mL) e cronômetro. O procedimento a ser seguido é:

- Lavar e secar uma proveta graduada de 1000L.
- Posicionar a proveta limpa, seca e vazia no ponto de dosagem do coagulante na planta.
- Colocar a proveta para receber o coagulante sendo dosado na ETA e acionar imediatamente o cronômetro.
- Aguardar 1 minuto, e após esse período pausar o cronômetro e imediatamente retirar a proveta do ponto de dosagem.
- Fazer a leitura de volume de coagulante na proveta.

O volume medido na proveta, em mL, corresponde a vazão da bomba dosadora por minuto. Como por exemplo: se encheu 90 mL de coagulante na proveta em 1min, a bomba dosadora está com vazão de 90 mL/min.

Caso o volume dosado seja muito elevado, pode-se optar por coletar o volume por 30s ao invés de 1 minuto. Nesse caso, o volume medido na proveta deverá ser multiplicado por 2 para dar a vazão da bomba dosadora. Como por exemplo: se encheu 90 mL de coagulante na proveta em 30s, a bomba dosadora está com vazão de 180 mL/min.

O valor medido bomba dosadora deverá ser anotada na planilha de controle operacional de hora em hora.

5.5.1.13. Análises de rotina operacional da ETA

As análises de rotina realizadas na ETA A, deveram seguir o Plano de Amostragem presente em Anexo 1, sendo o escopo de análises contemplando os parâmetros de pH, cor aparente, turbidez, cloro residual livre e fluoretos realizados a cada intervalo de duas horas de acordo com o tempo de operação do sistema.

5.5.1.14. Check list de rotina operacional da ETA A

A operação da ETA requer atenção e compreensão para interpretação dos resultados analíticos. Como cada sistema possui uma particularidade, somente com na rotina diária dos operadores, técnicos, supervisores e coordenadores envolvidos se pode desenvolver e aperfeiçoar os métodos e procedimentos específicos, que resultam em controles e ações assertivos para a realidade da ETA A.

Desta forma, sugere-se que as rotinas iniciais atendam aos procedimentos presentes nos Quadros 3 à 8, mas que eles sejam adaptados e aperfeiçoados de acordo com a realidade atualizada do sistema.

Quadro 3. Check list diário do operador para produto químico e sistema de dosagem

Produto químico e sistema de dosagem	Conforme	Não Conforme
Verificar e registrar o nível dos tanques de produto químico		
Preparar solução de produto químico, quando necessário		
Verificar o estado das mangueiras e tubulações de dosagem de produto químico (deterioração, obstrução, etc), efetuando desentupimento ou limpeza preventiva		
Verificar funcionamento bomba dosadora (fluxocorreto, vazamento, etc)		
Anotar o consumo de hora em hora de produto químico e vazão da bomba dosadora		
Verificar o nível de óleo das bombas dosadoras (quando aplicável, conforme indicação do fabricante constante no manual da bomba dosadora)		

Fonte: Autora, 2021.

Quadro 4. Check list diário do operador para o dispositivo de mistura rápida

Dispositivo de mistura rápida	Conforme	Não Conforme
Ler e anotar a vazão de entrada de hora em hora (quando houver régua linimétrica ou sensor de vazão)		
Observar se a dosagem de produto químico está funcionando na Calha Parshall (no ponto correto)		

Fonte: Autora, 2021.

Quadro 5. Check list do operador para o floculador

Floculador	Conforme	Não Conforme
Avaliar o processo de formação do floco		
Observar se o motor e dutores estão funcionando (agitando)		
Observar se há ruídos ou movimentações estranhas no motor e dutor		
Observar se há materiais flutuantes de origem externa (como folhas ou espuma) e, caso positivo, fazer a limpeza		

Fonte: Autora, 2021.

Quadro 6. Check list do operador para os decantadores

Decantador	Conforme	Não Conforme
Avaliar se há arraste de floco nas calhas coletoras de água clarificada		
Observar se há materiais flutuantes de origem externa (como folhas ou espuma) e, caso positivo, fazer a limpeza		
Realizar descarte do lodo do fundo do decantador (conforme rotina estabelecida)		
Cronometrar e registrar data, horário e duração do descarte de cada decantador		

Fonte: Autora, 2021.

Quadro 7. Check list do operador para os filtros

Filtro	Conforme	Não Conforme
Avaliar a distribuição de água e a qualidade na entrada das câmaras de filtração		
Se houver muito lodo e sólidos sobre a camada filtrante do filtro, realizar uma limpeza com jato de água superficial durante a retrolavagem		
Efetuar a retrolavagem de cada câmara do filtro, uma a quatro vezes ao dia, (conforme rotina estabelecida)		
Observar se o material filtrante é levado (arrastado) durante o processo de retrolavagem; se isso ocorrer, comunicar imediatamente ao gestor direto		
Observar se com a água filtrada esteja saindo algum material da camada filtrante		
Cronometrar e registrar data, horário e duração de cada retrolavagem		

Fonte: Autora, 2021.

Quadro 8. Check list do operador para os itens gerais

Itens gerais	Conforme	Não Conforme
Verificar se há vazamento nos tanques		
Avaliar visualmente todos os componentes da ETA e o possível acúmulo de sólidos e materiais nas áreas		
Fazer uma limpeza rápida da ETA, incluindo limpeza da bancada do laboratório e manter a copa limpa e organizada		

Fonte: Autora, 2021

Esse manual tem a finalidade de nortear e padronizar as atividades da área operacional na rotina diária. Reforça-se a necessidade do uso de equipamento de segurança (EPI) para toda e qualquer atividade realizada na operação e manutenção, seguindo as diretrizes da área de segurança do trabalho.

Essas orientações devem ser de conhecimento do gestor de tratamento juntamente com o operador. Em caso de dúvida, orienta-se o operador a entrar em contato com o gestor imediato.

5.5.2. Avaliação e revisão do PSA

A avaliação e revisão do PSA deverá ser realizada de forma periódica, usando-se como base conceitos de auditoria de sistemas de gestão de qualidade.

Para isso os colaboradores deverão passar por capacitação acerca das atividades de auditoria possibilitando a condução desse processo, como também na elaboração do relatório final, com as devidas identificações de conformidades e não conformidades encontradas no SAA – ETA A.

As atividades da auditoria deverá conter, etapa de verificação das ações propostas no PSA estão ou foram efetivamente implantadas e se os procedimentos estão sendo cumpridos.

As avaliações serão realizadas através de pesquisas em campo, como também entrevistas com os colaboradores da área operacional.

Para contemplação da identificação de uma não conformidade, será evidenciado através de um registro fotográfico, contendo data e horário para validação da evidência.

Os resultados da auditoria do PSA, serão utilizados para aprimoramento e atualização do plano. Apresenta-se de forma sintetizada o processo a ser usado na condução para auditoria, no Quadro 9.

Quadro 9. Quadro das ações sintetizadas do processo de condução da auditoria
PSA

1. Início da auditoria
a) Identificar o líder da equipe;
b) Definir os objetivos, escopo e critérios da auditoria;
c) Determinar a viabilidade da auditoria;
d) Selecionar a equipe de auditoria;
e) Estabelecer o contato inicial com a área auditada.
2. Realizando análise crítica de documentos
a) Analisar criticamente documentos pertinentes ao sistema de gestão, incluindo registros, e determinar a sua adequação com respeito ao critério da auditoria.
3. Preparando a atividade de auditoria
a) Preparar o plano de auditoria;
b) Designar trabalho para a equipe de auditoria;
c) Preparar documento de trabalho.
4. Conduzindo atividades de auditoria
a) Conduzir a reunião de abertura;
b) Comunicação durante a auditoria;
c) Funções e responsabilidades de guais e observadores;
d) Coleta e verificação de informações;
e) Gerar constatações de auditorias;
f) Preparar conclusões da auditoria;
g) Conduzir reunião de encerramento.
5. Preparação, aprovação e distribuição do relatório de auditoria
a) Preparar o relatório de auditoria;
b) Aprovando e distribuindo o relatório.
6. Concluir a auditoria

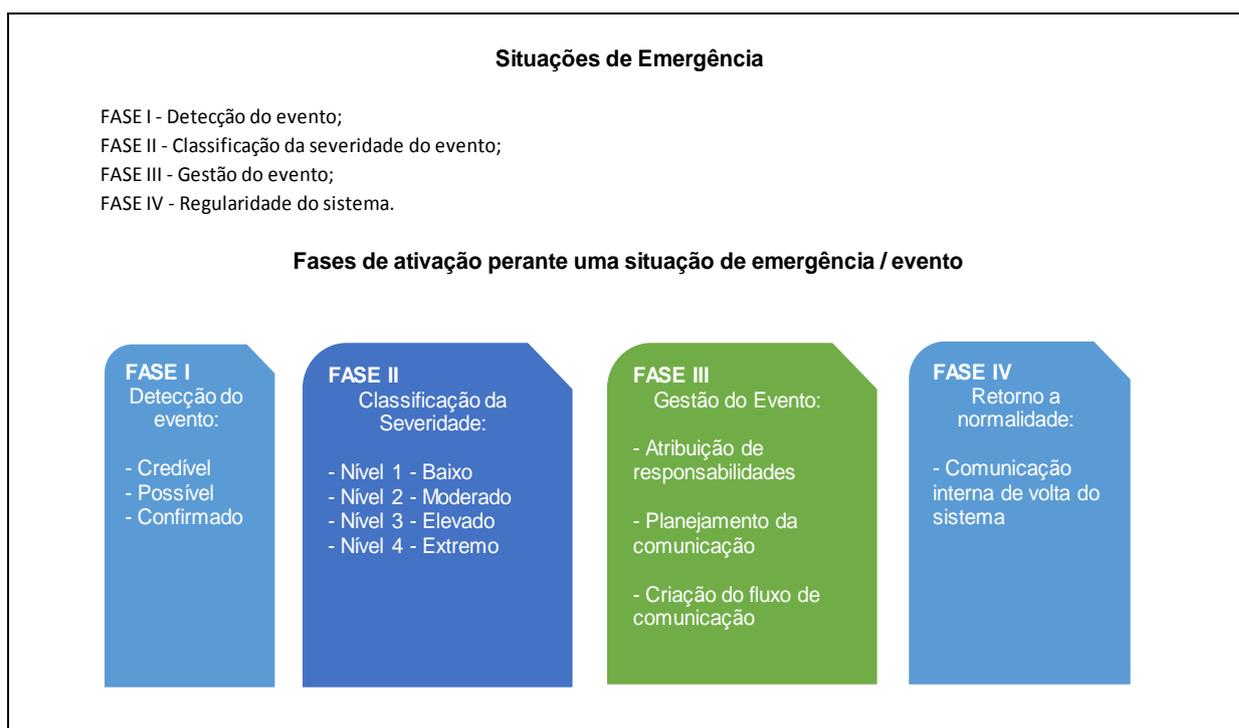
Fonte: Autora, 2021.

5.5.3. Plano de Emergência / Contingência

O Sistema de Abastecimento de Água é considerado objeto de monitoramento constante desde o ponto de captação até o cavalete do cliente, no âmbito do processo de controle e manutenção do PSA, porém ainda pode-se ocorrer situações consideradas excepcionais, como desastres naturais, ações humanas entre demais incidentes não mapeados, que coloquem em risco a segurança da água, e diretamente a saúde pública.

De acordo com essa possibilidade, faz-se necessário a elaboração de um o Plano de Emergência, integrando os devidos Planos de Ação e Fases, de acordo com a Figuras 50 e Quadro 10.

Figura 50. Situações de Emergência



Fonte: ERSAR, 2018, adaptado pela autora, 2022.

Quadro 10. Fase I - Detecção do Evento

Fase I - Detecção do Evento			
Perante as fontes e evidências dos dados do evento externos e internos:			
Se uma ou mais fontes de dados indicarem um evento como "possível", o nível de certeza do evento é classificado como "credível".			
Se duas ou mais fontes de dados indicarem um evento como "credível", o nível de certeza do evento é classificado como "confirmado".			
Se uma fonte de dados indicar um evento como "credível" e existirem dois ou mais eventos considerados como "possíveis", o nível de certeza é classificado como "confirmado".			
Fonte de informação	Evento Possível	Evento Credível	Evento Confirmado
Controle do Sistema			
Pressão	Um parâmetro fora do valor permitido, observado nem período de tempo predeterminado	Dois parâmetro fora do valor permitido, observados num determinado período de tempo.	a) Um parâmetro analisado, confirmado em uma coleta pela área de qualidade (laboratório interno ou externo).b) Três parâmetros ou mais analisados, confirmados pela área de qualidade. C) Contraprova com mais de um laboratório (interno ou externo) ou equipamento.
Cloro residual			
Turbidez			
Cor			
pH			
Critérios de Avaliação do Nível de certeza de um evento			
Perante a ocorrência de um surto de doença por via hídrica, a entidade gestora pode considerar como:			
"Possível" se afetar parte da população ou ocorrer em casos isolados;		Nível de Certeza: Avaliação do nível de certeza do evento deve ser classificado como Possível, Credível ou Confirmado.	
"Credível" se afetar grande parte da população;			
"Confirmado" se houver casos de internamento.			

Fonte: ERSAR, 2018, adaptado pela autora, 2022.

Para as emergências, caracterizadas como eventos excepcionais, serão necessários observar e avaliar os principais aspectos:

- Necessidade de intensificação do monitoramento analítico operacional e do controle de qualidade.
- Definição de responsabilidades e autoridades, tanto internas da concessionárias, como externas, sendo a Agência Reguladora, Vigilância Sanitária Municipal, Órgão Ambiental, e demais entidades necessárias de comunicação.
- Utilização de contingenciamento de fornecimento de água, pelo Sistema de Abastecimento de Água – ETA B (outro sistema interligado ao da ETA A), pela interligação com um reservatório.
- Atendimento ao Plano de Comunicação para as partes interessadas internas e externas.
- Novo Plano de Amostragem para a abrangência da vigilância da saúde pública.

Os Integrantes da equipe responsável pelo desenvolvimento e manutenção do PSA: Alta Gestão administrativa; Alta Gestão Operacional; Gestão Operacional do Sistema; Gestão da Área de Qualidade / Sustentabilidade.

Os eventos a serem considerados excepcionais são considerados os desastres naturais, ações humanas e incidentes inesperados, detalhados conforme Quadro 11.

Quadro 11. Lista e detalhes de eventos excepcionais

EVENTOS EXCEPCIONAIS	
TIPO DE EVENTO	DESCRIÇÃO
Desastres Naturais	Inundações;
	Secas;
	Ventos ciclônicos;
	Sismos.
Ações Humanas	Vandalismo;
	Derramamento acidental de produtos químicos perigosos ou não perigosos.
Incidentes Inesperados	Incêndio;
	Interrupção no abastecimento de energia;
	Falhas em equipamentos eletrônicos e mecânicos;
	Interrupção no abastecimento de água;
	Contaminação de produtos químicos usados na ETA;
	Problemas com contingenciamento de mão de obra;
Contaminação acidental no sistema de abastecimento de água.	

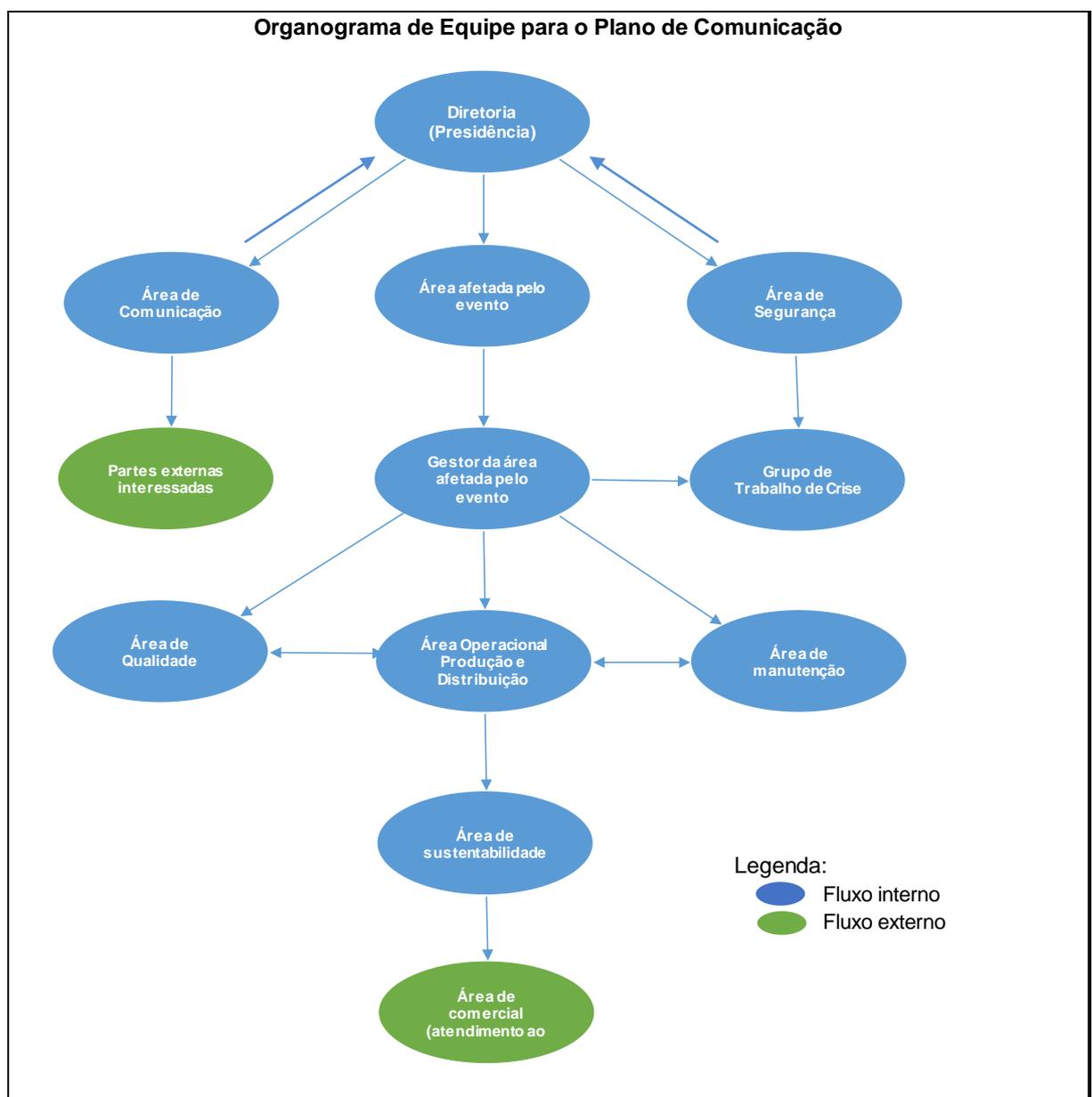
Fonte: Autora, 2021.

5.5.3.1. Fluxo de Comunicação

O procedimento de fluxo de comunicação, foi criado através de um fluxograma para as notificações internas e externas, detalhado na Figura 51.

Outras formas de comunicação que foram listadas para serem usadas são: cartaz (físico e digital), e-mail, envio de Relatórios Periódicos e notificações emergenciais formais as autoridades.

Figura 51. Organograma de fluxo de comunicação



Fonte: ERSAR, 2018, adaptado pela autora 2022.

5.6. APLICAÇÃO DE UM INDICADOR DE AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DO PSA PARA ACOMPANHAMENTO

Para avaliação da eficiência do PSA implantado no sistema constituiu-se um indicador nomeado como IQA_{PSA} .

O indicador do PSA, é cálculo através das análises dos parâmetros de pH, cloro residual livre, fluoretos, cor aparente e turbidez da saída do tratamento e também da rede de distribuição, conforme Tabela 23. E para avaliação da porcentagem utiliza-se da escala conforme Tabela 7.

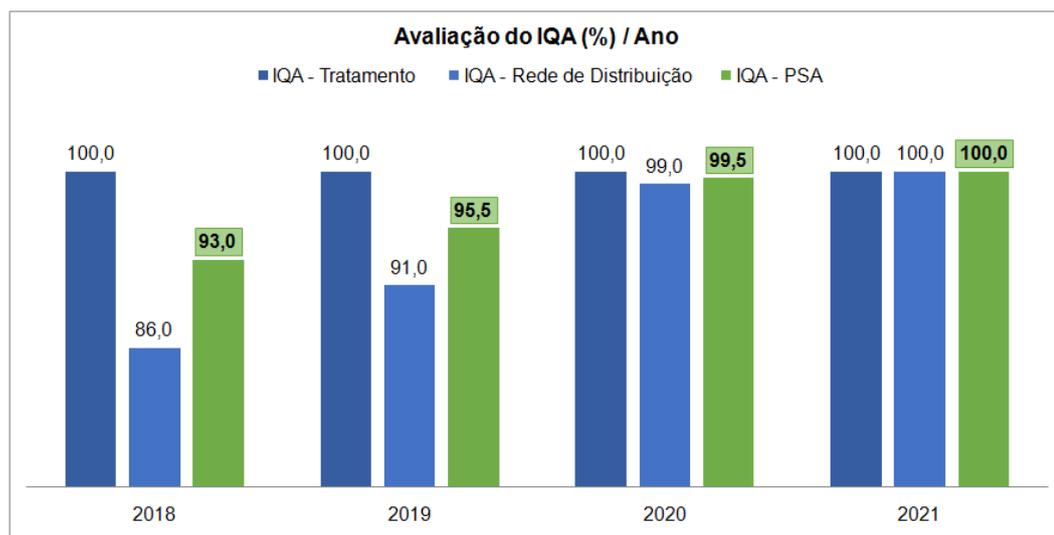
Tabela 23. Planilha de cálculo para o indicador do PSA

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DO PSA		
IQA - Sistema de Tratamento de Água		
Parâmetros	Análises realizadas	Análises em conformidade
pH	*	*
Cor aparente (uH)	*	*
Fluoretos (mg/L)	*	*
Turbidez (uT)	*	*
Cloro residual livre (mg/L)	*	*
TOTAL	1.1- Somatória de análises realizadas na saída do tratamento	2.1- Somatória de análises em conformidade na saída do tratamento
IQA - Tratamento	$(2.1/1.1)*100$	
IQAD - Rede de Distribuição		
Parâmetros	Análises realizadas	Análises em conformidade
pH	*	*
Cor aparente (uH)	*	*
Fluoretos (mg/L)	*	*
Turbidez (uT)	*	*
Cloro residual livre (mg/L)	*	*
TOTAL	1.2- Somatória de análises realizadas na rede de distribuição	2.2- Somatória de análises em conformidade na rede de distribuição
IQAD - Rede de Distribuição	$(2.2/1.2)*100$	
IQA_{PSA}		
TOTAL	1.3- Somatória de análises realizadas na saída do tratamento + rede de distribuição	2.3- Somatória de análises em conformidade na saída do tratamento + rede de distribuição
IQA PSA	$(2.3/1.3)*100$	

Fonte: Autora, 2022.

A Figura 52, demonstra-se os resultados do IQA calculado para o sistema, referente aos anos de 2018 à 2021. Verifica-se que o sistema apresentou uma crescente evolução nos resultados, atingindo em 2021 à porcentagem de 100% do IQA saída do tratamento, rede de distribuição e PSA.

Figura 52. Avaliação do IQA (%) / ano, de referente a 2018 à 2021



Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2023.

O valor baixo do IQA na rede de distribuição no ano de 2018, foi em decorrência de ausência de procedimento para as realizações de manutenções na rede de distribuição. Nesse ano a qualidade da água bruta da represa sofreu mudanças nas suas características físico - químicas, com o aumento de ferro e manganês dissolvidos, sendo necessário a inserção de mais uma etapa, denominada de pré - oxidação no processo de tratamento da água.

A pré - oxidação consistia na dosagem do oxidante, o permanganato de potássio, porém esse produto químico tem em sua formulação o manganês.

Então a água tratada desse sistema apresentava concentrações de manganês dentro do valor de referência, porém de forma oxidada.

Com isso, o manganês ficou presente no sedimento presente na tubulação da rede de distribuição (encrustação).

Nas manobras de paralizações da rede para realizações de intervenções, havia ocorrência da reação do ar que ficava estagnado naquela seção de tubulação com o sedimento. O oxigênio presente no fluido reagia com o manganês do

sedimento, formando o dióxido de manganês. Assim, quando executava-se a volta do sistema, a água potável entrava em contato com o dióxido de manganês ocasionando uma mistura juntamente com o estrangulamento da rede gerando uma água de coloração marrom, conforme Figura 53. Essa água acabava sendo transportada até os cavaletes das residências, pois seguia a dinâmica hidráulica da rede de distribuição, gerando reclamações e a não aceitação da água, pois ocasionava prejuízos aos consumidores como ocorrências de manchas em roupas, compra de água mineral para execução das necessidades diárias e reservatórios internos das residenciais sujos.

Figura 53. Água com coloração marrom escuro chegando na torneira de uma residência



Fonte: Televisão local, 2018.

Para resolução desse problema criaram procedimentos de manutenções e manobras no sistema, implantações de descargas na rede distribuição, associação de outro oxidante na etapa de pré - oxidação e instalações de ponto de controle da qualidade da água (PCQ's) para acompanhamento contínuo da qualidade da água.

Com isso, os efeitos das medidas de controle implantadas na rede de distribuição desse sistema, foram efetivas, passando a partir de 2019 de uma classificação de insatisfatória, para média e logo para uma qualidade boa, acima de 98,5%, impactando diretamente no IQA do PSA.

6. CONCLUSÕES

Em todo o processo de desenvolvimento e implantação do PSA, através da metodologia de se trabalhar com uma equipe multidisciplinar, ficou evidente a importância da participação de todas as áreas, sendo de gestão, operacional, comercial, qualidade e de sustentabilidade para identificação de risco e levantamento de todos os aspectos qualitativos e quantitativos para a segurança hídrica do abastecimento de água potável.

Na descrição das etapas do sistema de tratamento de água utilizou-se de todas as informações da ETA A. O manancial A trata-se de uma represa que em seu entorno há ocorrência de atividades agropecuárias e cultivos de plantações, como também lançamentos de esgotos oriundos de áreas verdes invadidas de forma irregular, gerando riscos de contaminações por agrotóxicos, matéria orgânica e nutrientes. A ETA A possui um tratamento de ciclo completo com estrutura metálica.

A aplicação da matriz de risco pelas áreas envolvidas teve-se a contribuição das áreas, levantando-se todos os riscos, perigos e eventos perigosos através de visitas em campo sem que fosse perdido o rigor técnico necessário para o atendimento as exigências impostas para a elaboração do PSA.

Na identificação dos riscos e perigos através da matriz de risco, a multidisciplinariedade da sua aplicação com uma equipe composta por todas as áreas envolvidas no processo demonstrou eficiência e um conhecimento global de todo sistema, mapeando os possíveis eventos perigosos e variações em cada etapa, desde a água bruta até a entrega no cavalete residencial.

O histórico de análises referentes a água bruta, tratada e distribuída utilizados foram dos dois últimos anos (2020 à 2021), onde apresentou na água bruta resultados com oscilações para os parâmetros de ferro e manganês devido a característica do sedimento de fundo e variações do nível da represa. Observou-se também nos resultados da série de nitrogênio e densidade de cianobactérias uma atividade de estágio de eutrofização na represa. A água potável oriunda da ETA A apresentou todos os parâmetros dentro do valor de referência da Portaria GM/MS nº888/2021 demonstrando a eficiência do processo de tratamento.

Os documentos de gestão e o plano de comunicação e emergência foram elaborados seguindo na composição o envolvimento e comprometimento da alta

gestão até a área operacional para maior clareza e assertividade das ações a serem seguidas em situações emergenciais. O plano de amostragem da água do sistema levou em consideração na sua formação o histórico de dados analíticos dos dois últimos anos como também o atendimento do escopo mínimo de controle descrito na Portaria GM/MS nº888/2021.

Para o acompanhamento da eficiência do PSA implantado sugeriu um indicador de avaliação de eficiência do plano, nomeado como IQA_{PSA} . O seu cálculo foi realizado através das análises realizadas dos parâmetros de pH, cloro residual livre, fluoretos, cor aparente e turbidez da saída do tratamento e da rede de distribuição.

O valor baixo do IQA na rede de distribuição no ano de 2018 foi em decorrência de ausência de procedimento para as realizações de manutenções na rede de distribuição e mudança na qualidade da água bruta devido ao aumento de ferro e manganês dissolvidos, sendo necessário a inserção de mais uma etapa denominada de pré - oxidação no processo de tratamento da água.

Para resolução desse problema criou-se um procedimento para manutenções no sistema, implantações de descargas na rede distribuição, associação de outro oxidante na etapa de pré - oxidação e instalações de ponto de controle da qualidade da água (PCQ's) para acompanhamento contínuo.

Os efeitos das medidas de controle implantadas no sistema foram efetivas, passando a partir de 2019 de uma classificação de insatisfatória, para média e logo para uma qualidade boa, acima de 98,5%, impactando diretamente no IQA do PSA. O escopo de parâmetros escolhido caracterizam a integridade e manutenção do fluxo de abastecimento de água com uniformidade e qualidade.

De posse dos resultados e levantamentos pode-se concluir que a multidisciplinariedade propiciou ao estudo (documento final) uma visão e avaliação global de todo sistema.

7. RECOMENDAÇÕES

Atualmente a elaboração do PSA em Sistemas de Abastecimento de Água, avaliam os riscos apenas associados em resultados analíticos e ensaios com Jar Test, porém sua avaliação precisa ser mais abrangente que apenas um manual de operações, ela precisa ter a participação de todos em sua concepção, trabalhando de fato com uma equipe multidisciplinar efetiva.

O cenário brasileiro devido ao Novo Marco Legal do Saneamento Básico, vem trazendo a participação privada juntamente com a pública, em leilões de blocos operacionais que desafiam a elaboração do PSA, pois pode-se ter um sistema dividido em parte de responsabilidade gerando uma efetiva necessidade da participação de todos na elaboração do plano, pois mesmo que as responsabilidades são divididas através dos chamados Sistemas Upstream, não se elabora um Plano de Contingência e Emergência de forma separada e a avaliação de eficiência é global.

Recomenda-se trabalhos com propostas de implantação de um Plano de Segurança da Água, utilizando-se de equipe multidisciplinar, com o envolvimento de todas as áreas, para Sistemas ou Soluções de Abastecimento de Água Coletivo ou Individual, com a utilização de séries históricas dos dois últimos anos. Como também da avaliação da Vigilância Sanitária dos municípios envolvido, quanto ao cumprimento dos Art. 49 da Portaria GM/NS N° 888/21, da metodologia do conteúdo preconizado pela Organização Mundial da Saúde e diretrizes do Ministério da Saúde para fins de gestão preventiva de risco à saúde. A Vigilância Sanitária como papel de autoridades de saúde pública tem em como lei o prazo máximo de 120 dias, para emissão do parecer técnico, conforme estabelecido no § 1° do Art. 50 da Portaria GM/NS N° 888/21.

Além disso, sugere-se também pesquisas para o desenvolvimento da avaliação de risco através de projeto piloto para elaboração e implantação do Plano de Segurança de Saneamento Básico.

REFERÊNCIAS

ANA, Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do BRASIL, 2012. Disponível em:<https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf>. Acesso: 23, Jan, 2023.

APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th edition, Washington, USA, 2005.

ARAUJO, F. L., CAMARGO, P. F., NETTO, T. A., VERNIN, S. N., ANDRADE, C. R. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. *Ciência & Saúde Coletiva*, 27(7):2935-2947, 2022.

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

BARTRAM, J., CORRALES, L., DAVISON, A., DEERE, D., DRURY, D., GORDON, H.G., RINEHOLD, A., STEVENS, M. *Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. World Health Organization, Geneva, 2009.

BRASIL, Decreto Federal nº. 5.440, de 04 de maio de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, maio de 2005.

BRASIL, Lei Federal nº. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, janeiro de 1997.

BRASIL, Portaria Federal nº. 05, de 03 de outubro de 2017. Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, outubro de 2017.

BRASIL, Portaria Federal nº. 1469, de 29 de dezembro de 2000. Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, dezembro de 2000.

BRASIL, Portaria Federal nº. 2472, de 28 de setembro de 2021. Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, setembro de 2021.

BRASIL, Portaria Federal nº. 2914, de 12 de dezembro de 2011. Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, dezembro de 2011.

BRASIL, Portaria Federal nº. 36, de 19 de janeiro de 1990. Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, janeiro de 1990.

BRASIL, Portaria Federal nº. 518, de 25 de março de 2004. Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, março de 2004.

BRASIL, Portaria Federal nº. 56, de 14 de março de 1977. Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, janeiro de 1977.

BRASIL, Portaria Federal nº. 888, de 04 de maio de 2021. Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, maio de 2021.

BRASIL, Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, março de 2005.

BRASIL, Resolução nº. 396, de 03 de abril de 2008. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, abril de 2008.

BRASIL, Resolução nº. 430, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, março de 2011.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Brasil, 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Novo Marco Legal do Saneamento Básico. Brasil, 2020.

CICOGNA, M. P. V., TONETO J. R. Análise crítica dos indicadores econômico financeiros definidos no Decreto nº 10.710 e a situação dos prestadores de serviços (2015–2019). Eng Sanit Ambient | v.27 n.5 | 995-1006 (set/out 2022).

DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, 1246 páginas, 2017.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. 1ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, 540 páginas, 2012.

ERSAR - Guias Técnicos, Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços Águas e Resíduos prestados aos utilizadores, ERSAR, 2021.

ERSAR - Guias Técnicos, Plano de Comunicação para Emergências(s) na Qualidade da Água para Consumo Humano, ERSAR, 2018.

ISMAIL, I. L. A. Plano de Segurança da Água de Lavagem de Filtros de Estações de Tratamento de Água de Ciclo Completo. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental– Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2020.

JUNIOR, R. C. J, SANTOS, M. E, ROCHA, D., Análise estatística multivariada para estudo da percepção socioambiental em um núcleo metropolitano. INTERAÇÕES, Campo Grande, MS, v. 23, n. 3, p. 685-702, (jul./set. 2022).

KERRY, J. H.; DAVID, W. H.; JOHN, C. C. Principles of Water Treatment. 1. ed. New Jersey, EUA: Ed. John Wiley & Sons, INC, 2012. 654 p.

LEITE, C. H. P.; MOITA, N. J. M.; BEZERRA, A.K.L. Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. Eng Sanit Ambient | v.27 n.5 | 1041-1047 (set/out 2022).

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010.

MARTINS, S. A., SANTOS, A. J. A., HANDAM, B. N., FONSECAS, M. J. R. ROMERO. Quality of raw water in the Guandu Basin of Rio de Janeiro state during water crisis of 2020. *Rev. Ambient. Água* vol. 16 n. 4, e2703 - Taubaté 2021.

OLIVEIRA, T. W., SAIANI, S. C. C., Trade-off Custo-Qualidade na Provisão de Saneamento Básico no Brasil . *Estud. Econ.*, São Paulo, vol.52 n.4, p.769-808, (out/dez. 2022).

OSSEIRAN, N., CHRISCADEN, K., LUFADÉJU, Y., e TIDEY, C. Media Centre. Fonte: News release da OMS e UNICEF em 12/07/2017. Disponível em; <<http://www.who.int/mediacentre/News/release/2017/water-sanitation-hygiene/em/>>. Acesso em 30/10/2022.

PIMENTEL, B. L., MITERHOF, T. M. O financiamento dos serviços de água e esgoto: análise do passado recente (2016-2019) e desafios da diversificação de fontes para chegar à universalização. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 31, n. 3 (76), p. 735-770, (set/dez 2022).

PIVELI, P. R, KATO, T. M. Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico - Químicos. 1ª Edição. São Paulo: Editora ABES, 285 páginas, 2006.

SAAE - Plano de Segurança da Água, SAAE Indaiatuba, 2018.

SANEAMENTO 2021 [livro eletrônico] : balanço e perspectivas após aprovação do novo marco legal Lei 14.026/2020 / Paula Pollini ... [et al.] ; coordenação Marussia Whately. – São Paulo: IAS, 2021. Disponível em: <<https://www.aguaesaneamento.org.br/publicacoes/saneamento-2021-publicacao/>> Acesso: 23, Jan, 2023.

POLICONTROL - Instrumentos Analíticos - Disponível em: <<https://policontrol.com.br/product-category/laboratorio-e-campo/jar-test/>> Acesso em: 16 de junho de 2021.

RICHTER, C. & AZEVEDO NETO, J. M. , 1991, Tratamento de água – Tecnologia atualizada, 1ª Ed, São Paulo, Edgard Blücher Ltda.

SANT'ANNA, A., ROCHA, ROMERO. Corra se for capaz: impactos de investimentos em saneamento sobre saúde, usando o tempo das obras como variação exógena. *Estud. Econ.*, São Paulo, vol.52 n.4, p.657-693, (out./dez. 2022).

SILVA, T. A. da, DUARTE, M. L. ., COELHO, C. M. de P., GUANDIQUE, M. E. G., & COSTA, . H. S. (2022). Uso da terra e sua influência na qualidade da água em uma represa de abastecimento de água no município de Sorocaba – SP. *Revista Do Departamento De Geografia*, 42, e 188984. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.188984>.

STEVENS, M., HOWARD, G, DAVISON, A., BARTRAM, J. and Deere, D. Risk management for distribution systems. Chapter 7 in Safe Piped Water: Managing Microbial Water Quality in Piped Distribution Systems. Editado por Richard Ainsworth. Publicado por IWA, Londres, Reino Unido, 2004.

ROSSO, A., LAMIN, C. P., SILVA, A. L. Plano de Segurança da Água: Apoio na Elaboração e Implantação em Autarquia Municipal. Jaguará do Sul - SC; 46^o Assembléia Nacional da Assemae, 2016.

TRATA BRASIL, Painel do Saneamento Básico. Nota Técnica 1, 2023. Disponível em: < https://www.painelsaneamento.org.br/docs/nota_tecnica_01.pdf >. Acesso: 23, Jan, 2023.

TRATA BRASIL, Painel do Saneamento Básico. Nota Técnica 5, 2023. Disponível em: < https://www.painelsaneamento.org.br/docs/nota_tecnica_05.pdf >. Acesso: 23, Jan, 2023.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 1. ed. São Paulo: Ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento da EPUSP; Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

VENTURA, S. K. B., FILHO, V. P., NASCIMENTO, G. S. Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guaraú, em São Paulo. Eng Sanit Ambient | v.24 n.1 | 109-119 (jan/fev 2019).

VIANNA, M R., 2002, Hidráulica aplicadas as estações de tratamento de água, 1^a Ed, Belo Horizonte, Imprimatur.

WHO. World Health Organization. Guidelines for drinking-water Quality. Geneva: WHO. Fourth edition, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A

As Tabelas 24 a 39 são referentes aos resultados analíticos do monitoramento operacional semestral da água bruta e água potável.

Tabela 24. Resultado da primeira semestral da água bruta de 2020 - art 15. Conama nº357/2005 (parte 1)

Captação - Controle Semestral - 1/2020- Água Bruta - parte 1		
Data	Parâmetro	Resultado
15/07/2020	Clorofila a µg/L	0,8
	Densidade de Cianobactérias (cel/mL)	16335
	Corantes Provenientes de Fontes Antrópicas	Virtualmente ausentes
	Cor Verdadeira (mg Pt/L)	15
	Partículas Flutuantes	Virtualmente ausentes
	Óleos e Graxas Totais	Virtualmente ausentes
	Resíduos Sólidos Objetáveis	Virtualmente ausentes
	DBO - 5 dias (mg/L)	2
	Turbidez (UNT)	5,5
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	110
	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,72
	Sulfeto de hidrogênio (mg/L)	N.D
	Cianetos livres (destiláveis por ácidos fracos) (mg/L)	N.D
	Cloreto (mg/L)	10,6
	Nitrito (como N) (mg/L)	N.D
	Nitrato (como N) (mg/L)	0,09
	Sulfato (mg/L)	4,9
	Glifosato (µg/L)	N.D
	Índice de Fenóis (mg/L)	N.D
	Substâncias Tensoativas que Reagem com o Azul de Metileno (mg/L)	<0,1
	Odor	Virtualmente ausentes
	Fósforo Total (mg/L)	0,02
	Alumínio Dissolvido (mg/L)	N.D
	Antimônio Total (mg/L)	< 0,0005
	Arsênio Total (mg/L)	0,0006
	Bário Total (mg/L)	0,0658
	Berílio Total (mg/L)	< 0,0002
	Boro Total (mg/L)	< 0,05
	Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005
	Chumbo Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobalto Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobre Dissolvido (mg/L)	N.D
	Cromo Total (mg/L)	0,0008
	Ferro Dissolvido (mg/L)	0,674
	Lítio Total (mg/L)	< 0,001
	Manganês Total (mg/L)	0,249
	Mercúrio Total (mg/L)	N.D
	Níquel Total (mg/L)	< 0,001
	Prata Total (mg/L)	N.D
	Selênio Total (mg/L)	< 0,005
	Vanádio Total (mg/L)	< 0,0005
	Zinco Total (mg/L)	< 0,05
Urânio Total (mg/L)	< 0,00005	
Ceriodaphnia dubia	Não Tóxico	
Acrilamida (µg/L)	N.D	
Benzo(a)antraceno (µg/L)	N.D	
Benzo(a)pireno (µg/L)	N.D	
Benzo(b)fluoranteno (µg/L)	N.D	
Benzo(k)fluoranteno (µg/L)	N.D	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 25. Resultado da primeira semestral da água bruta de 2020 - art 15.
Conama nº357/2005 (parte 2)

Captação - Controle Semestral - 1/2020- Água Bruta - parte 2		
Data	Parâmetro	Resultado
15/07/2020	Indeno[1,2,3-cd]pireno (µg/L)	N.D
	Dibenzo(a,h)antraceno (µg/L)	N.D
	Somatório de PCBs (µg/L)	N.D
	2,4,5-T (µg/L)	N.D
	2,4,5-TP (µg/L)	N.D
	2,4-D (µg/L)	N.D
	2,4-Diclorofenol (µg/L)	N.D
	2-Clorofenol (µg/L)	N.D
	Alacloro (µg/L)	N.D
	Aldrin + Dieldrin (µg/L)	N.D
	Atrazina (µg/L)	N.D
	Benzidina (µg/L)	N.D
	Carbaril (µg/L)	N.D
	Clordano (cis + trans) (µg/L)	N.D
	Criseno (µg/L)	N.D
	(DDT + DDE + DDD) (µg/L)	N.D
	Demeton (Demeton-O + Demeton-S) (µg/L)	N.D
	Endossulfan (Alfa + Beta + Sulfato) (µg/L)	N.D
	Endrin(µg/L)	N.D
	Heptacloro + Heptacloro Epóxido (µg/L)	N.D
	Hexaclorobenzeno (µg/L)	N.D
	Malation (µg/L)	N.D
	Metolacloro (µg/L)	N.D
	Metoxicloro (µg/L)	N.D
	Paration (µg/L)	N.D
	Simazina (µg/L)	N.D
	Toxafeno(µg/L)	N.D
	Trifluralina (µg/L)	N.D
	Gution (azinhos metil) (µg/L)	N.D
	Gama-HCH (Lindano) (µg/L)	N.D
	Dodecacloro Pentaciclodecano (µg/L)	N.D
	2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	N.D
	Pentaclorofenol (mg/L)	N.D
	Tributilestanho(µg/L)	N.D
	Etilbenzeno(µg/L)	N.D
	Tolueno (µg/L)	N.D
	Xilenos (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (mg/L)	N.D
	1,1-Dicloroetano (mg/L)	N.D
	Benzeno (mg/L)	N.D
	Diclorometano (mg/L)	N.D
	Estireno (mg/L)	N.D
	Tetracloro de Carbono (mg/L)	N.D
Tetracloroetano (mg/L)	N.D	
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB) (mg/L)	N.D	
1,1,2-Tricloroetano (mg/L)	N.D	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,9	
pH	7,53	
Cloro Total (mg/L)	0,51	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	490	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 26. Resultado da segunda semestral da água bruta de 2020 - art 15.

Conama nº357/2005 (parte 1)

Captação - Controle Semestral - 2/2020 - Água Bruta - parte 1		
Data	Parâmetro	Resultado
02/12/2020	Clorofila a µg/L	1,1
	Densidade de Cianobactérias (cel/mL)	2070
	Corantes Provenientes de Fontes Antrópicas	Virtualmente ausentes
	Cor Verdadeira (mg Pt/L)	25
	Partículas Flutuantes	Virtualmente ausentes
	Óleos e Graxas Totais	Virtualmente ausentes
	Resíduos Sólidos Objetáveis	Virtualmente ausentes
	DBO - 5 dias (mg/L)	5
	Turbidez (UNT)	10,06
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	130
	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,41
	Sulfeto de hidrogênio (mg/L)	N.D
	Fluoreto (mg/L)	N.D
	Cianetos livres (destiláveis por ácidos fracos) (mg/L)	N.D
	Cloreto (mg/L)	13,9
	Nitrito (como N) (mg/L)	N.D
	Nitrato (como N) (mg/L)	0,09
	Sulfato (mg/L)	3
	Glifosato (µg/L)	N.D
	Índice de Fenóis (mg/L)	N.D
	Substâncias Tensoativas que Reagem com o Azul de Metileno (mg/L)	N.D
	Odor	Virtualmente ausentes
	Fósforo Total (mg/L)	0,02
	Alumínio Dissolvido (mg/L)	N.D
	Antimônio Total (mg/L)	< 0,0005
	Arsênio Total (mg/L)	0,0011
	Bário Total (mg/L)	0,0658
	Berílio Total (mg/L)	< 0,0002
	Boro Total (mg/L)	< 0,05
	Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005
	Chumbo Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobalto Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobre Dissolvido (mg/L)	N.D
	Cromo Total (mg/L)	< 0,0005
	Ferro Dissolvido (mg/L)	1,916
	Lítio Total (mg/L)	0,008
	Manganês Total (mg/L)	0,262
	Mercúrio Total (mg/L)	N.D
	Níquel Total (mg/L)	< 0,001
	Prata Total (mg/L)	N.D
	Selênio Total (mg/L)	< 0,005
Vanádio Total (mg/L)	< 0,0005	
Zinco Total (mg/L)	< 0,05	
Urânio Total (mg/L)	< 0,00005	
Ceriodaphnia dubia	Não Tóxico	
Acrilamida (µg/L)	N.D	
Benzo(a)antraceno (µg/L)	N.D	
Benzo(a)pireno (µg/L)	N.D	
Benzo(b)fluoranteno (µg/L)	N.D	
Benzo(k)fluoranteno (µg/L)	N.D	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 27. Resultado da segunda semestral da água bruta de 2020 - art 15.

Conama nº357/2005 (parte 2)

Captação - Controle Semestral - 2/2020 - Água Bruta - parte 2		
Data	Parâmetro	Resultado
02/12/2020	Indeno[1,2,3-cd]pireno (µg/L)	N.D
	Dibenzo(a,h)antraceno (µg/L)	N.D
	Somatório de PCBs (µg/L)	N.D
	2,4,5-T (µg/L)	N.D
	2,4,5-TP (µg/L)	N.D
	2,4-D (µg/L)	N.D
	2,4-Diclorofenol (µg/L)	N.D
	2-Clorofenol (µg/L)	N.D
	Alacloro (µg/L)	N.D
	Aldrin + Dieldrin (µg/L)	N.D
	Atrazina (µg/L)	N.D
	Benzidina (µg/L)	N.D
	Carbaril (µg/L)	N.D
	Clordano (cis + trans) (µg/L)	N.D
	Criseno (µg/L)	N.D
	(DDT + DDE + DDD) (µg/L)	N.D
	Demeton (Demeton-O + Demeton-S) (µg/L)	N.D
	Endossulfan (Alfa + Beta + Sulfato) (µg/L)	N.D
	Endrin(µg/L)	N.D
	Heptacloro + Heptacloro Epóxido (µg/L)	N.D
	Hexaclorobenzeno (µg/L)	N.D
	Malation (µg/L)	N.D
	Metolacloro (µg/L)	N.D
	Metoxicloro (µg/L)	N.D
	Paration (µg/L)	N.D
	Simazina (µg/L)	N.D
	Toxafeno(µg/L)	N.D
	Trifluralina (µg/L)	N.D
	Gution (azinhos metil) (µg/L)	N.D
	Gama-HCH (Lindano) (µg/L)	N.D
	Dodecacloro Pentaciclodecano (µg/L)	N.D
	2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	N.D
	Pentaclorofenol (mg/L)	N.D
	Toxafeno (µg/L)	N.D
	Tributilestanho(µg/L)	N.D
	Etilbenzeno(µg/L)	N.D
	Tolueno (µg/L)	N.D
	Xilenos (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (mg/L)	N.D
	1,1-Dicloroetano (mg/L)	N.D
	Benzeno (mg/L)	N.D
	Diclorometano (mg/L)	N.D
Estireno (mg/L)	N.D	
Tetracloroeto de Carbono (mg/L)	N.D	
Tetracloroetano (mg/L)	N.D	
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB) (mg/L)	N.D	
1,1,2-Tricloroetano (mg/L)	N.D	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,8	
pH	7,18	
Cloro Total (mg/L)	N.D	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	260	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 28. Resultado da primeira semestral da água bruta de 2021 - art 22. da Portaria GM/MS nº888/2021 (parte 1)

Captação - Controle Semestral - 1/2021 - Água Bruta - parte 1		
Data	Parâmetro	Resultado
	Clorofila a µg/L	< 0,5
	Densidade de Cianobactérias (cel/mL)	<1
	Corantes Provenientes de Fontes Antrópicas	Virtualmente ausentes
	Cor Verdadeira (mg Pt/L)	15
	Partículas Flutuantes	Virtualmente ausentes
	Óleos e Graxas Totais	Virtualmente ausentes
	Resíduos Sólidos Objetáveis	Virtualmente ausentes
	DBO - 5 dias (mg/L)	1
	Turbidez (UNT)	4,84
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	121
	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,854
	Sulfeto de hidrogênio (mg/L)	N.D
	Fluoreto (mg/L)	<0,30
	Cianetos livres (destiláveis por ácidos fracos) (mg/L)	<0,002
	Cloreto (mg/L)	15,1
	Nitrito (como N) (mg/L)	N.D
	Nitrato (como N) (mg/L)	0,09
	Sulfato (mg/L)	2,5
	Glifosato (µg/L)	N.D
	Índice de Fenóis (mg/L)	N.D
	Substâncias Tensoativas que Reagem com o Azul de Metileno (mg/L)	<0,1
	Odor	Virtualmente ausentes
	Fósforo Total (mg/L)	0,02
	Alumínio Dissolvido (mg/L)	0,008
30/06/2021	Antimônio Total (mg/L)	0,008
	Arsênio Total (mg/L)	0,0009
	Bário Total (mg/L)	0,0637
	Berílio Total (mg/L)	< 0,0002
	Boro Total (mg/L)	< 0,05
	Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005
	Chumbo Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobalto Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobre Dissolvido (mg/L)	N.D
	Cromo Total (mg/L)	0,0022
	Ferro Dissolvido (mg/L)	1,486
	Lítio Total (mg/L)	< 0,001
	Manganês Total (mg/L)	0,137
	Mercurio Total (mg/L)	N.D
	Níquel Total (mg/L)	< 0,001
	Prata Total (mg/L)	N.D
	Selênio Total (mg/L)	< 0,005
	Vanádio Total (mg/L)	< 0,0005
	Zinco Total (mg/L)	< 0,05
	Urânio Total (mg/L)	< 0,00005
	Acrilamida (µg/L)	N.D
	Benzo(a)antraceno (µg/L)	N.D
	Benzo(a)pireno (µg/L)	N.D
	Benzo(b)fluoranteno (µg/L)	N.D
	Benzo(k)fluoranteno (µg/L)	N.D
	Indeno[1,2,3-cd]pireno (µg/L)	N.D

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 29. Resultado da primeira semestral da água bruta de 2021 - art 22.
da Portaria GM/MS nº888/2021 (parte 2)

Captação - Controle Semestral - 1/2021 - Água Bruta - parte 2		
Data	Parâmetro	Resultado
30/06/2021	Indeno[1,2,3-cd]pireno (µg/L)	N.D
	Dibenzo(a,h)antraceno (µg/L)	N.D
	Somatório de PCBs (µg/L)	N.D
	2,4,5-T (µg/L)	N.D
	2,4,5-TP (µg/L)	N.D
	2,4-D (µg/L)	N.D
	2,4-Diclorofenol (µg/L)	N.D
	2-Clorofenol (µg/L)	N.D
	Alacloro (µg/L)	N.D
	Aldrin + Dieldrin (µg/L)	N.D
	Atrazina (µg/L)	N.D
	Benzidina (µg/L)	N.D
	Carbaril (µg/L)	N.D
	Clordano (cis + trans) (µg/L)	N.D
	Criseno (µg/L)	N.D
	(DDT + DDE + DDD) (µg/L)	N.D
	Demeton (Demeton-O + Demeton-S) (µg/L)	N.D
	Endossulfan (Alfa + Beta + Sulfato) (µg/L)	N.D
	Endrin(µg/L)	N.D
	Heptacloro + Heptacloro Epóxido (µg/L)	N.D
	Hexaclorobenzeno (µg/L)	N.D
	Metolacloro (µg/L)	N.D
	Metoxicloro (µg/L)	N.D
	Paration (µg/L)	N.D
	Simazina (µg/L)	N.D
	Toxafeno(µg/L)	N.D
	Trifluralina (µg/L)	N.D
	Gution (azinhos metil) (µg/L)	N.D
	Gama-HCH (Lindano) (µg/L)	N.D
	Dodecacloro Pentaciclodecano (µg/L)	N.D
	2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	N.D
	Pentaclorofenol (mg/L)	N.D
	Toxafeno (µg/L)	N.D
	Tributilestanho(µg/L)	N.D
	Etilbenzeno(µg/L)	N.D
	Tolueno (µg/L)	N.D
	Xilenos (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (mg/L)	N.D
	1,1-Dicloroetano (mg/L)	N.D
	Benzeno (mg/L)	N.D
	Diclorometano (mg/L)	N.D
	Estireno (mg/L)	N.D
	Tetracloroeto de Carbono (mg/L)	N.D
Tetracloroetano (mg/L)	N.D	
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB) (mg/L)	N.D	
1,1,2-Tricloroetano (mg/L)	N.D	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,7	
pH	6,61	
Cloro Total (mg/L)	N.D	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	16000	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 30. Resultado da segunda semestral da água bruta de 2021 - art 22. da Portaria GM/MS nº888/2021 (parte 1)

Captação - Controle Semestral - 2/2021 - Água Bruta - parte 1		
Data	Parâmetro	Resultado
	Clorofila a µg/L	<0,050000
	Densidade de Cianobactérias (cel/mL)	< 1
	Corantes Provenientes de Fontes Antrópicas	Ausente
	Cor Verdadeira (mg Pt/L)	18,5
	Partículas Flutuantes	Ausente
	Óleos e Graxas Totais	Ausente
	Resíduos Sólidos Objetáveis	Ausente
	DBO - 5 dias (mg/L)	<2,0000
	Turbidez (UNT)	3,65
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	160
	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	<0,050
	Sulfeto de hidrogênio (mg/L)	<0,0010
	Fluoreto (mg/L)	<0,5000
	Cianetos livres (destiláveis por ácidos fracos) (mg/L)	<0,002000
	Cloreto (mg/L)	13,126
	Nitrito (como N) (mg/L)	<0,5000
	Nitrato (como N) (mg/L)	0,654
	Sulfato (mg/L)	3,625
	Glifosato (µg/L)	<50,000000
	Índice de Fenóis (mg/L)	<0,001000
	Odor	Ausente
	Fósforo Total (mg/L)	<0,010000
	Alumínio Dissolvido (mg/L)	0,037
	Antimônio Total (mg/L)	<0,01000
	Arsênio Total (mg/L)	<0,005000
	Bário Total (mg/L)	0,107
09/12/2021	Berílio Total (mg/L)	<0,001000
	Boro Total (mg/L)	0,017
	Cádmio Total (mg/L)	<0,001000
	Chumbo Total (mg/L)	<0,005000
	Cobalto Total (mg/L)	<0,005000
	Cobre Dissolvido (mg/L)	<0,0090
	Cromo Total (mg/L)	<0,005000
	Ferro Dissolvido (mg/L)	0,2866
	Lítio Total (mg/L)	<0,2000
	Manganês Total (mg/L)	<0,005000
	Mercúrio Total (mg/L)	<0,00010
	Níquel Total (mg/L)	<0,0050
	Prata Total (mg/L)	<0,005000
	Selênio Total (mg/L)	0,0051
	Vanádio Total (mg/L)	<0,005000
	Zinco Total (mg/L)	0,0379
	Urânio Total (mg/L)	<0,010000
	Acrilamida (µg/L)	<0,150000
	Benzeno (mg/L)	<0,002000
	Benzo(a)antraceno (µg/L)	<0,005
	Benzo(a)pireno (µg/L)	<0,005000
	Benzo(b)fluoranteno (µg/L)	<0,005000
	Benzo(k)fluoranteno (µg/L)	<0,005
	Indeno[1,2,3-cd]pireno (µg/L)	<0,005
	Dibenzo(a,h)antraceno (µg/L)	<0,005
	Somatório de PCBs (µg/L)	<0,0050
	2,4,5-T (µg/L)	<1,0000

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 31. Resultado da segunda semestral da água bruta de 2021 - art 22.
da Portaria GM/MS nº888/2021 (parte 2)

Captação - Controle Semestral - 2/2021 - Água Bruta - parte 2		
Data	Parâmetro	Resultado
09/12/2021	2,4,5-TP (µg/L)	<0,0050
	2,4-D (µg/L)	<2,0000
	2,4-Diclorofenol (µg/L)	<0,005
	2-Clorofenol (µg/L)	<0,005
	Alacloro (µg/L)	<0,005
	Aldrin + Dieldrin (µg/L)	<0,0100
	Atrazina (µg/L)	<0,005
	Azinfós metil (µg/L)	<0,005000
	Benzidina (µg/L)	<0,002000
	Carbaril (µg/L)	<0,005
	Clordano (cis + trans) (µg/L)	<0,00500
	Criseno (µg/L)	<0,005
	(DDT + DDE + DDD) (µg/L)	<0,005000
	Demeton (Demeton-O + Demeton-S) (µg/L)	<0,010
	Dodecacloro Pentaciclodecano (µg/L)	<0,005000
	Endossulfan (Alfa + Beta + Sulfato) (µg/L)	<0,025
	Endrin(µg/L)	<0,0050
	Heptacloro + Heptacloro Epóxido (µg/L)	<0,010
	Hexaclorobenzeno (µg/L)	<0,0050
	Malation (µg/L)	<0,005000
	Metolacloro (µg/L)	<0,005
	Metoxicloro (µg/L)	<0,0050
	Paration (µg/L)	<0,0050
	Simazina (µg/L)	<0,005
	Toxafeno(µg/L)	<0,0100
	Trifluralina (µg/L)	<0,005000
	Surfactante (mg/L)	<0,0500
	Gama-HCH (Lindano) (µg/L)	<0,0050
	2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	<0,0000
	Pentaclorofenol (mg/L)	<0,0000
	Toxafeno (µg/L)	<0,0100
	Tributilestanho(µg/L)	<0,005000
	Etilbenzeno(µg/L)	<2,000000
	Tolueno (µg/L)	<1,000000
	Xilenos (µg/L)	< 6,00
	1,2-Dicloroetano (mg/L)	<0,002000
	1,1-Dicloroetano (mg/L)	<0,002000
	Diclorometano (mg/L)	<0,005000
	Estireno (mg/L)	<0,001000
	Tetracloroeto de Carbono (mg/L)	<0,001000
	Tetracloroetano (mg/L)	<0,005000
	Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB) (mg/L)	<0,005000
1,1,2-Tricloroetano (mg/L)	<0,005000	
Lítio (mg/L)	<0,2000	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,27	
Indeno (1,2,3-c,d) pireno (µg/L)	<0,005	
pH	7,3	
Cloro Total (mg/L)	0,01	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	<1	
Indeno (1,2,3-c,d) pireno (µg/L)	<0,005	
pH	7,3	
Cloro Total (mg/L)	0,01	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	<1	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 32. Resultado da primeira semestral da água potável de 2020
Portaria da Consolidação nº 05/2017 (parte 1)

Portaria - 1/2020 - Água tratada - Saída do Tratamento - parte 1		
Data	Parâmetro	Resultado
12/07/2020	Microcistina (µg/L)	N.D
	Saxitoxinas (µg/L)	<0,02
	Bromato (mg/L)	0,02
	Clorito (mg/L)	N.D
	Cloraminas Total (mg/L)	0,29
	Cianetos (mg/L)	N.D
	Nitrato (como N) (mg/L)	0,39
	Nitrito (como N) (mg/L)	N.D
	Glifosato + AMPA (µg/L)	N.D
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	167
	Substâncias Tensoativas que Reagem com o Azul de Metileno (mg/L)	<0,1
	Sulfeto de hidrogênio (mg/L)	N.D
	Turbidez (uT)	0,2
	Cloreto (mg/L)	41,2
	Sulfato (mg/L)	4,4
	Amônia (mg/L)	N.D
	Cor Aparente (uH)	10
	Antimônio Total (mg/L)	< 0,0005
	Arsênio Total (mg/L)	0,0002
	Bário Total (mg/L)	0,0597
	Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005
	Chumbo Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobre Total (mg/L)	< 0,005
	Cromo Total (mg/L)	< 0,0005
	Mercúrio Total (mg/L)	N.D
	Níquel Total (mg/L)	< 0,001
	Selênio Total (mg/L)	< 0,005
	Urânio Total (mg/L)	< 0,00005
	Alumínio Total (mg/L)	< 0,005
	Dureza Total (mg/L)	52,54
	Ferro Total (mg/L)	0,008
	Manganês Total (mg/L)	0,003
	Sódio Total (mg/L)	27,03
	Zinco Total (mg/L)	< 0,05
	Ácidos haloacéticos total (mg/L)	N.D
	Acrilamida (µg/L)	N.D
	Alacloro (µg/L)	N.D
	Aldicarbe + Aldicarbe sulfona + Aldicarbe sulfóxido (µg/L)	N.D
	Aldrin + Dieldrin (µg/L)	N.D
	Atrazina (µg/L)	N.D
	Carbendazim + benomil (µg/L)	N.D
Carbofurano (µg/L)	N.D	
Clorpirifós + clorpirifós-oxon (µg/L)	N.D	
(DDT + DDE + DDD) (µg/L)	N.D	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 33. Resultado da primeira semestral da água potável de 2020
Portaria da Consolidação nº 05/2017 (parte 2)

Portaria - 1/2020 - Água tratada - Saída do Tratamento - parte 2		
Data	Parâmetro	Resultado
12/07/2020	Diuron (µg/L)	N.D
	Endossulfan (Alfa + Beta + Sulfato) (µg/L)	N.D
	Endrin (µg/L)	N.D
	Gama-HCH (Lindano) (µg/L)	N.D
	Mancozebe (µg/L)	N.D
	Metamidofós (µg/L)	N.D
	Metolacoloro (µg/L)	N.D
	Molinato (µg/L)	N.D
	Metil Paration (µg/L)	N.D
	Pendimetalina (µg/L)	N.D
	Permetrina (µg/L)	N.D
	Profenofós (µg/L)	N.D
	Simazina (µg/L)	N.D
	Tebuconazol (µg/L)	N.D
	Terbufós (µg/L)	N.D
	Trifluralina (µg/L)	N.D
	2,4 D + 2,4,5 T (µg/L)	N.D
	trans-Clordano (GamaClordano)(µg/L)	N.D
	Benzo(a)pireno (µg/L)	N.D
	Bis(2-Etilhexil)Ftalato (µg/L)	N.D
	Pentaclorofenol (µg/L)	N.D
	2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	N.D
	Benzeno (µg/L)	N.D
	1,1-Dicloroetano (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (cis+trans) (µg/L)	N.D
	Cloreto de Vinila (µg/L)	N.D
	Diclorometano (µg/L)	N.D
	Estireno (µg/L)	N.D
	Tetracloroeto de Carbono (µg/L)	N.D
	Tetracloroetano (µg/L)	N.D
	Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB + 1,3,5-TCB) (µg/L)	N.D
	1,1,2-Tricloroetano (µg/L)	N.D
	THM Total (mg/L)	0,0841
	1,2-Diclorobenzeno (mg/L)	N.D
	1,4-Diclorobenzeno (mg/L)	N.D
	Etilbenzeno (mg/L)	N.D
	Tolueno (mg/L)	N.D
	Xilenos (mg/L)	N.D
	Monoclorobenzeno (mg/L)	N.D
	Cloro Residual (mg/L)	2,53
	pH	6,98
	Radioatividade Alfa Global* (Bq/L)	<0,42
	Radioatividade Beta Global*(Bq/L)	<0,90
	Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	20
	Coliformes Totais	Ausência
	Coliformes Totais	Ausência

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 34. Resultado da segunda semestral da água potável de 2020 Portaria da Consolidação nº 05/2017 (parte 1)

Portaria - Água tratada - Saída do Tratamento - parte 1		
Data	Parâmetro	Resultado
	Microcistina (µg/L)	N.D
	Saxitoxinas (µg/L)	<0,02
	Bromato (mg/L)	N.D
	Clorito (mg/L)	N.D
	Cloraminas Total (mg/L)	0,86
	Fluoretos (mg/L)	0,64
	Cianetos (mg/L)	N.D
	Nitrato (como N) (mg/L)	0,17
	Nitrito (como N) (mg/L)	N.D
	Glifosato + AMPA (µg/L)	N.D
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	192
	Substâncias Tensoativas que Reagem com o Azul de Metileno (mg/L)	N.D
	Sulfeto de hidrogênio (mg/L)	N.D
	Turbidez (uT)	N.D
	Cloro (mg/L)	42,6
	Sulfato (mg/L)	4,1
	Amônia (mg/L)	<0,012
	Cor Aparente (uH)	5
	Antimônio Total (mg/L)	< 0,0005
	Arsênio Total (mg/L)	0,0003
	Bário Total (mg/L)	0,0789
	Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005
02/12/2020	Chumbo Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobre Total (mg/L)	< 0,005
	Cromo Total (mg/L)	0,0011
	Mercúrio Total (mg/L)	N.D
	Níquel Total (mg/L)	< 0,001
	Selênio Total (mg/L)	< 0,005
	Urânio Total (mg/L)	< 0,00005
	Alumínio Total (mg/L)	0,062
	Dureza Total (mg/L)	61,63
	Ferro Total (mg/L)	0,022
	Manganês Total (mg/L)	0,006
	Sódio Total (mg/L)	26,22
	Zinco Total (mg/L)	< 0,05
	Ácidos haloacéticos total (mg/L)	N.D
	Acrilamida (µg/L)	N.D
	Alacloro (µg/L)	N.D
	Aldicarbe + Aldicarbe sulfona + Aldicarbe sulfóxido (µg/L)	N.D
	Aldrin + Dieldrin (µg/L)	N.D
	Atrazina (µg/L)	N.D
	Carbendazim + benomil (µg/L)	N.D
	Carbofurano (µg/L)	N.D
	Clorpirifós + clorpirifós-oxon (µg/L)	N.D
	(DDT + DDE + DDD) (µg/L)	N.D

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 35. Resultado da segunda semestral da água potável de 2020 Portaria da Consolidação nº 05/2017 (parte 2)

Portaria - 2/2020 - Água tratada - Saída do Tratamento - parte 2		
Data	Parâmetro	Resultado
02/12/2020	Diuron (µg/L)	N.D
	Endossulfan (Alfa + Beta + Sulfato) (µg/L)	N.D
	Endrin (µg/L)	N.D
	Gama-HCH (Lindano) (µg/L)	N.D
	Mancozebe (µg/L)	N.D
	Metamidofós (µg/L)	N.D
	Metolaclo (µg/L)	N.D
	Molinato (µg/L)	N.D
	Metil Paration (µg/L)	N.D
	Pendimetalina (µg/L)	N.D
	Permetrina (µg/L)	N.D
	Profenofós (µg/L)	N.D
	Simazina (µg/L)	N.D
	Tebuconazol (µg/L)	N.D
	Terbufós (µg/L)	N.D
	Trifluralina (µg/L)	N.D
	2,4 D + 2,4,5 T (µg/L)	N.D
	trans-Clordano (GamaClordano)(µg/L)	N.D
	Benzo(a)pireno (µg/L)	N.D
	Bis(2-Etilhexil)Ftalato (µg/L)	N.D
	Pentaclorofenol (µg/L)	N.D
	2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	N.D
	Benzeno (µg/L)	N.D
	1,1-Dicloroetano (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (cis+trans) (µg/L)	N.D
	Cloro de Vinila (µg/L)	N.D
	Diclorometano (µg/L)	N.D
	Estireno (µg/L)	N.D
	Tetracloro de Carbono (µg/L)	N.D
	Tetracloroetano (µg/L)	N.D
	Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB + 1,3,5-TCB) (µg/L)	N.D
	1,1,2-Tricloroetano (µg/L)	N.D
	THM Total (mg/L)	0,1503
	1,2-Diclorobenzeno (mg/L)	N.D
	1,4-Diclorobenzeno (mg/L)	N.D
	Etilbenzeno (mg/L)	N.D
	Tolueno (mg/L)	N.D
	Xilenos (mg/L)	N.D
	Monoclorobenzeno (mg/L)	N.D
	Cloro Residual (mg/L)	2,08
	pH	7,42
Radioatividade Alfa Global* (Bq/L)	<0,096	
Radioatividade Beta Global*(Bq/L)	0,172	
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	33	
Coliformes Totais	Ausência	
Coliformes Totais	Ausência	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 36. Resultado da primeira semestral da água potável de 2021 Portaria da Consolidação nº 888/2021 (parte 1)

Portaria - Água tratada - Saída do Tratamento - parte 1		
Data	Parâmetro	Resultado
30/06/2021	Microcistina (µg/L)	<0,1
	Saxitoxinas (µg/L)	<0,02
	Bromato (mg/L)	<0,010
	Clorito (mg/L)	N.D
	Cloraminas Total (mg/L)	0,56
	Fluoretos (mg/L)	0,8
	Nitrato (como N) (mg/L)	0,15
	Nitrito (como N) (mg/L)	N.D
	Glifosato + AMPA (µg/L)	N.D
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	166
	Sulfeto de hidrogênio (mg/L)	N.D
	Turbidez (uT)	N.D
	Cloro (mg/L)	38,6
	Sulfato (mg/L)	2,8
	Amônia (mg/L)	N.D
	Cor Aparente (uH)	5
	Antimônio Total (mg/L)	< 0,0005
	Arsênio Total (mg/L)	0,0002
	Bário Total (mg/L)	0,0617
	Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005
	Chumbo Total (mg/L)	< 0,0005
	Cobre Total (mg/L)	< 0,005
	Cromo Total (mg/L)	0,0009
	Mercúrio Total (mg/L)	N.D
	Níquel Total (mg/L)	< 0,001
	Selênio Total (mg/L)	< 0,005
	Urânio Total (mg/L)	< 0,00005
	Alumínio Total (mg/L)	0,073
	Dureza Total (mg/L)	57,47
	Ferro Total (mg/L)	0,04
	Manganês Total (mg/L)	0,005
	Sódio Total (mg/L)	27,35
	Zinco Total (mg/L)	< 0,05
	Ácidos haloacéticos total (mg/L)	N.D
	Acrilamida (µg/L)	N.D
	Alacloro (µg/L)	N.D
	Aldicarbe + Aldicarbe sulfona + Aldicarbe sulfóxido (µg/L)	N.D
	Aldrin + Dieldrin (µg/L)	N.D
	Atrazina (µg/L)	N.D
	Carbendazim + benomil (µg/L)	N.D
	Carbofurano (µg/L)	N.D
Clorpirifós + clorpirifós-oxon (µg/L)	N.D	
(DDT + DDE + DDD) (µg/L)	N.D	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 37. Resultado da primeira semestral da água potável de 2021 Portaria da Consolidação nº 888/2021 (parte 2)

Portaria - Água tratada - Saída do Tratamento - parte 2		
Data	Parâmetro	Resultado
	Diuron (µg/L)	N.D
	Endossulfan (Alfa + Beta + Sulfato) (µg/L)	N.D
	Endrin (µg/L)	N.D
	Gama-HCH (Lindano) (µg/L)	N.D
	Mancozebe (µg/L)	N.D
	Metamidofós (µg/L)	N.D
	Metolacoloro (µg/L)	N.D
	Molinato (µg/L)	N.D
	Metil Paration (µg/L)	N.D
	Pendimetalina (µg/L)	N.D
	Permetrina (µg/L)	N.D
	Profenofós (µg/L)	N.D
	Simazina (µg/L)	N.D
	Tebuconazol (µg/L)	N.D
	Terbufós (µg/L)	N.D
	Trifluralina (µg/L)	N.D
	2,4 D + 2,4,5 T (µg/L)	N.D
	trans-Clordano (GamaClordano)(µg/L)	N.D
	Benzo(a)pireno (µg/L)	N.D
	Bis(2-Etilhexil)Ftalato (µg/L)	N.D
	Pentaclorofenol (µg/L)	N.D
	2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	N.D
30/06/2021	Benzeno (µg/L)	N.D
	1,1-Dicloroetano (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (µg/L)	N.D
	1,2-Dicloroetano (cis+trans) (µg/L)	N.D
	Cloreto de Vinila (µg/L)	N.D
	Diclorometano (µg/L)	N.D
	Estireno (µg/L)	N.D
	Tetracloroeto de Carbono (µg/L)	N.D
	Tetracloroetano (µg/L)	N.D
	Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB + 1,3,5-TCB) (µg/L)	N.D
	1,1,2-Tricloroetano (µg/L)	N.D
	THM Total (mg/L)	N.D
	1,2-Diclorobenzeno (mg/L)	N.D
	1,4-Diclorobenzeno (mg/L)	N.D
	Etilbenzeno (mg/L)	N.D
	Tolueno (mg/L)	N.D
	Xilenos (mg/L)	N.D
	Monoclorobenzeno (mg/L)	N.D
	Cloro Residual (mg/L)	2,4
	pH	6,69
	Radioatividade Alfa Global* (Bq/L)	<0,33
	Radioatividade Beta Global*(Bq/L)	<0,37
	Coliformes Totais	Ausência
	Coliformes Totais	Ausência

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 38. Resultado da segunda semestral da água potável de 2021 Portaria da Consolidação nº 888/2021 (parte 1)

Portaria - Água tratada - Saída do Tratamento - parte 1		
Data	Parâmetro	Resultado
09/12/2021	Bromato (mg/L)	<0,01
	Clorito (mg/L)	<0,05
	Cloraminas Total (mg/L)	0,06
	Fluoretos (mg/L)	0,684
	Nitrato (como N) (mg/L)	1,07
	Nitrito (como N) (mg/L)	<0,5000
	Glifosato + AMPA (µg/L)	<250,0
	Flutriafol (µg/L)	<0,05
	Nitrogênio Amoniacal	<0,0500
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	169
	Malation (µg/L)	<0,05
	Sulfeto (mg/L)	0,029
	Mercúrio Total (mg/L)	<0,00010
	Sulfeto de hidrogênio (mg/L)	0,031
	Turbidez (uT)	<1,000000
	Cloreto (mg/L)	43,13
	Sulfato (mg/L)	4,23
	Amônia (mg/L)	<0,0500
	Cor Aparente (uH)	<5,000000
	Cor Verdadeira (uH)	<5,000000
	Antimônio Total (mg/L)	<0,001000
	Arsênio Total (mg/L)	<0,005000
	Bário Total (mg/L)	0,118
	Cádmio Total (mg/L)	<0,001000
	Chumbo Total (mg/L)	<0,005000
	Cobre Total (mg/L)	<0,005000
	Condutividade eletrolítica (µS/cm)	260,9
	Ciproconazol (µg/L)	<0,050
	Cromo Total (mg/L)	0,0071
	Níquel Total (mg/L)	<0,005000
	Selênio Total (mg/L)	0,007
	Urânio Total (mg/L)	<0,010000
	Dureza Total (mg/L)	66,7
	Ferro Total (mg/L)	0,0476
	Manganês Total (mg/L)	0,011
	Sódio Total (mg/L)	44,087
	Zinco Total (mg/L)	<0,010000
	Ácidos haloacéticos total (mg/L)	<0,008
	Acrilamida (µg/L)	<0,150000
	Alacloro (µg/L)	<0,0500
Aldicarbe + Aldicarbe sulfona + Aldicarbe sulfóxido (µg/L)	<0,01	
Aldrin + Dieldrin (µg/L)	<0,010	
Ametrina (µg/L)	<0,050	
Carbendazim + benomil (µg/L)	<0,010	
Carbofurano (µg/L)	<0,050	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

Tabela 39. Resultado da segunda semestral da água potável de 2021
Portaria da Consolidação nº 888/2021 (parte 2)

Portaria - Água tratada - Saída do Tratamento - parte 2		
Data	Parâmetro	Resultado
09/12/2021	Fósforo total (mg/L)	0,046
	Clorpirifós + clorpirifós-oxon (µg/L)	<0,10
	(DDT + DDE + DDD) (µg/L)	<0,010
	Gama-HCH (Lindano) (µg/L)	<0,010
	Metolacloro (µg/L)	<0,050
	Molinato (µg/L)	<0,020
	Metribuzim (µg/L)	<0,050
	Profenofós (µg/L)	<0,050
	Simazina (µg/L)	<0,020
	Tebuconazol (µg/L)	<0,1000
	Terbufós (µg/L)	<0,050
	Propargito (µg/L)	<0,050
	Trifluralina (µg/L)	<0,050
	2,4 D + 2,4,5 T (µg/L)	<2,00
	trans-Clordano (GamaClordano)(µg/L)	<0,010
	Clorato (mg/L)	<0,15
	Clorotalonil (µg/L)	<0,050
	Benzo(a)pireno (µg/L)	<0,010
	Bis(2-Etilhexil)Ftalato (µg/L)	<5,0
	Pentaclorofenol (µg/L)	<0,050
	2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	<0,05000
	Benzeno (µg/L)	<2,00
	Diurom (µg/L)	<0,050
	1,2-Dicloroetano (µg/L)	<2,00
	Epoxiconazol (µg/L)	<0,10
	Cloreto de Vinila (µg/L)	<0,50
	Ciproconazol (µg/L)	<0,050
	Ditiocarbamatos (µg/L)	<50,000000
	Dimetoato + Ometoato (µg/L)	<0,10
	Difenoconazol (µg/L)	<0,050
	Diclorometano (µg/L)	<20,00
	Hidroxi-Atrazina (µg/L)	<120,00
	Metamidofós + Acefato (µg/L)	<0,10
	Epicloridrina (µg/L)	<0,40
	Paraquate (µg/L)	<13,00
	Protioconazol + Proticonazol Destio (µg/L)	<0,50
	Tiram (µg/L)	<6,00
	Tetracloroeto de Carbono (µg/L)	<2,00
	Tetracloroetano (µg/L)	<20,00
	Tricloroetano (µg/L)	<2,00
	Tiodicarbe (µg/L)	<0,10
	Tiametoxam (µg/L)	<0,10
	THM Total (mg/L)	0,029
	1,4-Dioxano (µg/L)	<48,00
	Etilbenzeno (mg/L)	<2,00
	Atrazina + S-Clorotriazinas (µg/L)	<0,50
	Tolueno (mg/L)	<2,00
Fipronil (µg/L)	<0,10	
Xilenos (mg/L)	<2,00	
Monoclorobenzeno (mg/L)	<0,02	
Cloro Residual (mg/L)	2,09	
Cálcio (mg/L)	20,411	
Magnésio (mg/L)	3,813	
Odor	<2	
Gosto	<2	
Picloran (µg/L)	<0,50	
pH	7,34	
Radioatividade Alfa Global* (Bq/L)	<0,33	
Radioatividade Beta Global*(Bq/L)	<0,37	
Coliformes Totais	Ausência	
Coliformes Totais	Ausência	

Fonte: Concessionária, 2021, adaptado pela autora, 2022.

APÊNDICE B

Segue o modelo de proposta de um Plano de Amostragem de Água para a ETA A no Apêndice B.

PLANO DE AMOSTRAGEM – MONITORAMENTO OPERACIONAL E CONTROLE DE QUALIDADE

PLANO DE AMOSTRAGEM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

PLANO DE AMOSTRAGEM
TRATAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO
Manual de Controle Analítico

Manual de Controle Analítico

Sistema de Abastecimento de Água: ETA A

ANO: 2022

Acrescentar informações necessárias

ANO: 2022

Sistema / Solução Alternativa: ETA A

Data: 01/01/2022

População Abastecida aproximadamente: 20000 habitantes

**PLANO DE AMOSTRAGEM
TRATAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO
Manual de Controle Analítico**

Parâmetros	Critérios usados na seleção dos pontos de coletas	Ponto de Coleta da Qualidade (PCQ)	Metodologias usadas nas análises	Observação
Cor	Os procedimentos de coleta e análise de água no sistema de distribuição devem ser realizados em intervalos de tempo igualmente espaçados e serem representativos do sistema de distribuição, abrangendo: locais de grande circulação de pessoas, locais que abrigam grupos populacionais mais susceptíveis (crianças, enfermos, idosos), locais mais distantes do sistema de tratamento (pontas de redes), locais com sistemática ocorrência de agravos a saúde que tenham a água como possível agente de veiculação.	Água Bruta / Saída do tratamento / Distribuição	Método Colorimétrico	Análises efetuadas pelo Controle de Qualidade, Controle Analítico Operacional e Serviço Terceirizado*.
Turbidez		Água Bruta / Saída do tratamento / Distribuição	Método Nefolométrico	
Cloro residual livre		Saída do tratamento / Distribuição	Método Colorimétrico, reagente DPD	
pH		Água Bruta / Saída do tratamento / Distribuição	Método Potenciométrico	
Fluoreto		Saída do tratamento / Distribuição	Método Colorimétrico, reagente Spands	
Gosto		Saída do tratamento	Serviço Terceirizado*	
Odor		Saída do tratamento	Terceirizado	
Coliformes totais		Água Bruta / Saída do tratamento / Distribuição	Colilert	
Escherichia Coli		Água Bruta / Saída do tratamento / Distribuição	Colilert	
Bactérias Heterotróficas		Água Bruta / Saída do tratamento / Distribuição	Colilert	
Clorofila a		Captação de água	Serviço Terceirizado*	
Densidade de Cianobactérias		Captação de água	Serviço Terceirizado*	
Cianotoxinas		Água Bruta / Saída do tratamento / Distribuição	Serviço Terceirizado*	
Produtos Secundários da desinfecção		Saída do tratamento / Distribuição	Serviço Terceirizado*	
§1º do Art. 42 + os parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos.		Captação de água superficial	Serviço Terceirizado*	
Portaria GWMS nº888/2021 (completa)		Saída do tratamento / Distribuição	Serviço Terceirizado*	

*** Serviços terceirizados em Laboratórios credenciados com a ISO/IEC 17025.**

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO					
ETA	Tipo de Manancial		Saída do Tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)
Parâmetro	Tipo	Nº de Amostra	Frequência	Total de amostras mês / horas	
Cor	Superficial	1	a cada 2 horas	372 amostras ¹	10
Turbidez	Superficial	1	a cada 2 horas	372 amostras ¹	10
Cloro	Superficial	1	a cada 2 horas	372 amostras ¹	10
pH	Superficial	1	a cada 2 horas	372 amostras ¹	10
Fluoreto	Superficial	1	a cada 2 horas	372 amostras ¹	10
Gosto	Superficial	*	Trimestral	*	*
Odor	Superficial	*	Trimestral	*	*
Coliformes totais	Superficial	2/semanal	Semanal	*	10
Escherichia coli	Superficial	2/semanal	Semanal	*	10
Bactérias Heterotróficas	Superficial	2/semanal	Semanal	*	10
Clorofila a + Fitoplâncton	Superficial	1/mês	Mensal	*	*
Densidade de Cianobactérias	Superficial	1/mês	Trimestral	*	*
Cianotoxinas	Superficial	1/mês	Mensal	1/mês	*
Produtos Secundários da desinfecção	Superficial	*	Bimestral	*	1/bimestral
Acrilamida	Superficial	*	Mensal	1/mês	Será realizado na rede de distribuição caso seja quantificado algum parâmetro acima dos limites estabelecidos pela Portaria vigente no ponto de amostragem Saída de ETA ou Poço.
Epicloridrina	Superficial	*	Mensal	1/mês	
Cloreto de vinila	Superficial	*	Semestral	1/semestre	
§1º do Art. 42 + os parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos.	Superficial	1/semestre	Semestral	*	*
Portaria GM/MS nº888/2021 (completa)	Superficial	*	Semestral	1/semestre	Será realizado na rede de distribuição caso seja quantificado algum parâmetro acima dos limites estabelecidos pela Portaria vigente no ponto de amostragem Saída de ETA ou Poço.

Nota 1: Total de amostras mês / hora da saída do tratamento será de 372 amostras para um tempo de operação de 24 horas, para um mês de 31 dias, sendo assim esse número poderá variar de acordo com as horas paradas do sistema e com o mês correspondente.

CRONOGRAMA DE ANÁLISES PARA AS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) A

Cronograma de análises Mensais (Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Agosto, Setembro, Outubro e Novembro)	
Ponto de coleta	Parâmetro
Captação de água	Clorofila a
Captação de água	Fitoplâncton
Captação de água/ Saída da ETA	Microcistina
Captação de água/ Saída da ETA	Saxitoxina
Captação de água/ Saída da ETA	Cilindropermopsinas
Saída da ETA	Acilamida
Saída da ETA	Epicloridrina
Saída da ETA/ Rede de Distribuição	Turbidez
Saída da ETA/ Rede de Distribuição	Cor
Saída da ETA/ Rede de Distribuição	pH
Saída da ETA/ Rede de Distribuição	Fluoretos
Saída da ETA/ Rede de Distribuição	Cloro residual
Captação de água / Saída da ETA/ Rede de Distribuição	Coliformes Totais
Captação de água / Saída da ETA/ Rede de Distribuição	Escherichia coli
Captação de água / Saída da ETA/ Rede de Distribuição	Bactérias Heterotróficas
Cronograma de análises Bimestrais (Fevereiro / Abril / Junho / Agosto / Outubro / Dezembro)	
Ponto de coleta	Parâmetro
Rede de Distribuição	Ácidos Haloacéticos total
Rede de Distribuição	2,4,6 Triclorofenol
Rede de Distribuição	2,4 - diclorofenol
Rede de Distribuição	Trihalometanos total
Rede de Distribuição	Bromato
Rede de Distribuição	Clorito
Rede de Distribuição	Clorato
Rede de Distribuição	Cloro residual livre
Rede de Distribuição	Cloraminas Total
Rede de Distribuição	N-nitrosodimetilamina
Cronograma de análises Trimestrais (Janeiro / Abril / Julho / Outubro)	
Ponto de coleta	Parâmetro
Captação de água	Densidade de cianobactérias

Cronograma de análises Semestrais (Junho e Dezembro)

Captação de água (§1º do Art. 42 + os parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos da Portaria GM/MS nº888/2021.) e Saída do Tratamento (Portaria GM/MS nº888/2021).

CRONOGRAMA DE ANÁLISES PARA AS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA A

Cronograma de análises Semestrais (Julho / Dezembro)	
Captação de água Superficial (ETA)	§1º do Art. 42 + os parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos da Portaria GM/MS nº888/2021.
Saída da ETA	Portaria GM/MS nº888/2021 (completa) + Cloreto de Vinila (Obs: Será realizado em algum ponto da rede de distribuição caso ocorra algum parâmetro fora do limite de potabilidade no ponto de saída)