

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Bárbara Martins Folador

**Indicadores de vulnerabilidade e o caráter preventivo do monitoramento em
Planos de Segurança da Água - Um olhar sobre sistemas de abastecimento de
água de Santa Catarina**

Florianópolis

2023

Bárbara Martins Folador

Indicadores de vulnerabilidade e o caráter preventivo do monitoramento em Planos de Segurança da Água - Um olhar sobre sistemas de abastecimento de água de Santa Catarina

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.
Coorientador: Prof. Bruno Segalla Pizzolatti, Dr.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Folador, Bárbara Martins

Indicadores de vulnerabilidade e o caráter preventivo do monitoramento em Planos de Segurança da Água - Um olhar sobre sistemas de abastecimento de água de Santa Catarina / Bárbara Martins Folador ; orientador, Ramon Lucas Dalsasso, coorientador, Bruno Segalla Pizzolatti, 2023. 65 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Plano de Segurança da Água. 3. Sistemas de abastecimento de água. 4. Gerenciamento de Riscos. 5. Monitoramento preventivo. I. Dalsasso, Ramon Lucas . II. Pizzolatti, Bruno Segalla . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Bárbara Martins Folador

Indicadores de vulnerabilidade e o caráter preventivo do monitoramento em Planos de Segurança da Água - Um olhar sobre sistemas de abastecimento de água de Santa Catarina

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 05 de julho de 2023.



Coordenação do Curso

Banca examinadora



Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.

Orientador



Prof. Marcus Bruno Domingues Soares, Dr.
Instituição Universidade Federal de Santa Maria



Samuel Lunardi, Me.
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho de conclusão de curso não teria sido possível sem a colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais expresso minha sincera gratidão.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus. Pois tenho ciência de que ele sempre esteve presente em toda a minha jornada da graduação. Hoje sou a profissional que me tornei graças as experiências e aprendizados guiadas por ele.

Também gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Ramon Lucas Dalsasso pela orientação, paciência em sanar a todos os meus questionamentos e apoio durante todo o processo de elaboração deste trabalho. Sua experiência e conhecimento foram fundamentais para o sucesso deste projeto. Agradeço também ao meu coorientador Prof. Bruno Segalla Pizzolatti pela disponibilidade em acompanhar e auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ainda aos amigos e familiares que me apoiaram em todos os momentos, seja com palavras de incentivo, ajuda prática ou simplesmente pela presença amiga. Destaco meu agradecimento a minha mãe, Salete, meu pai, Luciano, minha irmã, Beatriz, e meu namorado, Patrick, por todo o apoio e carinho que me deram durante meus estudos, fornecendo a estrutura necessária para que eu pudesse concluir minha formação com tranquilidade.

Por fim, agradeço aos professores que participaram da minha formação pelos ensinamentos e contribuições valiosas que me proporcionaram ao longo da graduação. A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

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

(Alpheu Mattos)

RESUMO

A água segura é um direito essencial a todos. Para garantir que o sistema de abastecimento forneça água potável à população, o caráter preventivo do Plano de Segurança da Água (PSA) é fundamental. Embora haja legislações sobre o monitoramento operacional no Brasil, não há uma metodologia para acompanhamento dos sistemas de abastecimento de água (SAA) que objetive prevenir os riscos. Neste contexto, o presente trabalho propõe uma abordagem para execução do monitoramento de caráter preventivo no escopo do PSA. Para cumprir este objetivo, estudou-se as consequências de eventos perigosos nos municípios catarinenses e foram selecionados os eventos de maior impacto negativo na qualidade da água. Os resultados foram sintetizados em um Quadro, relacionando sete potenciais eventos perigosos, seus respectivos indicadores de vulnerabilidade e ações de mitigação. Através da abordagem desenvolvida, espera-se que o trabalho contribua para a prevenção de riscos dos SAAs e na entrega de água de qualidade a todos os cidadãos.

Palavras-chave: Plano de Segurança da Água; Sistemas de abastecimento de água; Gerenciamento de Riscos; Monitoramento preventivo.

ABSTRACT

Safe water is an essential right for everyone. To ensure that the water supply system provides drinkable water to the population, the preventive nature of the Water Security Plan (WSP) is crucial. Although there are regulations regarding operational monitoring in Brazil, there is no methodology for monitoring water supply systems (WSS) with the aim of preventing risks. In this context, this study proposes an approach for the implementation of preventive monitoring within the scope of the WSP. To achieve this objective, the consequences of hazardous events in municipalities in Santa Catarina were studied, and the events with the greatest negative impact on water quality were selected. The results were synthesized in a Table, correlating seven potential hazardous events, their respective vulnerability indicators, and mitigation actions. Through the developed approach, it is expected that this work will contribute to the prevention of risks in WSS and the delivery of quality water to all citizens.

Keywords: Water Safety Plan; Water supply systems; Risk management; Preventive monitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Monitoramento Tradicional	20
Figura 2 - Configuração frequente dos SAAs	21
Figura 3 - Municípios no Brasil	22
Figura 4 - Municípios na Região Sul.....	22
Figura 5 - Objetivos do Plano de Segurança da Água.....	27
Figura 6 - Conceito de risco.....	31
Figura 7 - Metodologia de pesquisa.....	36
Figura 8 - Componentes da base da pesquisa	37
Figura 9 - Palavras-chave da pesquisa	38
Figura 10 - Abordagem do monitoramento preventivo.....	41
Figura 11 - Descrição dos Impactos associados às classificações de intensidade de seca	45
Figura 12 - Geometria de bacias hidrográficas e respectivos hidrogramas ..	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conceitos sobre qualidade de água	18
Quadro 2 - Legislação nacional sobre a qualidade da água.....	19
Quadro 3 - Definição dos componentes do SAA	23
Quadro 4 - Potenciais indicadores e medidas preventivas para eventos perigosos.....	42
Quadro 5 - Modelo do Calendário Agrícola	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição dos tipos de abastecimento de água	20
Tabela 2 - Perigos relacionados as metas.....	31
Tabela 3 - Exemplificação da planilha para organização dos documentos ..	39
Tabela 4 - Organização para entendimento dos dados levantados.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ETA	Estação de Tratamento de Água
FC	Fator Dia de Chuva
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PSA	Plano de Segurança da Água
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAC	Solução Alternativa Coletiva
SAI	Solução Alternativa Individual
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUS	Sistema Único de Saúde
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
VIGIAGUA	Vigilância da qualidade da água para consumo humano
VSPEA	Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	QUALIDADE DA ÁGUA	18
2.1.1	Distribuição de água potável	20
2.1.2	Fontes de dados da qualidade da água	24
2.1.2.1	<i>Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS</i>	24
2.1.2.2	<i>Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – VIGIAGUA</i>	25
2.2	PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA).....	26
2.2.1	Princípios do PSA	27
2.2.1.1	<i>Princípio das Múltiplas Barreiras</i>	28
2.2.1.2	<i>Princípio de Boas Práticas</i>	28
2.2.1.3	<i>Princípio Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)</i>	28
2.2.1.4	<i>Princípio Análise de Risco</i>	28
2.2.2	PSA para o Santa Catarina	29
2.3	SEGURANÇA HÍDRICA.....	29
2.3.1	Indicadores e medidas de mitigação	30
2.3.2	Riscos	30
2.3.3	Perigos	31
2.4	EVENTOS PERIGOSOS AOS SISTEMAS	31
2.4.1	Seca	32
2.4.2	Inundação	32
2.4.3	Primeira Chuva	33
2.4.4	Agrotóxicos em água para consumo humano	33
2.4.5	Contaminação por efluentes não tratados	34
2.4.6	Ruptura de rede	34
2.4.7	Más condições da ETA	34
3	METODOLOGIA	36
3.1	QUESTÃO DA PESQUISA E ENTENDIMENTO DO TEMA	36

3.2	REVISÃO DA LITERATURA E CONCEITOS	38
3.3	COLETA DE DADOS	38
3.4	ANÁLISE DOS DADOS	39
3.5	ESCRITA DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO.....	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1	SECA	43
4.2	CHUVAS FORTES E INUNDAÇÃO.....	46
4.3	PRIMEIRA CHUVA.....	48
4.4	AGROTÓXICOS EM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	49
4.5	CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES NÃO TRATADOS.....	51
4.6	RUPTURA DE REDE.....	52
4.7	MÁS CONDIÇÕES DA ETA.....	53
5	CONCLUSÃO	55
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	55
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU) definiu a água como um direito humano essencial desde 2010. Sua Resolução A/RES/64/292, solicita aos Estados e às organizações internacionais recursos financeiros, que assegurem água potável para todos (UN, 2010). Entretanto, o relatório do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) indica que este objetivo ainda é uma realidade distante. Aponta-se no documento que cerca de 2,2 bilhões de pessoas ainda não têm acesso à água potável (UNICEF, 2019). Esta informação constata a ineficácia da abordagem tradicional de controle da qualidade da água para consumo humano.

Neste contexto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou o Plano de Segurança da Água (PSA) com o intuito de auxiliar na garantia da distribuição de água de qualidade a todos (WHO, 2005). O PSA é um instrumento de auxílio para a identificação de possíveis deficiências nos sistemas de abastecimento de água (SAAs). Ele estabelece uma estruturação para minimizar a chance da ocorrência de eventos que impactem na distribuição de água potável (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

No Brasil, os dados levantados sobre os impactos da falta de água potável registrados pelo Ministério da Saúde apontam que em 2021 quase 130 mil internações foram causadas por doenças veiculadas por água contaminada (DATASUS, 2021). Assim, mostra-se necessária a existência de uma legislação que contenha procedimentos de como executar a abordagem preventiva do PSA a fim de garantir o aspecto de qualidade da água (RASHON, 2009).

A nível nacional, o documento legal mais recente sobre o assunto de qualidade da água é a Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 – alterado pela portaria nº 888 de maio de 2021. Esse anexo funciona como uma ferramenta do diagnóstico da qualidade da água dos SAA. Todavia, a portaria citada não orienta um procedimento preventivo que evite a ocorrência dos parâmetros em desacordo dos critérios de potabilidade estabelecido por ela. Dessa forma, a análise nos pontos de amostragem (ponto de captação, saída dos filtros, saída do tratamento e sistema de distribuição) já é feita de forma tardia quando apontada a presença de contaminantes.

Para contornar esse problema, o Estado de Santa Catarina publicou o Decreto Estadual nº 1.846 que exige a elaboração do PSA aos sistemas catarinenses. Dada a ausência de metodologias para aplicação dos procedimentos preventivos, o

presente trabalho visa discorrer sobre uma possível abordagem a ser realizada na priorização dos eventos capazes de impactar na segurança da água, servindo como material de apoio a elaboração do monitoramento preventivo no escopo do PSA. Para tal, foram selecionados os potenciais eventos perigosos dos SAAs catarinenses com o objetivo de elencar indicadores de vulnerabilidade e apresentar ações capazes de mitigar os impactos gerados pela ocorrência desses eventos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Discorrer sobre Indicadores de Vulnerabilidade e seu caráter preventivo na etapa de monitoramento de PSA para SAAs do estado de Santa Catarina.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos abrangem:

- Definir os eventos perigosos com o maior potencial de afetar negativamente a qualidade da água no âmbito do Estado de Santa Catarina;
- Elencar potenciais indicadores de vulnerabilidade para o monitoramento preventivo da ocorrência dos eventos perigosos em sistemas de abastecimento de água, no escopo do PSA;
- Propor possíveis medidas de mitigação a fim de prevenir a ocorrência desses eventos prejudiciais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo foi elaborado com o propósito de identificar os principais conceitos e conhecimentos relacionados ao tema da pesquisa, com base na revisão literária.

2.1 QUALIDADE DA ÁGUA

O histórico da preocupação com a qualidade da água potável é recente, antes o enfoque desta questão era apenas na sua quantidade. Essa mudança ocorreu entre o século XIX e o século XX, quando a preocupação referente ao fornecimento de água para consumo humano mudou de distribuição de água na quantidade suficiente para a distribuição de água potável segura com qualidade. Essa transição foi motivada pelo cuidado com a saúde pública, voltando-se esforços para o fornecimento de água que não apresentasse riscos à saúde, uma água segura (DANTAS *et al.*, 2010). Esse conceito de água potável é mantido na legislação brasileira, definida como águas que não apresentem riscos à saúde humana (BRASIL, 2017).

Nesta conjuntura da qualidade das águas, o Artigo 5º da Portaria GM/MS nº 888/2021, define os seguintes conceitos conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Conceitos sobre qualidade de água

Termo	Definição
Água para consumo humano	água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem.
Água potável	água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido e que não ofereça riscos à saúde.
Padrão de potabilidade	conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano.
Padrão organoléptico	conjunto de valores permitidos para os parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde.

Fonte: Adaptado de Brasil (2017).

Para efetividade na garantia da qualidade da água é necessária a existência de legislação. Segundo Rashon (2009), a regulamentação na forma de lei própria é

essencial para a melhora desses procedimentos. Nesse sentido, o Quadro 2 indica as principais legislações sobre o assunto.

Quadro 2 - Legislação nacional sobre a qualidade da água

Documento Legal	Assunto tratado
Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005	Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano.
Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007	Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico
Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
Resolução Conama nº 396, de 3 de abril de 2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de Setembro de 2017	Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.
Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021	Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

Fonte: Elaboração própria (2023).

A nível nacional, têm-se o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 – alterado pela portaria nº 888 de maio de 2021. Ele aborda os limites para os parâmetros de potabilidade e organolépticos aceitáveis à água potável segura (BRASIL, 2017; BRASIL, 2021). A Figura 1 ilustra o procedimento orientado ao prestador após a identificação de não conformidades que indiquem situação de risco para os SAAs.

Figura 1 - Monitoramento Tradicional



Fonte: Adaptado de Brasil (2021).

De acordo com a figura, inicialmente, identifica-se a situação de risco à saúde, ou seja, a ocorrência do evento perigoso. Após essa constatação faz-se o monitoramento, que consiste em elaborar um plano de ação e tomar medidas corretivas. Por fim, o último retângulo representa que a água contaminada chega à população, visto que há um período de reação tardio, sem evitar o impacto à saúde.

Constata-se que as ações para mitigação do impacto dessa situação de risco ocorrem apenas após o efetivo dano a qualidade da água, momento o qual é diagnóstica o problema. Só então, é planejado um Plano de Ação e adotadas medidas corretivas, sendo dessa forma ainda possível que o impacto à saúde ocorra.

2.1.1 Distribuição de água potável

Há diferentes formas de distribuir água para consumo humano: Sistemas de abastecimento de água para o consumo humano (SAA), solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC) e solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI). Os conceitos são apresentados na Tabela 1.

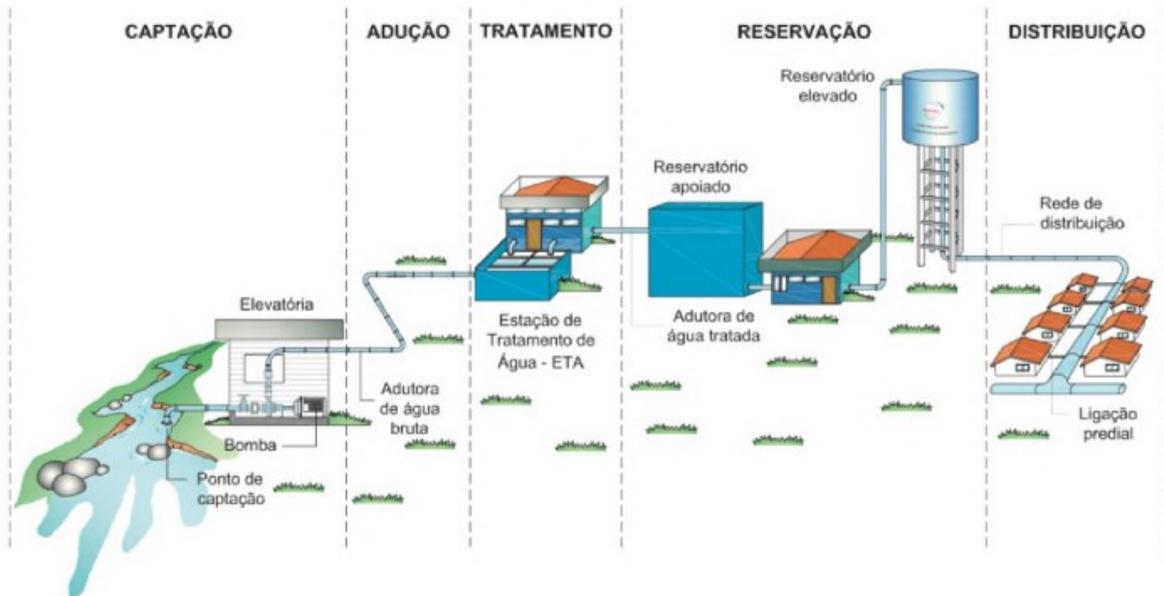
Tabela 1 - Definição dos tipos de abastecimento de água

Termo	Definição
SAA	Instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.
SAC	Modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição.
SAI	Modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

Fonte: Adaptado de Brasil (2021).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 99,6% dos municípios brasileiros são abastecidos pela modalidade SAA (IBGE, 2017). A Figura 2 representa uma possível estrutura para os sistemas de abastecimento de água, compostos por: captação, adução, tratamento, reservação, rede de distribuição e distribuição.

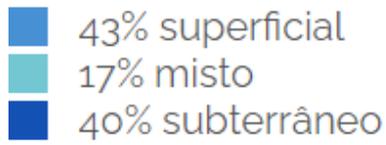
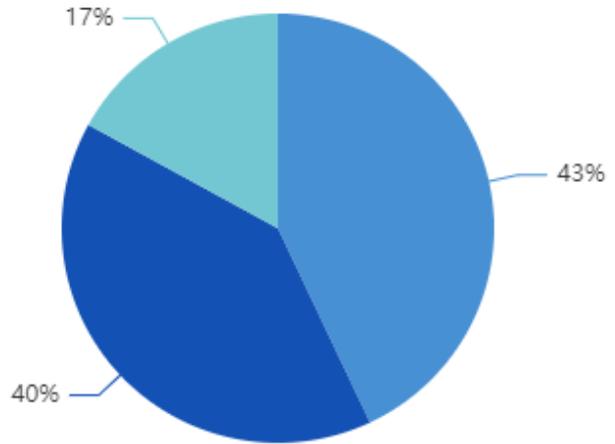
Figura 2 - Configuração frequente dos SAAs



Fonte: Brasil (2019).

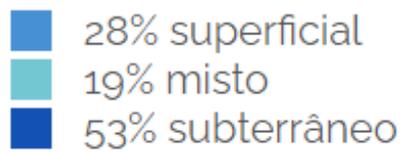
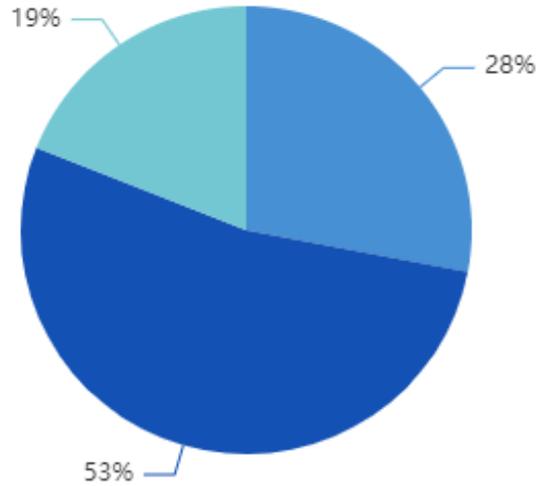
A forma de captação pode ser categorizada como subterrânea ou superficial. Entende-se como captação subterrânea a captação de um manancial encontrado abaixo da superfície do terreno, nesta modalidade estão os aquíferos e lençóis freáticos. Já a captação superficial tem como origem as águas que escoam e acumulam-se na superfície da Terra, como córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais (BRASIL, 2019). A distribuição dessas modalidades varia de acordo com a localidade. A nível nacional, a maior parcela dos municípios é atendida por mananciais superficiais, Figura 3, já na região sul ocorre o predomínio da captação subterrânea, conforme a Figura 4.

Figura 3 - Municípios no Brasil



Fonte: ANA (apud SNIS, 2020).

Figura 4 - Municípios na Região Sul



Fonte: ANA (apud SNIS, 2020).

O modelo de captação define quais parâmetros serão analisados no plano de amostragem e sua frequência de monitoramento nos sistemas de abastecimento de água (BRASIL, 2021). Dessa forma, é importante a caracterização adequada e fiel a realidade do sistema (ABNT, 2023).

As estruturas dos SAAs podem ser divididas em dois grupos: unidades de produção e unidades de distribuição (ABNT, 2023). Segundo Heller e Pádua (2010), o primeiro grupo é composto pelos componentes em que afetam diretamente a água produzida na saída do sistema de tratamento: o manancial, a captação, a unidade de transporte (adução e/ou elevatórias) e a unidade de tratamento. Já segundo grupo é o sistema responsável por distribuir a água produzida para consumo: reservatórios e rede distribuição. O Quadro 3 aborda esses conceitos separadamente.

Quadro 3 - Definição dos componentes do SAA

Unidade	Definição/finalidade
Manancial	Fonte de água, a partir de onde é abastecido o sistema.
Captação	Estrutura responsável pela extração de água do manancial.
Adução	Tubulação e acessórios destinados a interligar unidades.
Estação elevatória	Estrutura necessária quando existem variações de nível elevadas na linha adutora.
Tratamento	Operações unitárias necessárias para atingir os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente.
Reservação	Unidades que se destinam principalmente a absorver as variabilidades entre a vazão de produção e as vazões de consumo.
Rede de distribuição	Conjunto de tubulações e acessórios que levam a água até os consumidores.

Fonte: Adaptado de Heller e Pádua (2010).

O responsável pelo SAA tem competência de controlar a qualidade da água distribuída e para isso fica responsável por assegurar seu correto monitoramento. Os pontos de amostragem essenciais exigidos pela Portaria de Consolidação nº 5 de 2017, para a manutenção das condições de operação do sistema, são cinco: (a) saída dos filtros, (b) na saída do tratamento, (c) no reservatório, (d) na rede de distribuição e (e) nos pontos de captação (BRASIL, 2021). O Ministério da Saúde (2012) aponta ainda a necessidade do desenvolvimento do PSA, também pelo responsável do sistema, com abrangência de todas as etapas do abastecimento de água e foco especial ao controle da captação, tratamento e na distribuição da água para consumo humano.

2.1.2 Fontes de dados da qualidade da água

A coleta de dados é um elemento básico para estudo e fundamentação do caráter preventivo do monitoramento de um sistema de abastecimento de água. A Portaria nº 888/2021 aborda em seu Artigo 14 as competências atribuídas ao responsável do Sistema de Abastecimento de Água. Ela trata sobre os pontos de amostragem que o responsável pela gestão e manutenção do sistema de abastecimento de água deve assegurar que sejam feitas (BRASIL, 2021). Essas coletas fornecem dados para alimentar os sistemas de informações para fornecimento de histórico sobre o saneamento a nível nacional e local.

2.1.2.1 *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS*

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) reúne um conjunto de informações das quatro áreas dos serviços de saneamento. Desde 1995, ele coleta dados de água e esgotamento sanitário dos prestadores. Anualmente, o SNIS publica esses dados para acesso à população pelo Diagnóstico SNIS, separado em (Água e Esgotos, Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos e Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas) fornecendo neste documento um panorama geral do país neste setor (SNIS, 2021).

Com um histórico de mais de 20 anos, o SNIS recolhe dados dos provedores de serviços categorizados por alcance em áreas regionais, microrregionais e locais, fornecendo informações sobre a extensão da cobertura dos serviços de rede, perda de água potável na distribuição, tratamento de esgoto, dados financeiros e outros (SNIS, 2023). Esses dados são uma ferramenta para o diagnóstico no âmbito nacional dos sistemas de abastecimento de água.

As informações do SNIS (2023) têm os indicadores separados da seguinte maneira: econômico-financeiros e administrativos; operacionais – água; operacionais – esgotos; contábeis; e qualidade.

2.1.2.2 *Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – VIGIAGUA*

O programa é composto por um conjunto de ações com objetivo de garantir à população acesso à água em quantidade suficiente e qualidade adequada de acordo com o padrão de potabilidade do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 – alterado pela portaria nº 888 de maio de 2021 (VIGIAGUA, 2023).

Como ferramenta complementar às atividades do VIGIAGUA tem-se o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água – SISAGUA. Um sistema de informação voltado à gestão e análise dos dados da qualidade da água, dados de testes de potabilidade e as informações de registro sobre Sistemas de Abastecimento de Água, Soluções Alternativas Coletivas e Individuais. Esse sistema é uma ferramenta de trabalho importante no contexto do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA, 2023).

No Estado de Santa Catarina, as ações desenvolvidas pelo Programa VIGIAGUA (2023) são:

- Monitoramento da qualidade da água fornecida para consumo da população. Esse acompanhamento acontece por meio da coleta, análise, gerenciamento dos dados e encaminhamento as devidas providências;
- Inspeções em Sistemas de Abastecimento de Água para avaliação da eficiência do tratamento de água distribuída à população e averiguação dos possíveis riscos à saúde atrelados as vulnerabilidades detectadas;
- Capacitações diversas para realização de inspeções em SAA e SAC, orientações de uso e implementação do SISAGUA;
- Distribuição do Hipoclorito de Sódio para as Regionais de Saúde e municípios, bem como sua orientação de uso nos casos de tratamento individual;
- Publicação de dados com o Boletim da Qualidade de Água (mensal) e publicidade das normas e legislações estaduais específicas.

2.2 PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA)

O PSA é desenvolvido com objetivo de prevenção de riscos, por meio da identificação de riscos e potenciais eventos perigosos. Entre suas etapas, o monitoramento das possíveis falhas que possam impactar na qualidade de água enviada ao consumidor, é a principal medida preventiva para evitar a distribuição de águas que ofereçam riscos à saúde do contribuinte (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

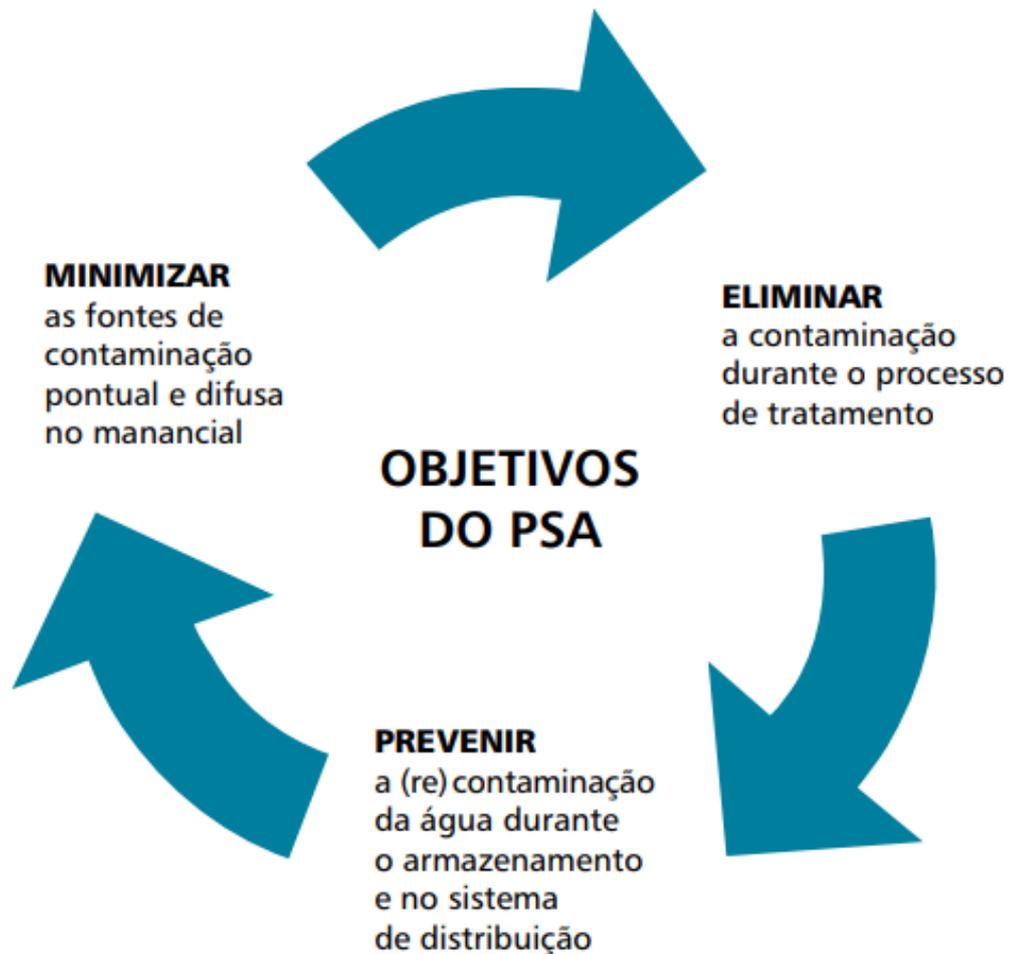
O plano é moldável aos diferentes contextos dos sistemas de tratamento de água. O PSA aplica-se tanto para ambientes urbanos como para pequenos sistemas de abastecimento de água. A abordagem para os pequenos SAA é feita de forma mais simplificada, em 6 etapas, enquanto para grandes centros urbanos são 11 etapas (WHO, 2023).

O Ministério da Saúde (2012) aborda as etapas como:

- “ 1. **Etapas preliminares**, que envolvem o planejamento das atividades; o levantamento das informações necessárias; e a constituição da equipe técnica multidisciplinar de elaboração e implantação do PSA;
2. **Avaliação do sistema**, que envolve a descrição do sistema de abastecimento de água, a construção e validação do diagrama de fluxo; a identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos; e o estabelecimento de medidas de controle dos pontos críticos;
3. **Monitoramento operacional**, cujo objetivo é o de controlar os riscos e garantir que as metas de saúde sejam atendidas. Envolve a determinação de medidas de controle dos sistemas de abastecimento de água; a seleção dos parâmetros de monitoramento; e o estabelecimento de limites críticos e de ações corretivas;
4. **Planos de gestão**, que possibilitem a verificação constante do PSA e envolvam o estabelecimento de ações em situações de rotina e emergenciais; a organização da documentação da avaliação do sistema; o estabelecimento de comunicação de risco; e a validação e verificação periódica do PSA;
5. **Revisão do PSA**, que deve considerar os dados coletados no monitoramento; as alterações dos mananciais e das bacias hidrográficas; as alterações no tratamento e na distribuição; a implementação de programas de melhoria e atualização; e os perigos e riscos emergentes. O PSA deve ser revisado após desastres e emergências para garantir que estes não se repitam;
6. **Validação e verificação do PSA**, com o objetivo de avaliar o funcionamento do PSA e saber se as metas de saúde estão sendo alcançadas.”

O PSA simboliza uma evolução do conceito das avaliações de vulnerabilidade para todo o sistema de abastecimento de água (WHO, 2017). Esse instrumento tem os objetivos específicos conforme a Figura 5.

Figura 5 - Objetivos do Plano de Segurança da Água



Fonte: Bastos (2010).

Além desses objetivos, o plano contém princípios que fundamentam as tomadas de decisão dentro de seu escopo.

2.2.1 Princípios do PSA

A estratégia do PSA baseia-se em diversos princípios e conceitos para o gerenciamento de possíveis vulnerabilidades dos sistemas de abastecimento. Como

princípios tem-se: Princípios de Múltiplas Barreiras; nas Boas Práticas; na Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC); e na Análise de Risco.

2.2.1.1 *Princípio das Múltiplas Barreiras*

Este princípio é composto de etapas de procedimentos para prevenção, redução e eliminação da contaminação. A legislação brasileira orienta a aplicação desse princípio baseado nas características individuais do sistema, considerando: ocupação da bacia contribuinte ao manancial, o histórico das características das águas, a parte física e operacional do sistema e na qualidade da água distribuída (BRASIL, 2011).

2.2.1.2 *Princípio de Boas Práticas*

Boas práticas são medidas de controle que garantem a eficácia de cada barreira, visando prevenir riscos. Essas práticas são adotadas nas etapas de concepção, projeto, construção, operação e manutenção de um sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, com o objetivo de reduzir os riscos à saúde humana (BASTOS *apud* MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

2.2.1.3 *Princípio Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)*

A Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle é um método sistemático para identificar perigos e avaliar os riscos que podem impactar a segurança da água. Seu objetivo é estabelecer medidas de controle para gerenciá-los (WHO, 1998).

2.2.1.4 *Princípio Análise de Risco*

O objetivo da Análise de Risco é classificar e dar prioridade aos riscos, a fim de auxiliar na avaliação e no gerenciamento. Ela engloba as etapas de Avaliação, Gestão e Comunicação de Risco. (AS/NZS *apud* MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

2.2.2 PSA para o Santa Catarina

O Estado de Santa Catarina possui uma população estimada total de 7.338.473 pessoas para o ano de 2021 (IBGE, 2021), e destes têm-se que 89,8% dos municípios catarinenses se enquadram, nos critérios da Fundação Nacional de Saúde (Funasa) (2020), como pequenas comunidades com população de até 50 mil habitantes. Por este motivo dentro da classificação da WHO (2023), enquadra-se as orientações sobre a formulação do PSA para os Pequenos Suprimentos de Água, com as 6 etapas indicadas.

O monitoramento se mostra mais desafiador nesses contextos de pequenas comunidades, por motivos de recursos físicos e financeiros da realidade dos SAA dessas localidades. Assim, nas análises em que o limite não atende às especificações, existe a possibilidade dessa água insegura ser distribuída ao consumidor. Neste contexto, se enquadra o PSA como ferramenta de monitoramento preventivo para garantir água segura (WHO, 2017). Desse modo, essa necessidade demanda aplicação do conceito de Segurança Hídrica.

2.3 SEGURANÇA HÍDRICA

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2013), a garantia da segurança hídrica envolve "assegurar o acesso sustentável a água de qualidade, em quantidade adequada para sustentar os meios de subsistência, o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconômico; proteger contra a poluição hídrica e desastres relacionados à água; preservar os ecossistemas em um ambiente de paz e estabilidade política".

Ao conceito de segurança Hídrica estão atrelados uma série de conceitos. Esse entendimento é essencial para compreensão da abordagem metodológica sobre o monitoramento preventivo eficaz. Entre os conceitos tem-se: indicadores, riscos, perigos, eventos perigosos (com os subtópicos: seca, fortes chuvas e inundação, primeira chuva, agrotóxicos presentes na água bruta, contaminação por efluentes não tratados, ruptura de rede e tratamento ineficiente da ETA).

2.3.1 Indicadores e medidas de mitigação

Os indicadores são recursos utilizados para caracterizar uma determinada situação, viabilizando comparações entre diferentes contextos, grupos ou populações. Além disso, podem ser empregados para análise de atividades, permitindo a observação de transformações ao longo de um período. Eles têm o objetivo de gerar dados que constituem subsídio essencial à tomada de decisões, pois desencadeiam o processo conhecido como informação, decisão e ação (BRASIL, 2006).

Através das informações fornecidas pelos indicadores é possível a adoção de medidas mitigatórias no momento adequado. Essas ações têm como intuito o controle ou redução dos eventos capazes de gerar algum tipo de risco à saúde, com essa estratégia visa-se minimizar o risco a níveis aceitáveis (ANVISA, 2017).

Para contribuir com a redução dos perigos dentro de um SAA, a World Health Organization (WHO) elaborou diretrizes de monitoramento de água que abordam diversos potenciais indicadores da qualidade da água. No entanto, certos indicadores são de interesse da saúde do consumidor apenas em determinadas circunstâncias e localidades, e devem passar por uma avaliação. A assertiva seleção dos parâmetros relevantes para os locais de monitoramento garantirá que os esforços serão direcionados aos constituintes de maior risco à saúde pública (WHO, 2017).

2.3.2 Riscos

Segundo a WHO (2017), o conceito de risco é atrelado a um determinado perigo. O risco associado a este perigo acontece na intersecção dos impactos na saúde quantificados pela gravidade e possibilidade de ocorrência quantificada pela exposição ao perigo, conforme mostra a Figura 6. A combinação destas duas formas de medida indica o nível do risco associado.

Figura 6 - Conceito de risco



Fonte: Adaptado de WHO (2017).

2.3.3 Perigos

Dentro dos sistemas de abastecimento de água, os perigos são agentes químicos, físicos ou microbianos capazes de causar danos à saúde pública (WHO, 2023). Existem três principais categorizações dos perigos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Perigos relacionados as metas

Categoria	Metas
Perigos microbianos	Metas relacionadas a ocorrência e concentrações nas águas captadas do manancial, e a contribuição dos organismos à doenças.
Perigos químicos	Atreladas a gravidade do dano à saúde, e a exposição considerando frequência e concentração.
Perigos aceitabilidade	Ultrapassar esses padrões não gera danos à saúde de forma direta, mas pode gerar desconfiança do consumidor e levá-lo a consumir água de fontes alternativa e possivelmente menos segura.

Fonte: Adaptado de WHO (2017).

2.4 EVENTOS PERIGOSOS AOS SISTEMAS

Os sistemas de abastecimento de água estão suscetíveis a uma série de eventos perigosos que podem comprometer a qualidade e a disponibilidade desse

recurso vital em diferentes níveis de acordo com sua frequência e sua gravidade (WHO, 2014). Entende-se como evento perigoso uma situação que prejudique a eliminação de um contaminante da água impedindo o fornecimento de água potável (ABNT, 2023).

A seguir são conceituados alguns eventos perigosos: seca, fortes chuvas e inundação, primeira chuva, agrotóxicos presentes na água bruta, contaminação por efluentes não tratados, ruptura de rede e tratamento ineficiente da ETA.

2.4.1 Seca

A seca é caracterizada pela ausência prolongada, deficiência acentuada ou baixa distribuição de precipitação. É um período seco que se prolonga por tempo suficiente para causar um sério desequilíbrio hidrológico devido à falta de chuva. Na perspectiva meteorológica, a seca é uma estiagem mais extensa que resulta em uma redução sustentada das reservas hídricas existentes. Porém, em uma perspectiva socioeconômica, a gravidade da seca depende mais das vulnerabilidades dos grupos sociais afetados do que das condições climáticas em si (BRASIL, 2002b).

2.4.2 Inundação

A inundação é um evento que ocorre quando há o transbordamento de água além do leito normal de rios, mares, lagos e açudes, ou quando ocorre a acumulação de água devido à drenagem deficiente em áreas não habitualmente submersas (ESPIRITO SANTO, 2017).

As precipitações intensas e concentradas podem provocar contaminação biológica e química, comprometimento de estruturas do sistema de abastecimento (ETAs, Adutoras e Captação), deslizamentos de terra e agravo na dispersão de doenças (FREITAS; XIMENES, 2012; CRISTO, 2002). Algumas das possíveis causas de inundação são assoreamento de rios, a compactação e impermeabilização do solo, ondas intensificadas, as precipitações intensas combinadas com marés elevadas, a drenagem inadequada de áreas a montante de aterros e o estrangulamento de rios devido a desmoronamentos (BRASIL, 2002b).

2.4.3 Primeira Chuva

Segundo Loch e Brentano (2020), o período de um dia após a observação da precipitação gera uma variação na turbidez da água bruta captada de até 20% para as precipitações maiores que 35 mm. Há forte relação entre a precipitação e a concentração de sólidos dissolvidos totais e sólidos em suspensão (BASSO; MOREIRA; PIZZATO, 2011). Assim, destaca-se a importância de monitorar e compreender os efeitos da primeira chuva em termos de qualidade da água, especialmente em situações de precipitações mais acentuadas.

2.4.4 Agrotóxicos em água para consumo humano

Como definição de agrotóxico no Brasil, o Decreto Federal n.º 4.074, em seu Artigo 1º, define o termo agrotóxico como:

Produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 2002a).

O consumo de agrotóxico mundial se aproxima dos 2,5 milhões de toneladas. O uso de agrotóxico no Brasil se apresenta superior a 300 mil toneladas por ano. Esses valores representam um aumento no consumo de agrotóxico de 700% nos 40 anos mais recentes da análise, em uma comparação de apenas 78% de crescimento na área agrícola cultivada (EMBRAPA, 2021). De acordo com Hess e Nodari (2022), a avaliação do intervalo de 2010 a 2020 mostra um aumento de agrotóxicos usados foi de 78,3%, aproximadamente três vezes superior ao acréscimo da área de cultivo agrícola, 27,3% representando um aumento no consumo desse produto por hectare cultivado.

O uso de agrotóxico representa um evento perigoso para os sistemas de abastecimento uma vez que mesmo os agrotóxicos de média ou baixa toxicidade

podem gerar problemas à saúde devido o contato prolongado causando assim a intoxicação crônica. Segundo Carneiro *et al.* (2015), esses danos à saúde humana podem se manifestar de diversas formas, como por exemplo: cânceres, alergias, má-formações congênitas, distúrbios endócrinos, efeitos neurológicos retardados ou mesmo problemas mentais

Apesar da exigência legal no Brasil de monitorar os níveis de certos agrotóxicos na água destinada ao consumo humano, na maioria dos municípios não ocorrem análises laboratoriais e os resultados não são divulgados para os consumidores (CARNEIRO *et al.*, 2015).

2.4.5 Contaminação por efluentes não tratados

A situação de contaminação da fonte da captação do SAA pode implicar em riscos à saúde do consumidor. Como possíveis situações de potencial perigo, tem-se o lançamento de resíduos industriais e agropecuários na área da bacia de captação, seja o descarte nos corpos d'água superficiais, ou em camadas subterrâneas, pode haver contaminação das águas subterrânea (BRASIL, 2006). Assim o manancial de abastecimento fica suscetível a contaminação externa e sua qualidade comprometida.

2.4.6 Ruptura de rede

As incidências de rompimento das redes de distribuição de água para abastecimento se relacionam a diversos fatores, entre os quais pode-se citar: o tipo de material (atrelado a característica de flexibilidade), o tipo de solo em que está instalada e a forma de operação do sistema (PATRÍCIO, 2007). De acordo com Carmo, Bevilacqua e Bastos (2008), a falta de integridade do sistema de distribuição com ruptura de rede e infiltrações pode resultar em contaminação da água tratada com a presença de coliformes totais, apresentando riscos à saúde do consumidor.

2.4.7 Más condições da ETA

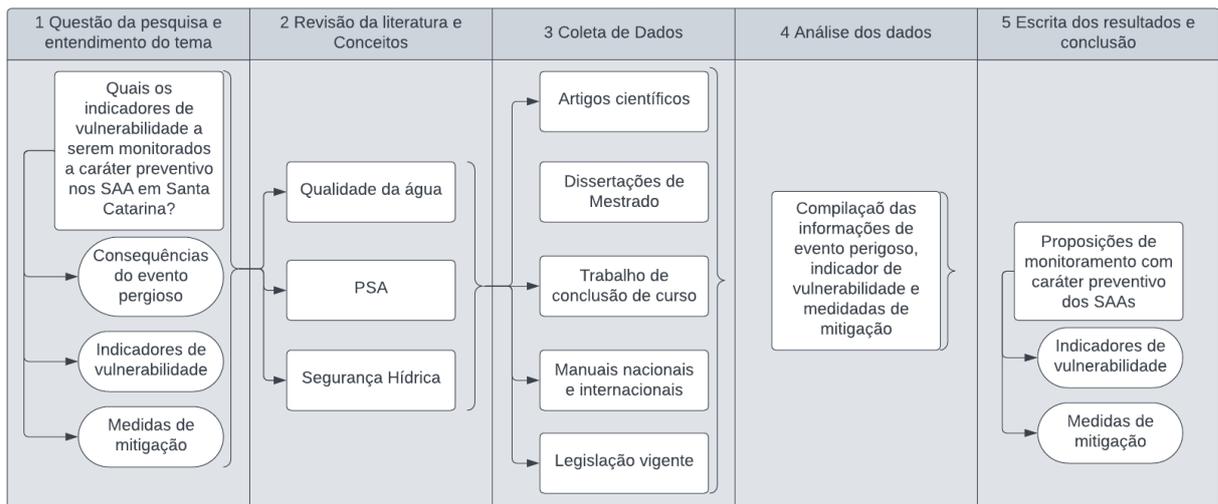
A falta de condição adequada da ETA acarreta prejuízos consideráveis a qualidade da água distribuída. Falhas no tratamento podem resultar na presença de

E. Coli na rede de distribuição. Esse evento representa um potencial perigo ao sistema, devido ao fato desse indicador ter como origem exclusiva material fecal, acarretando uma relação direta a possível presença de organismos patogênicos (CARMO; BEVILACQUA; BASTOS, 2008).

3 METODOLOGIA

Para este trabalho, adotou-se o processo metodológico proposto por Bryman (2016), adaptado pela autora conforme a Figura 7. A metodologia proposta é composta por etapas sequenciais. Primeiro definiu-se a questão a ser respondida pela pesquisa e o entendimento global do tema. Na sequência, selecionou-se os assuntos norteadores da revisão da literatura e os conceitos pertinentes. A coleta de dados foi feita de forma qualitativa com a seleção de documentos referência no assunto. Em seguida, analisou-se os dados levantados por meio de uma compilação das informações de acordo com o potencial evento perigoso relacionado. Por fim, a escrita dos resultados e conclusão.

Figura 7 - Metodologia de pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2023).

3.1 QUESTÃO DA PESQUISA E ENTENDIMENTO DO TEMA

Em conversa com o professor orientador, foram definidos o tema de estudo e a questão que o preencheria a lacuna do estudo:

- Qual possível abordagem de monitoramento preventivo garantiria água potável segura à população?

Os dados coletados sobre o tema foram analisados em três vertentes: as consequências da ocorrência desse evento perigoso, ou seja, os impactos gerados

quando esse evento acontece; os possíveis indicadores de vulnerabilidade que podem ser usados como ferramenta de monitoramento da incidência desse evento; e por fim, de forma sugestiva, as potências medidas mitigadoras. Com esta abordagem visa-se a aplicação da melhoria contínua, ao pensar nos três componentes atuando de forma cíclica, conforme Figura 8.

Figura 8 - Componentes da base da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2023).

Para o levantamento das informações da pesquisa, fez-se os seguintes questionamentos:

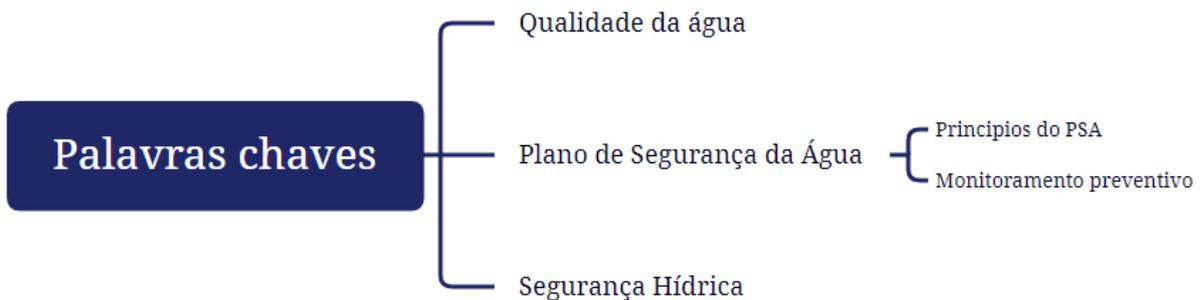
- Quais os eventos que podem apresentar perigosos aos sistemas de abastecimento de água?
- Quais informações podem indicar a ocorrência de um determinado evento perigoso e serem usadas como indicadores de vulnerabilidade?
- Quais as medidas capazes de mitigar os impactos na ocorrência de um evento perigoso?

Delimitou-se o escopo de estudo para o Estado de Santa Catarina com a finalidade de definir um contexto específico e conseqüentemente eventos perigosos com maior coerência à região de estudo. Visto que em um contexto nacional, o Brasil possui grande diversidade em questões geográficas, climáticas e demográficas que reduziriam a precisão dessa escolha.

3.2 REVISÃO DA LITERATURA E CONCEITOS

Para o desenvolvimento desta etapa fez-se um estudo com uma densa pesquisa bibliográfica a assuntos relacionados aos principais temas. Na Figura 9, estão as palavras-chaves que orientaram o raciocínio da pesquisa e a seleção das fontes teóricas. Foram separados os três principais conceitos para resolução da pergunta da pesquisa: Qualidade da água, Plano de Segurança da Água e Segurança Hídrica. Após a leitura dos documentos, foram criadas tabelas e fluxogramas contendo um compilado das informações levantadas, com o objetivo de facilitar a análise subsequente.

Figura 9 - Palavras-chave da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2023).

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados é uma etapa decisiva para os projetos de pesquisa (BRYMAN, 2016). Para o desenvolvimento desta etapa de forma eficaz, foi elaborado um banco de dados com os documentos levantados pela revisão da literatura. Elaborou-se uma planilha *Excel* para organização das informações, tendo como colunas: referência, título do documento, e por fim o tema principal abordado, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Exemplificação da planilha para organização dos documentos

Referência	Título	Tema
Hess e Nodari (2022)	Agrotóxicos no Brasil: Panorama dos produtos aprovados entre 2019 e 2022	Agrotóxicos presentes na água bruta
Freitas e Ximeses (2012)	Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação	Inundação
Patrício (2007)	Análise de perdas na rede de distribuição de água em um subsetor da cidade de Presidente Prudente-SP	Ruptura de rede

Fonte: Elaboração própria (2023).

Primeiro os documentos foram levantados de forma individual com seu tema e título conforme visto acima. Em um segundo momento, com uso desse conhecimento, elaborou-se a Tabela 4 sobre os temas abordados para a pesquisa, e os subtemas: as consequências do potencial evento perigo, os possíveis indicadores de vulnerabilidade e medidas de mitigação cabíveis.

Tabela 4 - Organização para entendimento dos dados levantados

Referência	Tema	Subtema
Silva <i>et al.</i> (2008)	Primeira chuva	Indicadores de vulnerabilidade
Freitas e Ximeses (2012)	Inundação	Medida de mitigação
CIDASC (2021)	Agrotóxicos presentes na água bruta	Indicadores de vulnerabilidade
Santa Catarina (2022)	Seca	Consequência do evento perigoso

Fonte: Elaboração própria (2023).

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Após a coleta de dados, realizou-se uma análise crítica dessas informações, buscando identificar padrões, tendências e insights relevantes relacionados à abordagem atual de monitoramento e sua eficácia na prevenção dos riscos gerados pelos eventos perigosos. Com base nessa análise, definiu-se a abordagem para o monitoramento preventivo de sistemas de abastecimento de água. Essa metodologia inclui medidas e estratégias que visam identificar precocemente potenciais eventos perigosos e evitar falhas ou interrupções no abastecimento de água.

Os dados qualitativos coletados na revisão bibliográfica viabilizaram a definição dos potenciais eventos perigosos, que tiveram como critério de seleção a existência de interferência na qualidade da água. Em seguida, buscou-se em documentos científicos dados que permitiam prever a ocorrência do evento perigoso, ou seja, indicadores de vulnerabilidade. Então, sugeriu-se medidas preventivas para redução ou eliminação dos riscos causados pela incidência dos eventos perigosos.

3.5 ESCRITA DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO

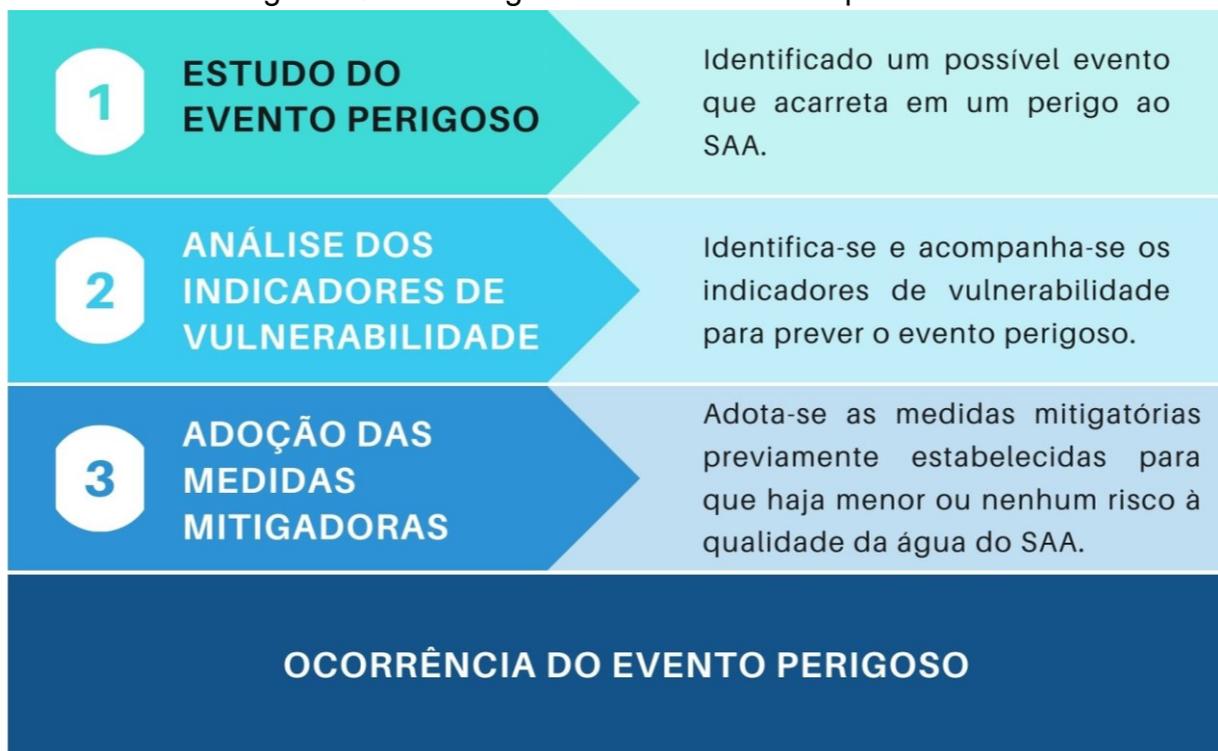
Para melhor entendimento dos resultados, elaborou-se o Quadro 3 com o objetivo de tornar visual a sequência do raciocínio para o acompanhamento dos SAAs na abordagem do monitoramento preventivo. Na sequência apresentou-se o Quadro 4, em que é detalhado ações com o intuito da minimização ou eliminação dos impactos gerados pelos eventos perigosos na qualidade de água distribuída e consumida pela população. Apresentando direcionamento para aplicação do monitoramento preventivo desses eventos para os municípios catarinenses e a redução dos riscos de uma água sem qualidade adequada ser distribuída.

A escrita dos resultados foi dividida em tópicos com a finalidade de se aprofundar e descrever o quadro. Dessa forma, dividiu-se nos tópicos: seca; chuvas fortes e inundação; primeira chuva; agrotóxicos presentes na água bruta; ruptura de rede/adutora; más condições da ETA. Cada tópico aborda o seguinte padrão de redação: consequências na ocorrência do evento perigoso, os possíveis indicadores de vulnerabilidade para o monitoramento preventivo, e medidas de mitigação viáveis para redução do impacto gerado ao SAA. Essa abordagem tem como objetivo final fornecer um direcionamento do procedimento de monitoramento de SAA por um caráter preventivo, ao invés da abordagem corretiva geralmente aplicada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abordagem do monitoramento proposto neste trabalho segue a seguinte sequência: o estudo do evento perigoso; a análise dos possíveis indicadores de vulnerabilidade; e a sugestão e adoção das medidas mitigadoras; isto antes da ocorrência do evento perigoso. As três primeiras etapas constituem a abordagem preventiva, conforme indicado na Figura 10.

Figura 10 - Abordagem do monitoramento preventivo



Fonte: Elaboração própria (2023).

A partir da definição dos eventos perigosos, a análise individual de seus indicadores de vulnerabilidade e medidas de mitigação de seus impactos, elaborou-se o Quadro 4, como sugestão de procedimentos preventivos aos eventos prejudiciais à qualidade do abastecimento da água.

Quadro 4 - Potenciais indicadores e medidas preventivas para eventos perigosos

EVENTO PERIGOSO SELECIONADO	ESTUDO DO EVENTO PERIGOSO	ANÁLISE DOS INDICADORES DE VULNERABILIDADE	ADOÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS
SECA	Dificuldade de captação no manancial, insuficiência hídrica e alterações na qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> Nível de água no ponto de captação Histórico de seca 	<ul style="list-style-type: none"> Manobras operacionais; Diversificação das fontes de abastecimento; Atendimento por meio de caminhão pipa; Comunicados para redução do consumo de água; Redução da vazão de tratamento na ETA.
CHUVAS FORTES E INUNDAÇÃO	Contaminação química e biológica da água, comprometimento de rede e de fontes de abastecimento alternativo.	<ul style="list-style-type: none"> Histórico de Chuvas torrenciais; Nível do rio; Qualidade da água bruta. 	<ul style="list-style-type: none"> Suspensão de captação de poço inundáveis; Redução da captação da ETA em manancial superficial Reduz vazão pelo fato da água estar muito contaminada + pré-oxi + ativar outro poço.
PRIMEIRA CHUVA	Aumento de turbidez e sólidos suspensos na água bruta em áreas próximas a perímetros urbanos.	<ul style="list-style-type: none"> Fator dia de chuva 	<ul style="list-style-type: none"> Redução de vazão de captação pelo concentrado Carvão ativado para substâncias que podem ser adsorvidas Contratação de carro pipa
AGROTÓXICOS PRESENTES NA ÁGUA BRUTA	Mananciais superficiais são os mais afetados.	<ul style="list-style-type: none"> Observação mensal da aplicação ou não de agrotóxicos em função do ciclo das culturas 	<ul style="list-style-type: none"> Manobras operacionais: a redução da vazão de captação ou até mesmo sua suspensão temporária; Diversificação das fontes de abastecimento; Alteração do tratamento da ETA.
CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES NÃO TRATADOS	Fontes de contaminações do entorno: presença de fezes de animais e resíduos domiciliares não tratados.	<ul style="list-style-type: none"> Nitrato 	<ul style="list-style-type: none"> Campanhas de conscientização e educação ambiental; Investimentos para o tratamento adequado.
RUPTURA DE REDE	Contaminação biológica e física	<ul style="list-style-type: none"> Nº de avarias de rede/km de rede Quantas rupturas e adutoras por mês Histórico mensal 	<ul style="list-style-type: none"> Regulação de pressão; Aprimorar as medidas de conserto de rede Intensificar o monitoramento de cloro residual na rede.
MÁS CONDIÇÕES DA ETA	Má coagulação leva a má floculação, resultando em problemas de decantação e colmatação dos filtros.	<ul style="list-style-type: none"> Aumento da turbidez 	<ul style="list-style-type: none"> Etapa adicional no tratamento Antecipação ao problema: aprimoramento coagulação e floculação, manutenção regular dos filtros e uso de tecnologias avançadas ao tratamento.

Fonte: Elaboração própria (2023).

A primeira coluna, intitulada "Evento perigoso", lista-se potenciais eventos perigosos selecionados para o contexto de Santa Catarina. A segunda, estão informações levantadas sobre esses potenciais eventos e seus riscos ao SAA. Esses eventos podem levar a insegurança da qualidade da água, comprometendo a saúde dos consumidores. Já na terceira coluna, denominada "análise de indicadores de

vulnerabilidade", estão os indicadores que são monitorados para identificar a vulnerabilidade diante dos eventos perigosos descritos na primeira coluna. A finalidade desses indicadores é acompanhar as fontes dos problemas de forma preventiva, não se limitando apenas a abordar as consequências dos eventos, mas visando uma análise que evite que tais eventos impactem o sistema e sobretudo a qualidade da água distribuída. Por fim, a última coluna trata das "adoção de medidas de mitigação". Nessa coluna, são apresentadas alternativas que podem ser adotadas pelos responsáveis pelo sistema de abastecimento de água em casos mais graves, nos quais um evento perigoso ocorra. Essas medidas têm como objetivo lidar com a situação e minimizar os impactos aos consumidores da água, buscando uma resposta eficiente diante de eventos indesejados.

Com o propósito de aprofundar-se nas informações listadas sobre os potenciais eventos perigosos e suas respectivas informações de indicadores e ações de mitigação, foram elaborados os tópicos a seguir com base nos sete eventos perigosos selecionados. Os tópicos abordam cada assunto, iniciando a partir da justificativa do estudo do evento perigoso; a identificação e análise de seus indicadores de vulnerabilidade e, por fim, medidas de mitigação a serem adotadas. Complementando as informações apresentadas na tabela, podemos dividir esses tópicos de acordo com as três colunas correspondentes. Cada coluna representa uma etapa essencial na abordagem dos sistemas de abastecimento de água e traz exemplos de como aplicar as tecnologias associadas, bem como os benefícios relacionados a cada etapa. Essa estrutura busca oferecer uma visão abrangente e prática das medidas necessárias para garantir a qualidade da água e a segurança do abastecimento em Santa Catarina.

4.1 SECA

A seca é um evento perigoso devido suas consequências nos SAA. Em Santa Catarina, os dados de estiagem são fornecidos pelo Boletim Hidro meteorológico Integrado. Essa situação de redução de água no corpo hídrico é comum a todo o estado, mas a região mais afetada pelos efeitos da estiagem é a região Oeste. (SANTA CATARINA, 2022) Portanto, a localização do município é relevante para avaliação do nível de impacto que a estiagem gera e os cuidados no monitoramento desse evento perigoso.

A falta de água afeta as regiões e gera insuficiência hídrica no manancial, sendo essa situação uma das motivações para a execução do Projeto Rio Chapecozinho. Atualmente em andamento em Santa Catarina, seu objetivo principal é resolver as dificuldades enfrentadas pelos municípios de Chapecó, Xaxim, Xanxerê e Cordilheira Alta em relação à captação de água. Essas localidades enfrentam desafios de vulnerabilidade de seus mananciais devido as secas frequentes que assolam a região Oeste catarinense (CASAN, 2022).

Além disso, a seca pode causar alterações significativas na qualidade da água. Durante e após as secas há mudanças em um ou mais parâmetros de qualidade, incluindo turbidez, sabor e odor, preocupações com patógenos e desafios no gerenciamento de subprodutos de desinfecção. Isso pode comprometer a potabilidade da água e aumentar os riscos à saúde da população (WRIGHT *et al.*, 2013). Diante dessas consequências, é fundamental estabelecer indicadores de vulnerabilidade para acompanhar a situação e adotar medidas adequadas.

Um dos dados a serem monitorados é o histórico da seca (HAYES *et al.*, 2005). Uma ferramenta para identificação do período em que historicamente a escassez hídrica é mais frequente. Dessa forma, essa informação permite um planejamento prévio e a adoção de ações preventivas.

Outro indicador é o nível de água na captação. Estabelecendo um limite crítico, é possível monitorar constantemente o nível do manancial e agir de forma preventiva antes que ele atinja um patamar que comprometa a captação adequada. Dessa forma, é possível antecipar-se aos problemas e tomar medidas para minimizar os impactos. Essa informação pode ser adquirida por meio de dados secundários, como por exemplo o Índice Integrado de Seca (IIS) usado para retratar a situação de seca a nível nacional e informado de forma mensal. A Figura 11 indica os possíveis impactos de acordo com o IIS calculado (SANTA CATARINA, 2023).

Figura 11 - Descrição dos Impactos associados às classificações de intensidade de seca

Categoria	Descrição	Recorrência	Impactos Possíveis
S0	Seca Fraca	2 a 5 anos	Entrando em seca: veranico de curto prazo diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo de seca: alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas.
S1	Seca Moderada	5 a 10 anos	Alguns danos às culturas, pastagens; córregos, reservatórios ou poços com níveis baixos, algumas faltas de água em desenvolvimento ou iminentes; restrições voluntárias de uso de água solicitadas.
S2	Seca Grave/Severa	10 a 20 anos	Perdas de cultura ou pastagens prováveis; escassez de água comuns; restrições de água impostas.
S3	Seca Extrema	20 a 50 anos	Grandes perdas de culturas / pastagem; escassez de água generalizada ou restrições
S4	Seca Excepcional	50 a 100 anos	Perdas de cultura / pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência.

Fonte: Santa Catarina (2023).

Diante da seca e de seus indicadores de vulnerabilidade, algumas medidas podem ser adotadas para reduzir o impacto sobre o sistema de abastecimento de água. Como medidas de mitigação das problemáticas da estiagem a Defesa Civil (2021) oferece apoio aos municípios por meio da entrega de reservatórios e kits de transporte de água limpa para ampliar a distribuição de água. O Boletim Hidrometeorológico Integrado (2021) indica algumas medidas adotadas por municípios quando em situações críticas: manobras operacionais, atendimento alternativo por meio de caminhão pipa e comunicados sobre a redução do consumo de água aos consumidores.

No caso de manobras operacionais, tem-se a utilização de outros mananciais, sejam eles superficiais ou subterrâneos. O estudo de caso em Florianópolis apontou que o volume de água para o abastecimento da região é fornecido por quatro fontes diferentes: captação subterrânea do aquífero Campeche, captação superficial da Lagoa do Peri, importação de água do sistema integrado de abastecimento e poços complementares (RODRIGO, 2021). Essa diversificação das fontes de abastecimento permite maior resiliência do sistema diante da escassez em um determinado local, garantindo a continuidade do fornecimento de água.

Como forma de minimizar os impactos da seca, também é possível tomar medidas de gestão, como o incentivo a racionalização do uso da água (NETO; D'AMBROS; JUNIOR, 2016). Segundo os autores, a adoção de programas como o Programa de Uso Racional da Água (PURA) em São Paulo seria importante ao estado Catarinense, como medida complementar a outras ações.

Em resumo, a seca representa uma ameaça significativa aos sistemas de abastecimento de água, com consequências que vão desde a dificuldade na captação até a falta de água. O monitoramento e acompanhamento da seca são fundamentais

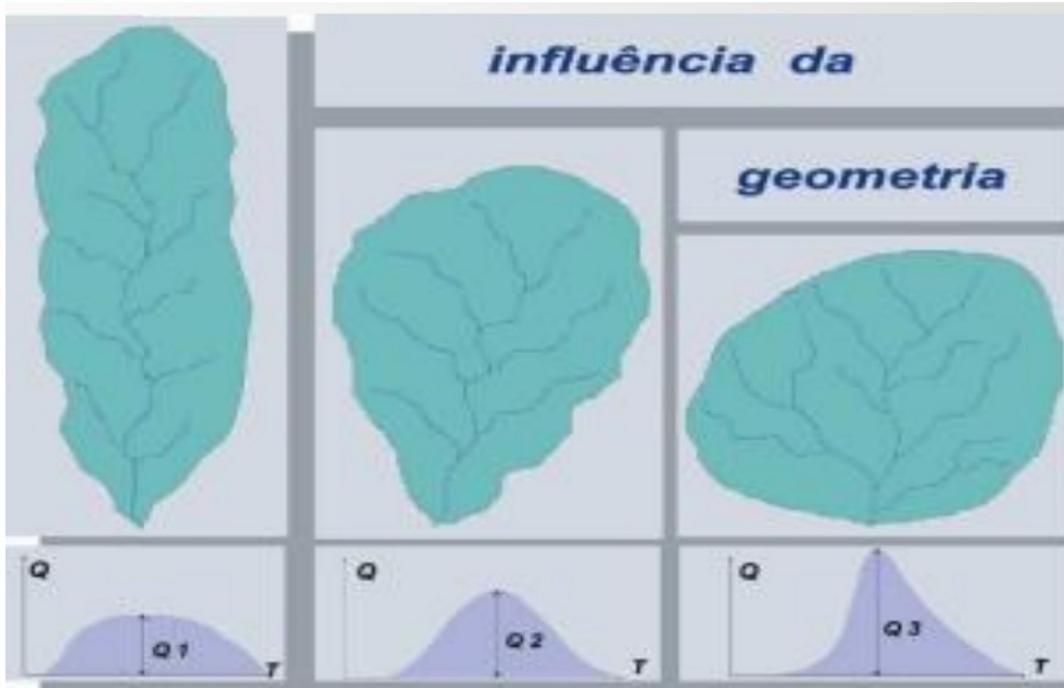
para com os indicadores de vulnerabilidade tomar medidas adequadas. Somente por meio de ações efetivas é possível minimizar o impacto da seca e garantir o abastecimento seguro de água para a população.

4.2 CHUVAS FORTES E INUNDAÇÃO

A inundação ocorre quando o volume de água de um corpo hídrico extravasa para áreas marginais, e vem se agravando com as a oes antrópicas (ESPIR TO SANTO, 2017). Esse evento perigoso ocorre de forma frequente no estado de Santa Catarina, em dezembro de 2022, 30 municípios catarinenses decretaram Situa o de Emergência devido às fortes chuvas (SANTA CATARINA, 2022). A situa o mais crítica das chuvas frequentes foi em 2008, quando 63 municípios estavam em Situa o de Emergência e 14 decretaram Estado de Calamidade Pública (SANTA CATARINA, 2009). Por isso,   essencial que sejam tomadas medidas de monitoramento imediato após eventos de chuvas fortes e inunda o (WHO, 2014).

Para esse evento perigoso, a análise em nível de bacias hidrográficas   bastante relevante. Isso porque conforme pode-se observar na Figura 12, as bacias de formato mais arredondados estão mais propensas a inunda o, observa-se o pico de vazão Q3 mostrado no histograma abaixo das bacias. Sendo conseqüentemente as bacias de formato mais alongado menos suscetíveis a este evento perigoso, pois nelas ocorre um escoamento da água mais moderado (ESPIR TO SANTO, 2017).

Figura 12 - Geometria de bacias hidrográficas e respectivos hidrogramas



Fonte: Espírito Santo (2017).

Segundo Freitas e Ximenes (2012), o processo de cheia causa a contaminação química e biológica da água e o comprometimento de rede e de fontes de abastecimento alternativo. No caso do comprometimento da rede, sua falha afeta o acesso a água potável de parte da população atendida pelo sistema. Ainda de acordo com os autores, a contaminação química e biológica pode ocorrer por meio do contato de água externa com as águas dos mananciais de captação, sejam eles superficiais ou subterrâneos. Em relação aos mananciais subterrâneos, a WHO (2014) sugere, para bom funcionamento dos poços, as seguintes medidas: a verificação da vedação e presença de tampa, canal de drenagem para manutenção da estrutura e a preocupação com contaminantes oriundos de seu entorno.

Como indicador de ocorrência da inundação, indica-se o acompanhamento do histórico desse evento no município. Esse dado pode ser usado na análise dos meses de maior ocorrência das inundações, armazenando informações como: data do evento, quantidade da precipitação, altura da lâmina d'água durante a inundação, e tempo de permanência da inundação (ESPIRÍTO SANTO, 2017). O acompanhamento dessas chuvas torrenciais na bacia deve auxiliar na antecipação das inundações e possíveis impactos.

Nesses meses identificados cabe intensificar o monitoramento da eficiência do sistema de abastecimento de água e a qualidade da água tratada por ele. Assim, o acréscimo de possíveis contaminantes pode ser identificado e tratado com rapidez (FREITAS; XIMENES, 2012). Além disso, a ETA pode optar pelo uso de água proveniente de outras fontes superficiais ou subterrâneas não afetadas. Essa medida visa minimizar o risco de contaminação e garantir que apenas água de qualidade seja distribuída à população.

Um indicador relevante para prever a chegada de inundações e auxiliar na tomada de decisões é o nível do rio (PONS *et al.*, 2016). A elevação desse nível pode ser um sinal de risco iminente e está relacionada à contaminação dos poços de captação de água (FREITAS; XIMENES, 2012). Portanto, é fundamental acompanhar regularmente esse indicador e estabelecer um limite crítico que, quando atingido, justifique a adoção de medidas de precaução.

Uma medida de mitigação eficaz é ativar outro poço de captação fora da área afetada pela inundação. Dessa forma, é possível garantir o fornecimento contínuo de água de qualidade. Além disso, de acordo com o Ministério da Saúde (2006), é fundamental realizar a escavação e o revestimento adequados dos poços rasos para evitar a contaminação dessa fonte de água.

Em suma, a inundação de áreas de poços de captação representa um evento perigoso que pode levar à contaminação da água e comprometer o abastecimento. Monitorar indicadores de vulnerabilidade, como chuvas torrenciais e nível do rio, é essencial para antecipar-se aos problemas. Além disso, medidas de mitigação, como interromper a captação no poço afetado, ativar outros poços e a manutenção adequada da estrutura, são essenciais para garantir a segurança hídrica da população em situações de inundação.

4.3 PRIMEIRA CHUVA

Segundo Loch e Brentano (2020), esse evento gera uma variação na turbidez. O estudo feito por Silva *et al.* (2008) complementa com dados que os impactos mais significativos da precipitação na qualidade da água ocorrerem em locais com maior atividade humana. Dessa forma, para o evento de primeira chuva é preciso atenção especial em locais próximos a perímetros urbanos. Isto porque, esses locais apresentaram altos valores de turbidez e sólidos em suspensão em relação aos

demais pontos analisados no estudo. Os autores Basso, Moreira e Pizzato (2011) apontam ainda outras consequências desse evento, como a contribuição para o assoreamento e deterioração da qualidade da água pela presença de metais pesados e partículas orgânicas e inorgânicos.

Para o monitoramento do impacto na qualidade da água para o evento de precipitação, visto que a Primeira Chuva apresenta maiores interferências nos parâmetros comuns da água bruta, recomenda-se o uso do seguinte indicador de vulnerabilidade, o Fator Dia de Chuva (FC). Ele é o resultado da razão entre o número de dias desde o final da penúltima chuva até início da última (P1) e o número de dias desde o início do último período de chuva (P2), conforme equação abaixo.

$$FC = \frac{P1}{P2} \quad \text{Equação (1)}$$

Considera-se para o cálculo deste indicador períodos de chuva com tempo de duração igual ou superior ao tempo de concentração da bacia, considerando como referencial o ponto de captação. Como ferramenta complementar, pode-se verificar o histórico do Número de Dias Sem Chuva para levantamento dos meses de maior atenção e monitoramento ao sistema. Esse dado é fornecido de forma mensal pelo Boletim de Estiagem, é dado a quantidade de dias sem a ocorrência de precipitação superior a 1 mm (SANTA CATARINA, 2021).

No caso de ocorrência do evento medidas mitigadoras podem auxiliar na eliminação ou redução do impacto, entre as quais podemos citar: a redução de vazão de captação do efluente afetado pela precipitação; uso de carvão ativado para adsorção de possíveis substâncias nocivas à saúde; ou mesmo optar por contratação de carros pipas para o abastecimento.

4.4 AGROTÓXICOS EM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Segundo WHO (2014), o uso indevido de produtos químicos na agricultura na área de drenagem é um potencial evento perigoso. A importância do monitoramento dos agrotóxicos é feita ainda devido ao seu risco à saúde, por intoxicações ou mesmo desenvolvimento de câncer. A Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos apontou 465 notificações de intoxicação por agrotóxico em 2022 no

estado de Santa Catarina. Os casos se distribuíram em 146 municípios, sendo grande parte das exposições devido aos agrotóxicos de uso agrícola chegando a 33,3% dos casos (DIVS, 2023).

Quanto ao impacto nos sistemas de abastecimento de água, os corpos hídricos superficiais são os mananciais mais afetados por esse tipo de evento de perigoso. Como forma de monitorar a presença dessas substâncias nas captações de água bruta, a Sanepar (1999) sugere o monitoramento seletivo dos agrotóxicos. Essa seleção deve seguir a sazonalidade das plantações, os agrotóxicos mais recorrentes em cada bacia hidrográfica e os limites recomendados pela legislação. Assim, esse acompanhamento da sazonalidade das plantações compõem um calendário agrícola, que indica os períodos em que são utilizados agrotóxicos nas diferentes culturas.

Neste trabalho, indica-se aos municípios uma estruturação das colocações da Sanepar (1999), por meio de um levantamento das produções agrícolas da bacia, os principais agrotóxicos usados nesses plantios e seus períodos de uso para cada produção agrícola. Assim, construído esse “Calendário Agrícola” permitirá aos SAAs maior eficiência de monitoramento dessas substâncias nocivas na água bruta captada. Portanto, a aplicabilidade desse monitoramento preventivo dos sistemas municipais consiste em 3 passos:

- 1- Identificação das culturas correspondentes a bacia hidrográfica que fornece água bruta para ETA;
- 2- Indicação do agrotóxico usado para determinada cultura;
- 3- Elaboração do plano de amostragem.

Por exemplo, o Ministério da Agricultura definiu um calendário de semeadura para a soja para Santa Catarina. O período de plantio foi definido de 13 de setembro de 2021 a 31 de janeiro de 2022 visando a racionalização do uso do fungicida (CIDASC, 2021). Dessa forma, esse Calendário Agrícola pode seguir o modelo, conforme a Quadro 5.

Quadro 5 - Modelo do Calendário Agrícola

Período de uso do defensivo agrícola	Tipo de cultura	Agrotóxico usado
13/setembro a 31/janeiro	Soja	Fungicidas utilizados na bacia
-	-	-
-	-	-

Fonte: Elaboração própria (2023).

Esse quadro considera os tipos de agrotóxicos utilizados em cada cultura, fazendo um monitoramento mais preciso para identificar quais substâncias podem ter maior chance de contaminação da água bruta.

Como formas de mitigar os impactos da presença desses componentes na água bruta, algumas medidas podem ser adotadas. Como a mudança da captação do manancial, direcionando-se para fontes de captação com águas menos afetadas pode reduzir significativamente a presença dessas substâncias no abastecimento. Manobras como essa de flexibilidade de manancial podem ser feitas ainda para suspensão da captação do manancial contaminado, em casos elevadas concentrações de substância representando risco iminente para saúde pública.

A alternância ou substituição de mananciais também pode ser uma medida viável. Utilizar diferentes fontes de água para o abastecimento, de forma alternada, permite reduzir a exposição contínua a um mesmo manancial potencialmente contaminado por agrotóxicos.

4.5 CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES NÃO TRATADOS

As fontes dessa contaminação são diversas, podendo ser devido a contaminação por fezes de animais devido a produções no entorno, a resíduos domiciliares descartados de forma inadequada no solo ou em rios (WHO, 2014). Essa forma de poluição pode acarretar uma série de problemas ambientais e de saúde pública, tornando fundamental o monitoramento e acompanhamento dessa situação.

Para monitorar de forma preventiva, sugere-se o uso de parâmetros específicos. No caso de locais com contribuição de produção agrícola, por exemplo, a concentração de nitrato deve ser monitorada (TEDESCO; OLIVEIRA; TROJAN, 2021). Esse monitoramento pode prevenir a ocorrência de eutrofização, em que os corpos d'água ficam com excesso de nutrientes. Esse processo por sua vez impacta o fornecimento de água de diversas formas: redução de disponibilidade de oxigênio (afeta bactérias aeróbias envolvidas no tratamento biológico), produção de compostos orgânicos (reação com cloro e formação de produtos indesejados), e excesso de algas (dificuldade na coagulação, floculação e sedimentação).

Diante desse cenário, medidas devem ser tomadas para reduzir o impacto da contaminação por efluentes não tratados e minimizar os efeitos negativos ao sistema de abastecimento de água. Investimentos devem ser direcionados para o tratamento

adequado dos efluentes antes de seu lançamento nos corpos hídricos. Nas estações de tratamento de esgoto deve-se ter correto dimensionamento e operação de forma eficiente, garantindo a remoção dos poluentes e a desinfecção adequada para evitar a contaminação biológica.

Além disso, é fundamental a implementação de campanhas de conscientização e educação ambiental, ao público gerador de efluentes visando a sensibilização sobre os benefícios para o meio ambiente e melhoria das condições sanitárias (ARIS, 2023). A promoção de práticas sustentáveis, o estímulo a adoção de tecnologias mais limpas e eficientes são medidas adicionais que podem contribuir para a redução da contaminação por efluentes não tratados.

4.6 RUPTURA DE REDE

A ruptura de tubulações de distribuição de água pode gerar contaminação biológica ou física da rede, comprometendo a qualidade da água fornecida à população. Para lidar com esse evento perigoso, é necessário considerar indicadores de vulnerabilidade e adotar medidas de mitigação adequadas.

Um possível indicador de vulnerabilidade é o número de avarias de rede por quilômetro de extensão. Esse indicador revela a frequência com que ocorrem rupturas ou danos na rede, indicando pontos vulneráveis que requerem atenção. O controle de perdas também é um indicador relevante, pois vazamentos e rupturas podem resultar em desperdício de água e afetar a disponibilidade do sistema de abastecimento. (PATRÍCIO, 2007). Além disso, é importante considerar o registro do município, que contabiliza a quantidade de rupturas e adutoras ocorridas mensalmente. A proximidade de meses com maior ocorrência histórica é um indicador que permite antecipar-se a períodos críticos e adotar medidas preventivas.

Para mitigar os impactos da ruptura de rede ou adutora, diversas medidas podem ser adotadas. A regulação de pressão é uma delas, pois a pressão excessiva na rede aumenta o risco de rupturas. Através do controle adequado da pressão, é possível reduzir a probabilidade de ocorrência desses eventos (PATRÍCIO, 2007).

É fundamental aprimorar as medidas de conserto de rede, como técnicas de reparo rápido e eficiente. Com uma resposta ágil à ocorrência de rupturas, é possível minimizar o tempo de interrupção do abastecimento e reduzir os impactos sobre a população (SOARES, 2015).

Intensificar o monitoramento do cloro residual na rede é outra medida importante. O cloro residual é um indicador da eficácia do tratamento de água e da presença de contaminantes. Através de um monitoramento mais frequente, é possível detectar precocemente a contaminação da rede e adotar medidas corretivas de forma imediata (WHO, 2017).

Em resumo, a ruptura de rede ou adutora representa um evento perigoso que pode causar contaminação e comprometer o abastecimento de água. Monitorar indicadores de vulnerabilidade, como a quantidade de avarias na rede, o controle de perdas e o histórico de rupturas mensais, é essencial para antecipar-se aos problemas. Além disso, medidas de mitigação, como a regulação de pressão, a programação de limpezas mais frequentes e o aumento do número de descargas, podem auxiliar a reduzir a ocorrência do evento.

4.7 MÁS CONDIÇÕES DA ETA

Os aspectos operacionais precisam ser considerados no consumo e manutenção da ETA. Eles são representados principalmente pela lavagem correta dos filtros, o consumo de produtos químicos na medida adequada e uso de coagulante (ALMEIDA; SILVA; PAULA, 2017). Segundo os autores, a falta de procedimentos adequados pode prejudicar a coagulação acarretando prejuízos as etapas seguintes, com o acúmulo de impurezas nos filtros e sua limpeza mais frequente. Dito isto destaca-se a importância uma etapa de clarificação eficiente por ser a principal responsável por remover a contaminação microbológica da água (LACERDA; RADER; LOPES, 2019). Como consequências das condições inadequadas da ETA tem-se impactos negativos no tratamento da água. Para lidar com esse evento perigoso, é necessário considerar indicadores de vulnerabilidade e adotar medidas de mitigação adequadas.

Um indicador possível é o aumento da turbidez, visto que aumentos inesperados da turbidez devem desencadear maior vigilância e investigação pela equipe da ETA (WOH, 2014). A turbidez é uma medida da quantidade de partículas suspensas na água e, quando elevada, indica a presença de sólidos em suspensão que podem afetar negativamente o tratamento. A análise de um ponto de vista sanitário, a turbidez apresenta risco a saúde, pois microrganismos podem ficar

protegidos por essas partículas transportadas e prejudicar a desinfecção (DI BERNARDO; PAZ, 2008).

Para garantir a eficiência no tratamento, pode-se adequar o procedimento de dosagem de coagulante por meio do uso de Jartest (ALMEIRA; SILVA; PAULA, 2017). As etapas de coagulação e floculação melhoram devido a otimização das dosagens de coagulante e do ajuste dos parâmetros operacionais, como pH e tempo de reação. Com uma coagulação e floculação eficientes, é possível garantir uma adequada remoção de partículas e sólidos suspensos (CARMO; BEVILACQUA; BASTOS, 2008).

Em casos em que não há coagulação química, são necessários outros processos para assegurar a produção de água de qualidade. Visto que a água bruta de corpos d'água superficiais geralmente contém material flutuante, matéria orgânica e organismos como bactérias, vírus e protozoários podem estar presentes e serem um risco a saúde pública. Isso acontece especialmente em estações de tratamento de água com filtros lentos, pois esse processo é substancialmente afetado pela turbidez. Neste sentido, recomenda-se o uso de alguma forma de pré-tratamento (DI BERNARDO; BRANDÃO; HELLER, 1999).

Além disso, é essencial manter uma manutenção regular dos filtros. A baixa turbidez na saída no filtro constitui uma medida preventiva (LOPES, 2008). Segundo Di Bernardo, Brandão e Heller (1999), a turbidez reflete no número de pequenas partículas na água, nas quais microrganismos ficam aderidos e podem afetar etapas sequências como a eficiência da desinfecção.

Constata-se, portanto, que a modificação da qualidade da aflente nas etapas de tratamento pode comprometer o processo de tratamento da água potável. Por esse motivo, é fundamental se antecipar aos possíveis danos causados por essas alterações na água. A longo prazo, o aumento constante da turbidez pode motivar uma mudança na tecnologia aplicada, e por isso aconselha-se a aplicação das ações de mitigação citadas.

5 CONCLUSÃO

A importância da distribuição de água potável segura tornou necessário o monitoramento preventivo dos SAAs. Contudo, este setor apresenta-se voltado a ações corretivas dos perigos, uma atuação paliativa de mero diagnóstico. Assim, o objetivo deste trabalho foi propor um procedimento para uma abordagem preventiva do monitoramento nos SAAs catarinenses.

Através das pesquisas literárias, identificou-se os potenciais eventos perigosos capazes de gerar impactos negativos a qualidade da água. Em um segundo momento, analisou-se os possíveis indicadores de vulnerabilidade e medidas mitigatórias desses eventos para que se consiga, respectivamente, identificar a chegada de um evento perigoso e a realização de ações visando mitigar ou anular o impacto desse perigo na qualidade da água. Observou-se também que apesar da grande relevância do setor, estudos sobre a abordagem do monitoramento de caráter preventivo são escassos.

Neste trabalho buscou-se esclarecer uma possível maneira de serem feitos os monitoramentos preventivos do PSA aplicados ao escopo do Estado de Santa Catarina. Percebeu-se que para a aplicação desta abordagem é necessário um estudo específico para cada região, de acordo com aspectos como, por exemplo, tipo de captação (superficial/subterrânea), ocupação da bacia contribuinte ao manancial, o histórico das características das águas, a parte física e operacional do sistema.

Da análise dos resultados da abordagem proposta destacaram-se as medidas de mitigação mais frequentes: manobras operacionais e alterações de operação (novas estruturas de tratamento e alteração de pressão do sistema de distribuição), e a lógica para o detalhamento desse procedimento. Por fim, depreende-se que o monitoramento preventivo dos eventos perigosos por meio dos indicadores de vulnerabilidade, acompanhado pela aplicação das medidas mitigatórias, têm correlação direta com a disponibilização de água segura.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para futuros trabalhos, recomenda-se os seguintes tópicos para desenvolvimento:

- Estudos de caso em diferentes regiões de Santa Catarina: realizar estudos detalhados em diferentes áreas do estado para entender as peculiaridades locais. Essas informações podem ajudar a desenvolver abordagens preventivas específicas e personalizadas para cada região.
- Avaliação dos indicadores de vulnerabilidade propostos e o seu aprimoramento para a identificação precoce da ocorrência de um evento perigoso.
- Avaliação da eficácia das medidas mitigatórias: realizar estudos para avaliar a eficácia das medidas mitigatórias para um evento perigoso específico. Essa análise pode incluir a coleta de dados antes e depois da implementação das medidas, a fim de verificar a redução de riscos e o impacto na qualidade da água.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 17080: Plano de segurança da água — Princípios e diretrizes para elaboração e implementação**. Rio de Janeiro, 2023.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Arsenic is a naturally occurring element that is widely distributed in the Earth's crust**. 2015. Disponível em: . Acesso em: mar.2023.

ALMEIDA, Marília Cunha; SILVA, Maiara Macêdo; PAULA, Marcelo de. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM RELAÇÃO À TURBIDEZ, COR E PH DA ÁGUA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 25, 26 jul. 2017. Universidade Federal da Bahia. <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v5i1.17396>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA) Brasil. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: ANA, 112 p. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Brasil. **Gestão de Riscos e Investigação de Eventos Adversos Relacionados à Assistência à Saúde**. Brasília: Anvisa, 2017. Disponível em: <https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=ODk0OQ%2C%2C>. Acesso em: 20 jun. 2023

AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO (ARIS). **Resolução Normativa nº 39, de 31 de maio de 2023**, Florianópolis, 2023.

BASTOS, R.K.X. **Roteiro de orientação para implantação de Planos de Segurança da Água – PSA**. 87p. 2010.

BASSO, Luís Alberto; MOREIRA, Luiza Gehrke Ryff; PIZZATO, Fernanda. A influência da precipitação na concentração e carga de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre-RS. **Geosul**, v. 26, n. 52, p. 145-163, 2011.

BERNARDO, Luiz Di; PAZ, Lyda Patrícia Sabogal. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água**. São Carlos: Ldibe, 2008. 1538 p.

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

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008**. Brasília, 2008.

_____. **Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (Lei Federal dos agrotóxicos). Brasília, 2002a.

_____. **Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005**. Regulamenta disposições da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília, 2005.

_____. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Brasília. 1997.

_____. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Brasília, 2007.

_____. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 3ª ed. 2002b.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (Funasa). **Manual de saneamento**. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (Funasa). **Saneamento para Promoção da Saúde**. 2020. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/saneamento-para-promocao-da-saude>. Acesso em: 10 abr. 2023.

_____. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria de Consolidação nº5, de 28 de Setembro de 2017**, Brasília, 2017.

_____. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021**, Brasília, 2021.

_____. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília, 2006.

BRYMAN, Alan. **Social Research Methods**. Oxford university press, 2016.

CARMO, Rose Ferraz; BEVILACQUA, Paula Dias; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 426-434, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522008000400011>.

CARNEIRO, Fernando Ferreira *et al.* **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. EPSJV/Expressão Popular, 2015.

Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN). Santa Catarina. **Projeto rio chapecozinho**: maior obra de abastecimento de água segue em ritmo acelerado no oeste. 2022. Disponível em: <https://casan.com.br/noticia/index/url/projeto-rio-chapecozinho-maior-obra-de-abastecimento-de-agua-segue-em-ritmo-acelerado-no-oeste#0>. Acesso em: 07 jul. 2023.

CIDASC (Santa Catarina). Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (org.). **Ministério da Agricultura estabelece calendário de semeadura de soja obrigatório para estados**. 2021. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/blog/2021/09/10/ministerio-da-agricultura-estabelece-calendario-de-semeadura-de-soja-obrigatorio-para-estados/>. Acesso em: 05 maio 2023.

CONTE, V. D. *et al.* **Qualidade microbiológica das águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande do Sul.** [S.l.]: Infarma, v. 16, 2004. 11-12 p.

CRISTO, Sandro Sidnei Vargas de *et al.* **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi,** Florianópolis-SC. 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82704/188467.pdf?sequence=> . Acesso em: 15 abr. 2023.

DANTAS, A. K. D.; SOUZA. C.; FERREIRA, M. S.; ANRADE, M. A.; ANDRADE, D.; WATANABE, E. **Qualidade microbiológica da água de bebedouros destinada ao consumo humano.** Revista Biociências UNITAU, Taubaté, v. 16, n. 2, p. 132-138, 2010.

DI BERNARDO, L., BRANDÃO, C. C. S., & HELLER, L. (1999). **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas.** ABES Rio de Janeiro.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. **Seleção de tecnologias de tratamento de água.** São Carlos: Editora LDIBE LTDA, 2008. vol. 2

Diretoria de Vigilância Sanitária do Estado de Santa Catarina (DIVS). **Informativo VSPEA** [recurso eletrônico]. Informativo, n. 1, março, 2023.

DORNELLES, L. **Utilizado por 5,3 milhões de catarinenses, fossa é sistema que exige cuidado e manutenção,** 15 dez. 2022. Disponível em: <https://ndmais.com.br/infraestrutura/solucao-e-problema-fossa-e-sistema-de-esgoto-adotado-nas-casas-de-53-milhoes-de-catarinenses/>. Acesso em: abr. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Ministério da Agricultura e Pecuária. **Agrotóxicos no Brasil.** 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/qualidade/dinamica/agrotoxicos-no-brasil>. Acesso em: 20 mai. 2023.

ESPÍRITO SANTO. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **PROCESSOS HIDROLÓGICOS**: inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos na geração de áreas de risco. Vitória, 2017. 49 slides, color. Disponível em:

<https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/CBPRG%20-%202017/Processos%20Hidrol%C3%B3gicos%20-%20Inunda%C3%A7%C3%B5es,%20Enchentes,%20Enxurradas%20e%20Alagamentos%20na%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%81reas%20de%20Risco.pdf> . Acesso em: 03 maio 2023.

FREITAS, Carlos Machado de; XIMENES, Elisa Francioli. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 1601-1616, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232012000600023>.

HAYES, Mike *et al.* Drought monitoring: New tools for the 21st century. **Drought and water crises: Science, technology, and management issues**, v. 53, p. 69, 2005.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 418 p.

HESS, Sonia Corina; NODARI, Rubens O. Agrotóxicos no Brasil: Panorama dos produtos aprovados entre 2019 e 2022. **AMBIENTES EM MOVIMENTO**, v. 2, n. 2, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades**, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/panorama>. Acesso em: 15 jan. 2023.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017>>. Acesso em: 02 fev. 2023.

LACERDA, Aline Bauer; RÄDER, Arlindo Soares; LOPES, Ester Souza. A eficiência de remoção de coliformes em uma estação de tratamento de água convencional. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 6, p. 7523-7359, 2019.

LOCH, Juliana; BRENTANO, Débora Monteiro. Influência da precipitação na turbidez das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço/SC: uma análise para gestão de estação de tratamento de água. **Geosul**, [S.L.], v. 35, n. 76, p. 277-297, 27 out. 2020. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2020v35n76p277>.

LOPES, Gustavo José Rodrigues. **Avaliação da turbidez e do tamanho de partículas como parâmetros indicadores da remoção de oocistos de *Cryptosporidium* spp. nas etapas de clarificação no tratamento da água em ciclo completo**. 2008.

MACHADO, Matheus Rodrigo; MIQUELLUTI, David José; CAMPOS, Mari Lucia. Arsenic in Santa Catarina soils. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 1-11, 6 out. 2021. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2720>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde - Um olhar do SUS**. Brasília. 2012.

NETO, Francisco Gelinski; AMBROS, Marilene; JUNIOR, Luiz. **Crise hídrica e gestão da água em São Paulo e Santa Catarina**. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Gelinski-Neto/publication/309593055_CRISE_HIDRICA_E_GESTAO_DA_AGUA_EM_SAO_PAULO_E_SANTA_CATARINA/links/581913f108ae6378919e82da/CRISE-HIDRICA-E-GESTAO-DA-AGUA-EM-SAO-PAULO-E-SANTA-CATARINA.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief**. Ontario, Canada: United Nations University Institute for Water, Environment & Health (UNU-INWEH), 2013.

PATRÍCIO, R. J. D. O. **Análise de perdas na rede de distribuição de água em um subsetor da cidade de Presidente Prudente-SP**, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98051/patricio_rjo_me_ilha.pdf;jsessionid=FBC3D28E651BFC91CE5269DCABE9B007?sequence=1>. Acesso em: 12 jun. 2023.

PONS, Nívea Adriana Dias *et al.* Monitoramento e alerta de inundação no município de Itajubá (MG) por regressão polinomial. **Geociências**, v. 35, n. 1, p. 134-148, 2016.

RASHON. **Guía para La implementación de Planes de Seguridad de agua em el Sector Rural de Honduras**. Guía Técnica del Instructor para aplicación com las Juntas Administradoras de Agua Potable. 104p. 2009.

RASHON. Guía para La implementación de Planes de Seguridad de agua em el Sector Rural de Honduras. Guía Técnica del Instructor para aplicación com las Juntas Administradoras de Agua Potable. 104p. 2009.

HENRIQUE, Rodrigo. **Gestão de fontes de captação de água no sistema de abastecimento sul e leste de Florianópolis: uma abordagem a partir da estiagem de 2019 e 2020**. 2021.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 1.846, de 20 de dezembro de 2018**. Regulamenta o serviço de abastecimento de água para consumo humano no Estado de Santa Catarina e estabelece outras providências. Disponível em: http://antigo.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/phocadownload/Noticias/2018/Dezembro/decreto%20n%201846_2018.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

_____. Defesa Civil. **Boletim Hidrometeorológico Integrado**. [S.l.], p. 20. 2021.

_____. Defesa Civil. **Estiagem agrava em Santa Catarina aponta Boletim hidrometeorológico**, 2021. Disponível em:

<<https://www.defesacivil.sc.gov.br/noticias/estiagem-agrava-em-santa-catarina-aponta-boletim-hidrometeorologico/>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

_____. Defesa Civil. **Boletim Hidrometeorológico Integrado**: déficit de chuva é menor, mas efeitos da estiagem se intensificam em fevereiro., Santa Catarina, fev. 2022. Disponível em: <<https://www.defesacivil.sc.gov.br/noticias/boletim-hidrometeorologico-integrado-deficit-de-chuva-e-menor-mas-efeitos-da-estiagem-se-intensificam-em-fevereiro/>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

_____. Defesa Civil. **Boletim Hidrometeorológico Integrado -001/2023**. Defesa Civil, n. 001/2023, p. 19, 11 jan. 2023. ISSN 46.

_____. Defesa Civil. **Santa Catarina relembra um ano da maior tragédia do Estado**. 2009. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/noticias/santa-catarina-relembra-um-ano-da-maior-tragedia-do-estado/>. Acesso em: 02 maio 2023.

_____. GRAC - GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS. (org.). **RELATÓRIO INFORMATIVO Nº 059.2022 - CIOP/DIGD-DC CHUVAS INTENSAS E PROLONGADAS**: novembro e dezembro de 2022. Santa Catarina, 2022. 18 p.

SILVA, Ana Elisa Pereira; ANGELIS, Carlos Frederico; MACHADO, Luiz Augusto Toledo; WAICHAMAN, Andrea Viviana. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, [S.L.], v. 38, n. 4, p. 733-742, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672008000400017>.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **O SNIS é o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento brasileiro**, 2021. Disponível em: <<http://antigo.snis.gov.br/institucional>>. Acesso em: 04 fev. 2023.

_____. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Água e Esgoto**: diagnóstico anual de água e esgoto 2021 (ano de referência 2020), 02 mar. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/agua-e-esgotos>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

SOARES, Andréia Senna *et al.* **Qualidade da operação e manutenção do sistema de distribuição de água Costa Sul Leste em Florianópolis/SC com base em histórico de dados de autorização de serviço.** 2015.

SUPPI, Ilana Marin; CAMPOS, Mari Lucia; MIQUELLUTI, David José; BUENO, Dreyce Kisholli. Teores de cobalto e manganês em solos de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [S.L.], v. 17, n. 4, p. 579-588, 14 nov. 2018. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/223811711732018579>.

TEDESCO, Adriana Maria; OLIVEIRA, Gilson Adamczuk; TROJAN, Flávio. Avaliação da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas por meio dos métodos AHP e TOPSIS. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 401-407, jun. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220190322>.

VIGIAGUA. **VIGIAGUA - VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA**, 2023. Disponível em: <https://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php/servicos/profissionais-ses/saude-ambiental/vigiagua.html>. Acesso em: 02 fev. 2023.

VIGIFLUOR. **Boletim Informativo**. VIGIAGUA. Santa Catarina, p. 14. 2021.

UNITED NATIONS (UN). General Assembly Resolution A/RES/64/292. 2010. **The human right to safe drinking water and sanitation**. Disponível em: file:///C:/Users/ARIS2/Downloads/A_RES_64_292-EN.pdf. Acesso em: 03 dez. 2022.

UNICEF. Fundo das Nações Unidas para a Infância. **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, dizem o UNICEF e a OMS**: novo relatório sobre as desigualdades no acesso a água, saneamento e higiene também revela que mais da metade do mundo não tem acesso a serviços de saneamento seguro. Novo relatório sobre as desigualdades no acesso a água, saneamento e higiene também revela que mais da metade do mundo não tem acesso a serviços de saneamento seguro. 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>. Acesso em: 02 dez. 2022.

WHO. **Water Safety Planning for Small Community Water Supplies**. Geneva: WHO, 2012.

WHO. World Health Organization. **Water safety plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer**. Geneva: WHO. 2005.

WHO. **Water safety plan**. a field guide to improving drinking-water safety in small communities. Marmorvej, p. 100. 2014.

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.

WHO. Water Safety Portal. **What are Water Safety Plans (WSPs)?**, 2023. Disponível em: https://wsportal.org/what-are-water-safety-plans/#parentHorizontalTab2%7CChildVerticalTab_13%7CChildVerticalTab_25. Acesso em: 20 fevereiro 2023.

WRIGHT, Benjamin; STANFORD, Benjamin D.; REINERT, Allison; ROUTT, Jan C.; KHAN, Stuart J.; DEBROUX, Jean F.. Managing water quality impacts from drought on drinking water supplies. **Journal Of Water Supply: Research and Technology-Aqua**, [S.L.], v. 63, n. 3, p. 179-188, 7 nov. 2013. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/aqua.2013.123>.