IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA EM JARAGUÁ DO SUL: ESTRATÉGIAS PARA GESTÃO DE RISCOS E SEGURANÇA HÍDRICA NO ABASTECIMENTO PÚBLICO

Hericson Meneghelli[(1)]
Engenharia Sanitária pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), com pós-graduações em Legislação, Perícia e Auditoria Ambiental e em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico, ambas pela Universidade Estácio de Sá.
Andressa Luiza Francisco Roberto[(2)]
Bacharel em Ciências Biológicas. Pós-graduada em Planejamento, Gestão e Licenciamento Ambiental. Técnica Ambiental do SAMAE Jaragua do Sul.

Endereço[(1)]**:** Rua dos Imigrantes, nº 300, apartamento 11, bloco D - Rau – Jaraguá do Sul – Santa Catarina - CEP: 89254-430 - Brasil - Tel: +55 (47) 99944-5990 - e-mail: hericson.meneghelli@samaejs.com.br.

RESUMO

A crescente complexidade dos sistemas de abastecimento de água exige a adoção de ferramentas preventivas capazes de identificar, avaliar e controlar riscos que possam comprometer a qualidade da água e a continuidade dos serviços prestados à população. Neste contexto, o presente trabalho apresenta a elaboração do Plano de Segurança da Água (PSA) do município de Jaraguá do Sul/SC, desenvolvido com base nos princípios de gestão de riscos recomendados pela Organização Mundial da Saúde e pela ABNT NBR 17080:2023. O estudo contemplou o levantamento detalhado dos mananciais, das unidades operacionais e das influências ambientais e antrópicas incidentes sobre o sistema de abastecimento, permitindo a identificação de vulnerabilidades e a definição de medidas preventivas e corretivas. Como resultados, foram estruturados procedimentos padronizados de monitoramento e controle, elaborado Plano de Emergência e Contingência, integradas ferramentas já existentes de monitoramento hidrológico ao PSA, fortalecida a articulação entre diferentes instituições envolvidas na gestão de riscos e estabelecidas estratégias operacionais para resposta a situações críticas. A efetividade dos instrumentos desenvolvidos foi evidenciada através de simulados e de aplicações reais, demonstrando que o PSA se consolidou como uma ferramenta prática de gestão, fortalecendo a segurança hídrica, resiliência operacional e proteção da saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Plano de Segurança da Água; Plano de Emergência e Contingência; Gestão de Riscos.

INTRODUÇÃO

A segurança da água destinada ao consumo humano constitui um dos principais desafios contemporâneos da gestão do saneamento básico em escala mundial. O crescimento populacional, a expansão urbana, a intensificação das atividades industriais, as mudanças no uso e ocupação do solo e os efeitos cada vez mais frequentes das mudanças climáticas têm ampliado as pressões sobre os recursos hídricos, exigindo dos prestadores de serviços de abastecimento a adoção de mecanismos mais eficientes para proteção dos mananciais e garantia da qualidade da água distribuída à população. (ANA, 2024)

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o acesso à água potável segura é um requisito fundamental para a proteção da saúde pública e para o desenvolvimento sustentável das sociedades. Nesse contexto, os programas de monitoramento da qualidade da água e o atendimento aos padrões de potabilidade constituem instrumentos essenciais para garantir a segurança do abastecimento público (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021). Entretanto, considerando a crescente complexidade dos sistemas de abastecimento e os desafios associados às pressões ambientais, urbanas e industriais sobre os mananciais, torna-se igualmente importante a adoção de mecanismos preventivos capazes de identificar e controlar riscos antes que estes resultem em impactos à qualidade da água. Nesse sentido, a OMS recomenda a implementação de abordagens complementares baseadas na gestão de riscos, contemplando todas as etapas do sistema de abastecimento, desde a proteção do manancial até a distribuição da água ao consumidor final (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022).

Essa necessidade torna-se ainda mais evidente diante do aumento da ocorrência de eventos extremos, como secas prolongadas, enchentes, movimentos de massa e acidentes ambientais, capazes de comprometer a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos utilizados para abastecimento público. Nesse cenário, os sistemas de abastecimento necessitam evoluir de modelos tradicionalmente corretivos para modelos preventivos de gestão, fundamentados na antecipação dos riscos e na adoção de medidas capazes de minimizar seus impactos antes que estes afetem a população (ANA, 2024).

A relevância da segurança hídrica também está diretamente associada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) por meio da Agenda 2030. Entre eles, destaca-se o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6, que busca assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos. Entretanto, a segurança da água também contribui diretamente para outros objetivos globais, como a erradicação da pobreza, a promoção da saúde e bem-estar, o desenvolvimento de cidades sustentáveis, o consumo responsável e o fortalecimento da resiliência frente às mudanças climáticas (UNITED NATIONS, 2015).

Nesse contexto, o Plano de Segurança da Água (PSA) consolidou-se internacionalmente como uma das principais ferramentas de gestão preventiva aplicadas aos sistemas de abastecimento. Seus objetivos concentram-se na prevenção ou minimização dos riscos de contaminação dos mananciais, na garantia da eficiência dos processos de tratamento e na prevenção de contaminações ao longo das etapas de reservação, distribuição e consumo da água potável (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022). Trata-se de uma metodologia estruturada baseada nos princípios da gestão de riscos, que busca identificar perigos, avaliar vulnerabilidades e implementar medidas de controle capazes de assegurar a proteção da saúde pública (ABNT, 2023).

No Brasil, a importância da gestão preventiva dos riscos associados ao abastecimento de água vem sendo progressivamente incorporada à legislação sanitária e ambiental. A Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 2017, posteriormente atualizada pela Portaria GM/MS nº 888, de 2021, estabelece procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e reforça a necessidade de monitoramento dos riscos à saúde humana associados aos sistemas de abastecimento de água (BRASIL, 2017; BRASIL, 2021). Além disso, os serviços de saneamento básico são amparados pela Política Nacional de Saneamento Básico, instituída pela Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece a universalização, a regularidade e a qualidade dos serviços como princípios fundamentais da gestão do saneamento no país (BRASIL, 2007).

Em Santa Catarina, um importante marco regulatório para a implementação dos Planos de Segurança da Água foi estabelecido pelo Decreto Estadual nº 1.846, de 20 de dezembro de 2018, que regulamenta os serviços de abastecimento de água para consumo humano no estado (SANTA CATARINA, 2018). Em seu art. 6º, o decreto determina que os Prestadores de Serviço de Abastecimento de Água (PSAA) elaborem o Plano de Segurança da Água como instrumento destinado a identificar, avaliar e priorizar perigos e riscos ao longo de todo o Sistema de Abastecimento de Água, desde o manancial até o consumidor final, estabelecendo medidas de controle e mecanismos de verificação de sua efetividade (SANTA CATARINA, 2018). O decreto reforça ainda que o PSA deve contemplar planos de contingência elaborados com base no histórico e nas características de ocupação da bacia hidrográfica, considerando a ocorrência de desastres naturais e eventos antrópicos capazes de comprometer a operação do sistema. Dessa forma, a legislação catarinense antecipou importantes conceitos atualmente consolidados na gestão preventiva dos sistemas de abastecimento, fortalecendo a adoção de metodologias voltadas à identificação de vulnerabilidades, avaliação de riscos e aumento da resiliência operacional dos serviços de abastecimento de água.

Dessa forma, a implementação de Planos de Segurança da Água representa importante avanço na modernização da gestão dos sistemas de abastecimento, permitindo que as ações deixem de ser predominantemente corretivas e passem a ser fundamentadas em planejamento, monitoramento contínuo, prevenção e resposta estruturada aos riscos. Essa abordagem torna-se especialmente relevante em municípios que dependem de mananciais superficiais sujeitos a influências ambientais e antrópicas significativas, como é o caso de Jaraguá do Sul, onde a proteção dos recursos hídricos e a garantia da continuidade do abastecimento representam elementos estratégicos para a saúde pública, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade municipal.

Diante desse contexto regulatório, operacional e ambiental, a equipe técnica do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) de Jaraguá do Sul identificou a necessidade de desenvolver e implementar o

Plano de Segurança da Água para o sistema municipal de abastecimento, buscando estruturar mecanismos mais eficientes de gerenciamento preventivo de riscos e fortalecimento da segurança hídrica do município.
A elaboração do PSA do SAMAE foi fundamentada nos princípios de múltiplas barreiras sanitárias, boas práticas operacionais, análise de perigos e pontos críticos de controle, gestão de riscos e melhoria contínua dos processos operacionais. A metodologia adotada contemplou todas as etapas do sistema de abastecimento, desde a proteção dos mananciais até a distribuição final da água tratada à população.

Os trabalhos para elaboração do Plano de Segurança da Água foram iniciados a partir da realização de processo licitatório para contratação de empresa especializada em gestão de riscos aplicada a sistemas de abastecimento de água, elaboração de Planos de Segurança da Água e desenvolvimento de Planos de Emergência e Contingência. A contratação de equipe técnica especializada teve como objetivo garantir maior robustez metodológica, aprofundamento técnico das análises e alinhamento do plano às diretrizes nacionais e internacionais relacionadas à segurança hídrica e à proteção da saúde pública.

A partir dessa contratação, os trabalhos passaram a ser desenvolvidos de forma integrada por equipe multidisciplinar composta por engenheiros, especialistas em sistemas de abastecimento de água, profissionais das áreas ambiental, operacional e de gestão de riscos, em conjunto com a equipe técnica e administrativa do SAMAE, contando ainda com apoio institucional da diretoria da autarquia. Essa integração entre consultoria especializada e corpo técnico operacional do município permitiu que o PSA fosse elaborado de maneira compatível com a realidade operacional de Jaraguá do Sul, contemplando as particularidades dos mananciais utilizados, das estruturas existentes e dos principais riscos associados ao sistema municipal de abastecimento público.

Paralelamente ao PSA, foi elaborado o Plano de Emergência e Contingência (PEC), documento complementar voltado à padronização dos procedimentos operacionais em situações críticas capazes de comprometer a qualidade da água, a continuidade do abastecimento ou a segurança operacional do sistema. O PEC passou a estabelecer fluxos operacionais, protocolos de comunicação, procedimentos de acionamento institucional e estratégias de resposta emergencial para diferentes cenários críticos relacionados ao abastecimento público.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta o processo de elaboração do Plano de Segurança da Água do SAMAE de Jaraguá do Sul, destacando sua metodologia de desenvolvimento, os instrumentos técnicos elaborados, os mecanismos de gerenciamento de riscos implantados e os resultados obtidos a partir da implementação dessa importante ferramenta de gestão preventiva da segurança hídrica municipal.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Apresentar o processo de elaboração e implantação do Plano de Segurança da Água (PSA) do SAMAE de Jaraguá do Sul, destacando sua importância para a gestão preventiva de riscos, segurança hídrica e proteção da saúde pública.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a metodologia utilizada na elaboração do Plano de Segurança da Água.
- Apresentar os principais riscos identificados no sistema de abastecimento municipal.
- Demonstrar a importância dos Pontos Críticos de Controle (PCCs) e da gestão preventiva aplicada ao abastecimento de água.
- Evidenciar a utilização de mapas operacionais e da divisão das bacias hidrográficas para resposta a emergências ambientais.
- Apresentar a integração entre o Plano de Segurança da Água (PSA) e o Plano de Emergência e Contingência (PEC).
- Analisar a participação dos órgãos públicos envolvidos na elaboração do plano e na audiência pública realizada.

METODOLOGIA

A metodologia adotada englobou visitas técnicas em campo, análise e revisão das informações relacionadas às condições operacionais e ambientais do sistema de abastecimento municipal, identificação das fontes de água, levantamento das ameaças e riscos potenciais à segurança hídrica e análise da demanda e utilização da água no município.

Também foram realizados levantamentos operacionais das estruturas de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, além da análise das condições dos mananciais utilizados para abastecimento público e identificação das principais vulnerabilidades ambientais e operacionais do sistema.
Como ferramenta complementar de análise, foram utilizados mapas operacionais e ferramentas de geoprocessamento para identificação das áreas críticas do sistema de abastecimento, permitindo a divisão das bacias hidrográficas em regiões estratégicas de monitoramento e resposta emergencial. Essa microregionalização possibilitou estabelecer protocolos específicos para atuação em situações envolvendo eventos adversos com potencial de impactar a qualidade da água ou a continuidade do abastecimento público, permitindo uma avaliação mais precisa das áreas afetadas, dos riscos associados e dos tempos de resposta necessários para adoção das medidas de controle.

A metodologia contemplou as seguintes etapas:

- preparação para o desenvolvimento do Plano de Segurança da Água;
- avaliação do sistema de abastecimento de água;
- validação das informações e descrição atual do sistema;
- identificação dos Pontos Críticos de Controle (PCCs);
- identificação das medidas de controle;
- estabelecimento de limites de referência;
- definição dos procedimentos de monitoramento e controle;
- elaboração do Plano de Emergência e Contingência (PEC);
- desenvolvimento de planos e programas;
- desenvolvimento de planos de ação para gestão do PSA;
- realização de reuniões técnicas e audiências públicas.

Durante a execução das etapas de avaliação do sistema e análise de riscos, foram identificados os principais perigos e vulnerabilidades associados ao abastecimento público municipal, bem como os mecanismos de controle existentes e as oportunidades de aprimoramento operacional. Essas análises subsidiaram a classificação dos riscos, a definição dos Pontos Críticos de Controle (PCCs), dos Pontos de Controle (PCs), Pontos Críticos de Atenção (PCAs) e Pontos de Atenção (PAs), além da proposição de medidas preventivas e corretivas voltadas ao fortalecimento da segurança hídrica do sistema.

Para a avaliação dos riscos associados ao sistema de abastecimento de água foi adotada uma metodologia baseada nos princípios da gestão de riscos estabelecidos pela ABNT NBR ISO 31000:2018 e incorporados às diretrizes da ABNT NBR 17.080:2023 para elaboração de Planos de Segurança da Água. A classificação dos riscos foi realizada por meio da aplicação de uma matriz de risco qualitativa, construída a partir da análise conjunta da probabilidade de ocorrência dos eventos perigosos e da severidade de seus potenciais impactos sobre a qualidade da água, a continuidade do abastecimento e a saúde pública. Para cada perigo identificado foram avaliadas as vulnerabilidades existentes, os mecanismos de controle já implantados e as possíveis consequências associadas à sua ocorrência, permitindo a classificação dos cenários em diferentes níveis de criticidade. A utilização dessa metodologia possibilitou priorizar os riscos mais relevantes para o sistema de

abastecimento municipal, fornecendo subsídios para a definição dos Pontos Críticos de Controle (PCCs), das medidas preventivas e das ações de mitigação incorporadas ao Plano de Segurança da Água.

Paralelamente, foi elaborado o Plano de Emergência e Contingência (PEC), estruturado a partir dos riscos identificados, das características operacionais do sistema e das vulnerabilidades observadas nos mananciais e unidades operacionais. O documento estabeleceu procedimentos padronizados para atuação em situações emergenciais, definindo fluxos de comunicação, responsabilidades e estratégias de resposta.

A metodologia também contemplou a realização de reuniões técnicas e audiências públicas com órgãos e instituições relacionados à gestão de emergências e proteção dos recursos hídricos, permitindo validar as informações levantadas, incorporar contribuições externas e desenvolver instrumentos mais aderentes à realidade operacional do município de Jaraguá do Sul.

Além disso, foram realizadas reuniões interinstitucionais e audiências públicas com participação de diferentes órgãos públicos, incluindo Defesa Civil, Bombeiros Voluntários, órgãos ambientais, Municípios Vizinhos, tais como Corupá e São Bento do Sul e demais instituições relacionadas à gestão de emergências e proteção dos recursos hídricos, permitindo maior integração entre os envolvidos e contribuindo para elaboração de um plano mais completo e aderente à realidade operacional do município de Jaraguá do Sul.

Nos resultados serão apresentados os principais avanços obtidos a partir da elaboração do Plano de Segurança da Água do SAMAE de Jaraguá do Sul, com enfoque na estruturação da gestão preventiva de riscos aplicada ao sistema de abastecimento público. Serão abordados os resultados relacionados à identificação e monitoramento dos Pontos Críticos de Controle (PCCs), à elaboração dos programas e planos operacionais vinculados ao PSA, à utilização de mapas e regionalização das bacias hidrográficas para gerenciamento de emergências ambientais, bem como à estruturação do Plano de Emergência e Contingência (PEC), destacando os protocolos operacionais definidos para resposta a situações críticas e os mecanismos implantados para fortalecimento da segurança hídrica e da resiliência operacional do sistema municipal de abastecimento de água.

LOCAL DE ESTUDO

O município de Jaraguá do Sul está localizado na região Norte do estado de Santa Catarina, inserido na bacia hidrográfica do Rio Itapocu e consolidado como um dos principais polos industriais do estado. O território municipal limita-se com os municípios de Corupá, São Bento do Sul, Schroeder, Guaramirim, Massaranduba, Blumenau, Pomerode e Joinville, estando inserido em uma região com forte dinamismo econômico, elevada densidade populacional e intensa movimentação logística, fatores que exercem influência direta sobre os recursos hídricos utilizados para abastecimento público.

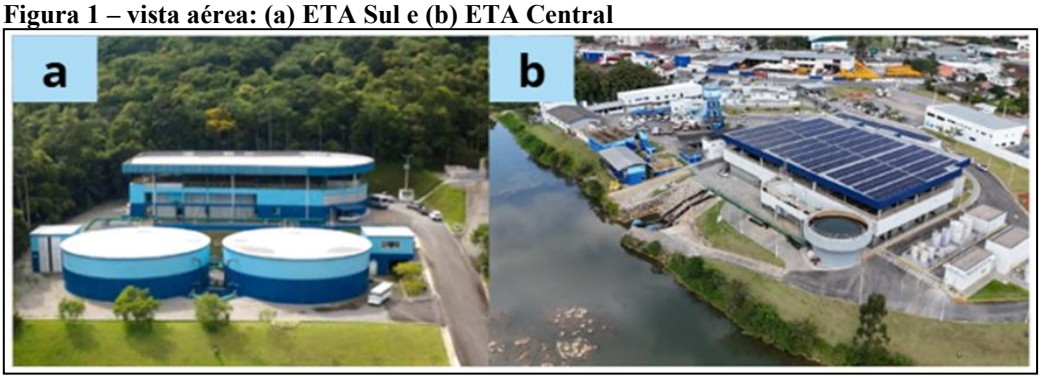
O sistema de abastecimento municipal utiliza como principais mananciais os rios Itapocu e Jaraguá. O Rio Jaraguá possui suas nascentes localizadas em áreas de relevo montanhoso dentro do próprio município, apresentando bacia hidrográfica mais restrita e predominantemente inserida no território de Jaraguá do Sul. Já o Rio Itapocu recebe contribuições hídricas de uma extensa área de drenagem que abrange municípios localizados a montante, especialmente Corupá e São Bento do Sul, além de ser influenciado por importantes corredores rodoviários e ferroviários que atravessam sua bacia.

Em função dessas características, o Rio Itapocu está sujeito a maior influência antrópica quando comparado ao Rio Jaraguá, estando mais exposto aos impactos decorrentes da ocupação urbana, atividades industriais, transporte de cargas, intervenções em áreas rurais e ocorrência de acidentes ambientais ao longo de sua bacia hidrográfica. Essa condição aumenta a complexidade do gerenciamento dos riscos associados à qualidade da água bruta captada para abastecimento público e reforça a necessidade de adoção de ferramentas preventivas de gestão de riscos.

O abastecimento de água do município é realizado por meio de duas Estações de Tratamento de Água (ETAs) convencionais: ETA Central e ETA Sul. Ambas possuem unidades de gradeamento, captação, desarenação, coagulação, floculação, decantação, filtração e sistemas de dosagem de produtos químicos, atendendo aos princípios do tratamento convencional para produção de água potável.

A principal unidade de produção de água tratada do município é a ETA Central, inaugurada em 2018 e abastecida pelo Rio Itapocu. Com capacidade nominal de tratamento de até 1.000 L/s, a estação é responsável por aproximadamente 80% do abastecimento público de Jaraguá do Sul. Seu dimensionamento considerou projeções de crescimento demográfico e desenvolvimento urbano de longo prazo, motivo pelo qual atualmente opera com pouco menos da metade de sua capacidade instalada, mantendo elevada margem de segurança operacional para atendimento das demandas futuras. Já a ETA Sul, inaugurada em 2011 e abastecida pelo Rio Jaraguá, possui capacidade de tratamento de até 160 L/s, sendo responsável por aproximadamente 20% da produção de água tratada do município.

Figura 1 – vista aérea: (a) ETA Sul e (b) ETA Central



Fonte: SAMAE (2026)

As duas unidades operam de forma integrada ao sistema de reservação e distribuição, composto por reservatórios, estações de recalque, boosters e setores operacionais interligados, possibilitando a realização de algumas manobras hidráulicas e ações de contingência destinadas a aumentar a resiliência operacional do abastecimento público.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados foram divididos em quatro tópicos principais: descrição do sistema de abastecimento de água, classificação dos riscos e definição dos pontos de controle, elaboração dos mapas e ferramentas de monitoramento das bacias hidrográficas e desenvolvimento do Plano de Emergência e Contingência (PEC).

DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DAS INFLUÊNCIAS DOS MANANCIAIS

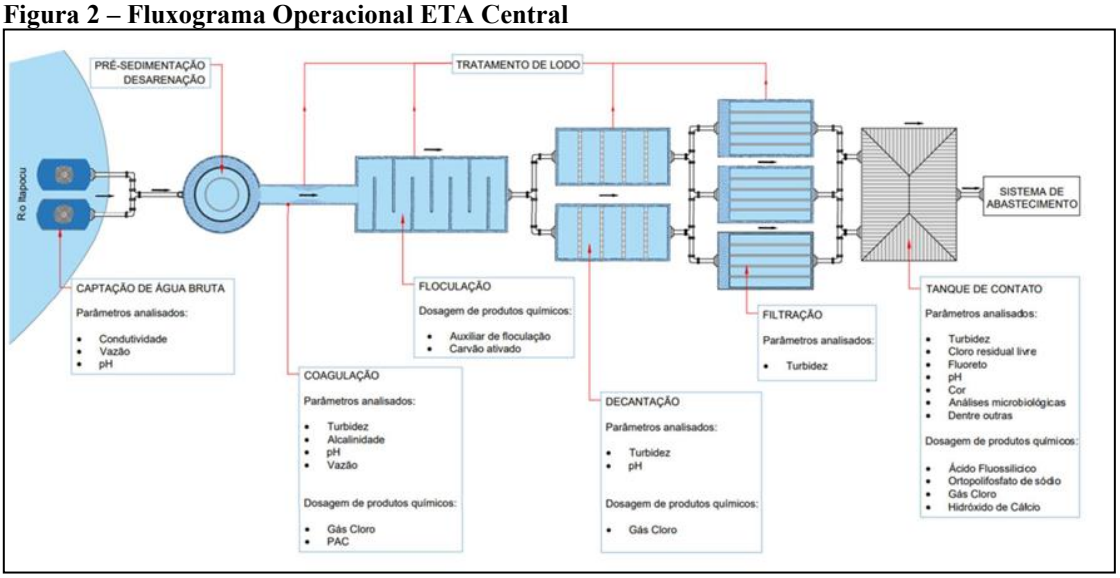
Uma das principais etapas desenvolvidas durante a elaboração do Plano de Segurança da Água (PSA) do SAMAE de Jaraguá do Sul consistiu no detalhamento completo dos sistemas de abastecimento público do município, abrangendo todas as etapas operacionais, desde a captação da água bruta nos mananciais até a distribuição final ao consumidor.

Inicialmente, foi realizado levantamento detalhado das bacias hidrográficas utilizadas para abastecimento público, com enfoque nos rios Itapocu e Jaraguá, principais mananciais responsáveis pelo abastecimento do município. Nessa etapa foram avaliadas as características ambientais, hidrológicas e operacionais das bacias, bem como as influências antrópicas existentes ao longo dos cursos d'água. As análises contemplaram a identificação das principais atividades potencialmente impactantes localizadas nas áreas de influência dos mananciais, incluindo áreas urbanizadas, atividades industriais, travessias rodoviárias e ferroviárias, ocupações irregulares, áreas agrícolas e potenciais fontes de lançamento de contaminantes. Também foram avaliados os riscos associados ao transporte de produtos perigosos próximos às áreas de captação, especialmente em trechos com elevada movimentação logística.

O levantamento permitiu identificar os principais fatores externos com potencial de comprometer a qualidade da água bruta captada pelo município, fornecendo subsídios para a posterior avaliação dos riscos associados aos mananciais. A análise integrada das bacias hidrográficas possibilitou compreender a influência das diferentes formas de ocupação do território sobre os sistemas de abastecimento, contribuindo para a definição de medidas preventivas voltadas à proteção dos pontos de captação e ao fortalecimento da segurança hídrica municipal.

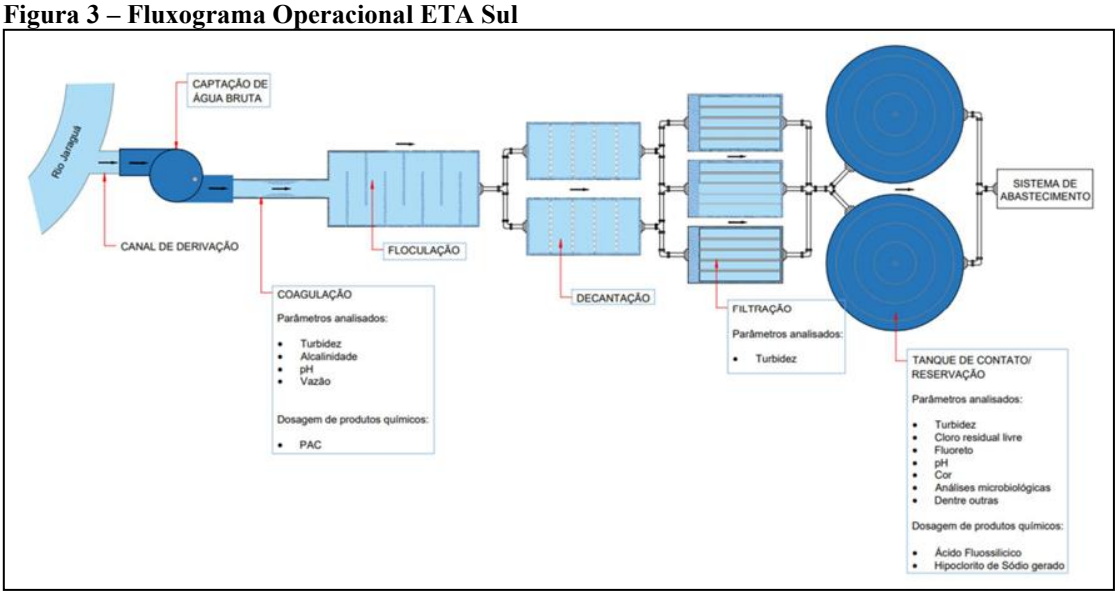
Além da caracterização ambiental das bacias hidrográficas, foram detalhadas todas as estruturas operacionais relacionadas ao sistema de abastecimento municipal, incluindo captações, adutoras de água bruta, Estações de Tratamento de Água (ETAs), reservatórios, estações de recalque de água tratada, redes de distribuição e estruturas auxiliares. As ETAs foram analisadas individualmente, contemplando todas as etapas do processo operacional, desde a chegada da água bruta até a saída da água tratada para distribuição. Foram levantadas as características hidráulicas, operacionais e estruturais das unidades, permitindo a construção de fluxogramas completos dos processos de tratamento utilizados no município.

Figura 2 – Fluxograma Operacional ETA Central



Fonte: A2N, SAMAE (2025)

Figura 3 – Fluxograma Operacional ETA Sul



Fonte: A2N, SAMAE (2025)

A elaboração dos fluxogramas operacionais permitiu a visualização integrada de todas as etapas do tratamento de água, facilitando a identificação de vulnerabilidades, pontos sujeitos a falhas operacionais e unidades com potencial impacto sobre a qualidade da água produzida. Essas informações serviram de base para a identificação dos perigos, avaliação dos riscos e posterior definição dos Pontos Críticos de Controle (PCCs) previstos no PSA.

Durante essa etapa também foram detalhados os produtos químicos utilizados nos processos de tratamento, incluindo coagulantes, alcalinizantes, desinfetantes, fluoretantes e demais insumos operacionais aplicados nas

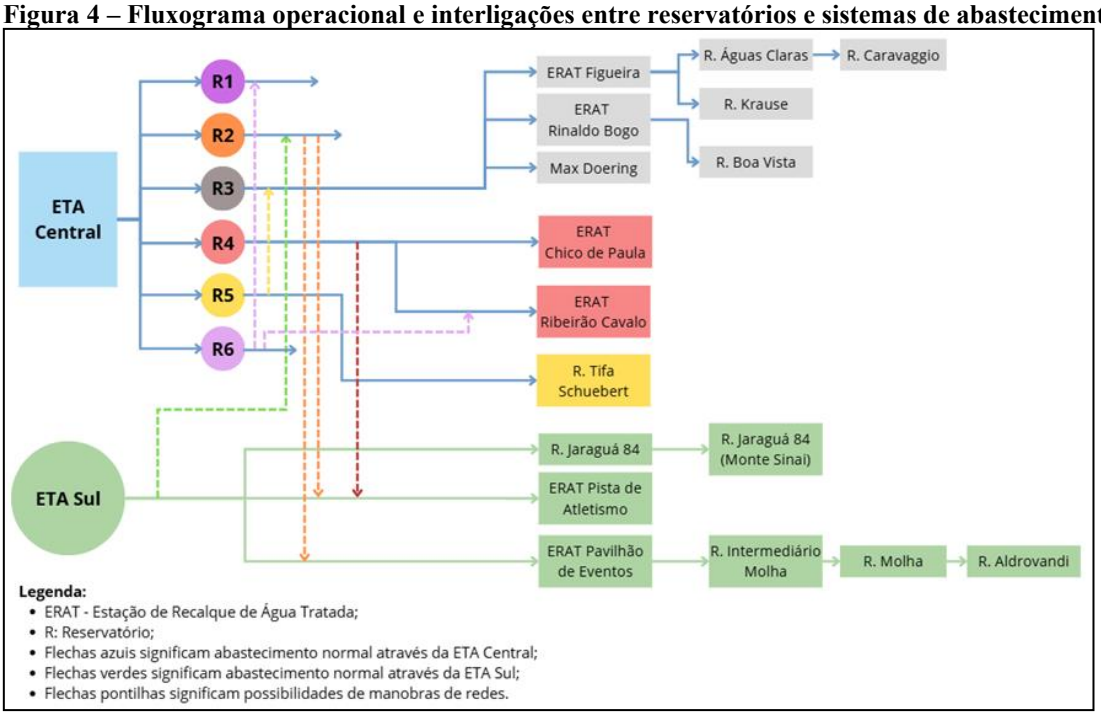
ETAs. Foram avaliadas as instalações de armazenamento, sistemas de dosagem, condições operacionais, mecanismos de segurança e possíveis vulnerabilidades associadas ao manuseio e armazenamento desses produtos. O levantamento das informações foi realizado considerando as condições reais de operação das unidades, permitindo que os dados obtidos servissem como base técnica para a identificação dos riscos existentes e para a elaboração das medidas preventivas e corretivas previstas no Plano de Segurança da Água.

Também foram detalhadas as estruturas relacionadas ao sistema de reservação e distribuição de água tratada, incluindo reservatórios apoiados e elevados, estações de recalque de água tratada (ERATs), boosters e setores operacionais da rede de distribuição. Foram analisados os principais fatores capazes de influenciar a continuidade operacional do sistema de abastecimento, com destaque para eventos relacionados ao fornecimento de energia elétrica, falhas eletromecânicas, paralisação de sistemas de bombeamento, rompimentos de adutoras e demais ocorrências com potencial de comprometer a produção, reservação e distribuição de água tratada.

O diagnóstico das estruturas operacionais permitiu identificar a elevada dependência de determinadas unidades em relação ao fornecimento contínuo de energia elétrica, bem como mapear os pontos mais sensíveis do sistema e as medidas já implantadas para redução dessas vulnerabilidades. Destaca-se que a ETA Central possui alimentação elétrica por múltiplos pontos da rede da concessionária, condição que reduz significativamente a probabilidade de paralisações totais decorrentes de falhas localizadas no sistema elétrico.

Também foi realizado o levantamento da capacidade de reservação do município, sendo identificada autonomia média próxima de sete horas para atendimento da demanda em situações de interrupção da produção de água tratada. Esse resultado permitiu estabelecer parâmetros operacionais para avaliação dos riscos associados à continuidade do abastecimento e subsidiaram a elaboração dos procedimentos previstos no Plano de Emergência e Contingência (PEC). Outro resultado relevante foi a consolidação de um diagnóstico técnico integrado do sistema de abastecimento municipal, reunindo informações sobre reservatórios, setores atendidos, interligações hidráulicas e possibilidades operacionais de manobra entre os diferentes sistemas. Essa avaliação permitiu identificar alternativas de transferência de vazão entre regiões do município e definir estratégias para manutenção do abastecimento em situações emergenciais, como paralisações de sistemas produtores, falhas eletromecânicas ou interrupções no fornecimento de energia elétrica. Conforme apresentado na Figura 4, foram identificadas as possibilidades de integração operacional entre reservatórios e setores do sistema, permitindo a adoção de manobras emergenciais capazes de minimizar impactos à população e aumentar a resiliência operacional do abastecimento público.

Figura 4 – Fluxograma operacional e interligações entre reservatórios e sistemas de abastecimento



Fonte: Adaptado de A2N, SAMAE (2025)

DEFINIÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE ATRAVÉS DE MATRIZ DE RISCOS

Com base nas informações levantadas durante a etapa de caracterização do sistema de abastecimento e das influências mecânicas, naturais e antrópicas incidentes sobre os mananciais e estruturas operacionais, foi realizada a classificação dos riscos identificados por meio de matriz de risco. A avaliação considerou a probabilidade de ocorrência dos eventos perigosos e a severidade de seus potenciais impactos sobre a qualidade da água, a continuidade do abastecimento e a segurança operacional do sistema.

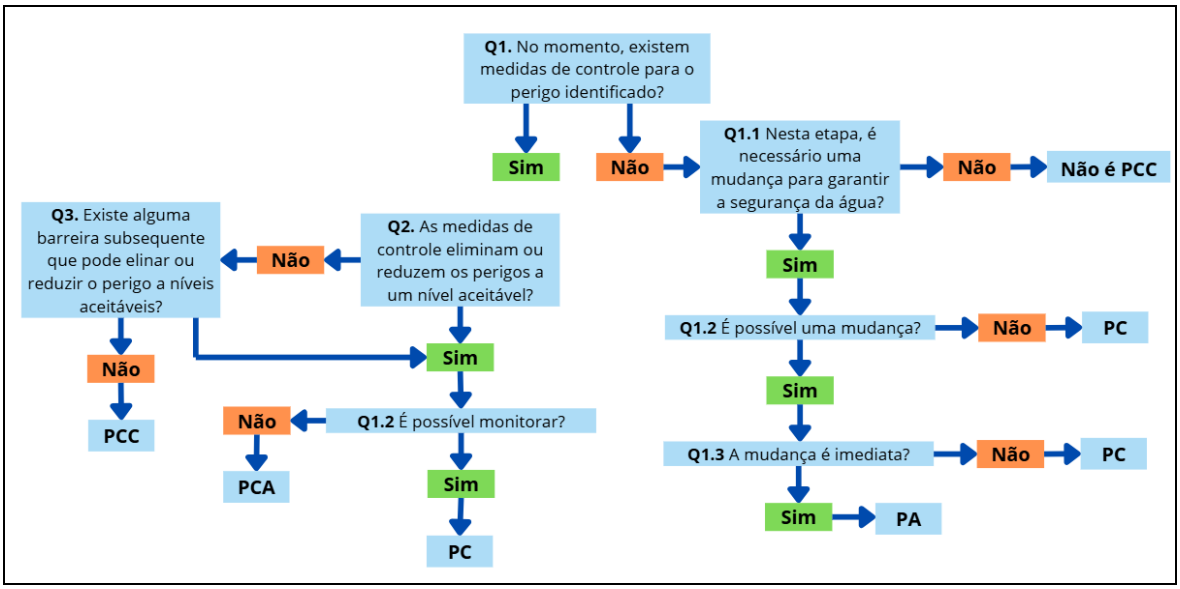
Foram analisadas as influências existentes sobre os mananciais, estruturas de captação, adutoras, Estações de Tratamento de Água (ETAs), sistemas de dosagem química, reservatórios, estações de recalque, redes de distribuição, sistemas elétricos e demais estruturas auxiliares. Também foram avaliados fatores externos capazes de interferir na segurança hídrica do município, incluindo eventos ambientais, falhas operacionais, contaminações dos mananciais e vulnerabilidades estruturais.

A aplicação da matriz de risco permitiu classificar os cenários identificados em diferentes níveis de criticidade, estabelecendo prioridades para monitoramento, controle e definição das medidas preventivas previstas no Plano de Segurança da Água.

Durante o desenvolvimento dessa etapa verificou-se que a aplicação exclusiva dos critérios inicialmente previstos na ABNT NBR 17080:2023 e no Manual dos Comitês PCJ resultava no enquadramento de parcela significativa dos riscos identificados como Pontos Críticos de Controle (PCCs), reduzindo a capacidade de priorização dos cenários efetivamente mais severos para a segurança hídrica do sistema avaliado.

Em função dessa condição, a classificação dos pontos de controle foi complementada pelos princípios da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), amplamente incorporados às abordagens de gestão de riscos recomendadas pela Organização Mundial da Saúde para os Planos de Segurança da Água (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022), associada à aplicação da árvore decisória prevista na ABNT NBR 17080:2023. A utilização conjunta dessas ferramentas proporcionou maior padronização no processo de tomada de decisão, permitindo diferenciar de forma mais consistente os níveis de criticidade observados ao longo do sistema de abastecimento. Como resultado, foi possível estabelecer uma hierarquização mais adequada dos riscos identificados, direcionando as medidas de controle e os recursos disponíveis para os eventos com maior potencial de comprometimento da qualidade da água e da segurança do abastecimento. A Figura 5 apresenta a árvore decisória utilizada para classificação dos pontos de controle.

Figura 5 – Árvore decisória utilizada para classificação dos pontos de controle do sistema de abastecimento.



Fonte: Adaptado de WORLD HEALTH ORGANIZATION (2022)

Como resultado, os riscos identificados passaram a ser organizados em quatro categorias operacionais: Pontos Críticos de Controle (PCCs), Pontos de Controle (PCs), Pontos Críticos de Atenção (PCAs) e Pontos de Atenção (PAs). Essa estrutura permitiu direcionar os esforços de monitoramento e controle para os cenários de maior relevância, sem desconsiderar os demais fatores capazes de influenciar a segurança da água e a continuidade do abastecimento. A Tabela 1 apresenta a quantidade de cada um deles.

Tabela 1 – Resultado da classificação dos riscos identificados no sistema de abastecimento de água de Jaraguá do Sul

Categoria	Quantidade
Ponto Crítico de Controle (PCC)	3
Ponto Crítico de Atenção (PCA)	3
Ponto de Atenção (PA)	3
Ponto de Controle (PC)	104
Total	**113**

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2026

A classificação dos 113 cenários avaliados resultou na identificação de 104 Pontos de Controle (PC), 3 Pontos Críticos de Atenção (PCA), 3 Pontos de Atenção (PA) e 3 Pontos Críticos de Controle (PCC). Embora os Pontos de Controle representem a maior parcela dos eventos identificados, isso não significa que possuam baixa relevância para a segurança hídrica do município. Pelo contrário, tratam-se de situações que apresentam potencial de impactar a qualidade da água ou a continuidade do abastecimento, mas que possuem mecanismos de monitoramento sistemático, limites operacionais definidos e medidas de controle capazes de prevenir, eliminar ou reduzir os riscos a níveis aceitáveis. Por sua vez, os Pontos Críticos de Controle correspondem aos cenários de maior criticidade, nos quais a perda do controle operacional pode resultar em consequências mais severas para a saúde pública ou para a operação do sistema. A distribuição observada demonstra que a metodologia aplicada permitiu diferenciar adequadamente os diversos níveis de criticidade existentes, direcionando atenção especial aos eventos mais relevantes sem desconsiderar a necessidade de monitoramento contínuo dos demais fatores que influenciam a segurança do abastecimento público.

Durante o processo de avaliação observou-se que grande parte das estruturas e processos operacionais apresentava algum grau de vulnerabilidade ou potencial de ocorrência de eventos indesejáveis. Entretanto, a aplicação da metodologia APPCC e da árvore decisória permitiu distinguir os riscos rotineiros e passíveis de monitoramento contínuo daqueles cenários considerados efetivamente críticos para a segurança hídrica do município.

A definição dos Pontos Críticos de Controle ocorreu a partir da análise conjunta da severidade dos impactos potenciais, da capacidade de monitoramento e controle operacional e da previsibilidade dos eventos avaliados. Dessa forma, foram classificados como PCC apenas os cenários cuja ocorrência poderia comprometer diretamente a qualidade da água distribuída à população ou a continuidade do abastecimento, apresentando elevada severidade e reduzida capacidade de intervenção preventiva imediata.

Outro fator determinante para essa classificação foi a dificuldade de previsão dos eventos. Diferentemente das ocorrências operacionais rotineiras, normalmente acompanhadas por sistemas de monitoramento e procedimentos de controle já consolidados, os PCCs identificados estão associados a situações de baixa previsibilidade, elevado potencial de impacto e necessidade de rápida tomada de decisão por parte da operação do sistema.

A partir da aplicação dos critérios estabelecidos, foram definidos três Pontos Críticos de Controle para o sistema de abastecimento de água de Jaraguá do Sul: presença de contaminantes emergentes nos mananciais de abastecimento, acidentes envolvendo cargas perigosas com potencial de impacto sobre os mananciais e formação de subprodutos do processo de desinfecção.

A presença de contaminantes emergentes nos mananciais foi classificada como PCC devido à dificuldade de monitoramento contínuo dessas substâncias e à imprevisibilidade relacionada às suas fontes de introdução nos corpos hídricos. Muitos desses compostos não fazem parte das rotinas analíticas convencionais dos sistemas de abastecimento e podem estar associados a diferentes atividades desenvolvidas ao longo da bacia hidrográfica.

Para esse cenário foram estabelecidas medidas como ampliação do monitoramento da qualidade da água bruta, definição de protocolos emergenciais de amostragem, fortalecimento das ações de proteção dos mananciais, integração com órgãos ambientais e utilização da reservação estratégica do sistema em situações críticas.

Outro PCC identificado refere-se aos acidentes envolvendo cargas perigosas nas áreas de influência dos mananciais utilizados para abastecimento público. Esse cenário foi considerado crítico principalmente pela impossibilidade de prever sua ocorrência, pela diversidade de substâncias potencialmente envolvidas e pela possibilidade de rápida propagação dos contaminantes em direção aos pontos de captação. Como medidas de controle foram previstos protocolos específicos de comunicação e resposta emergencial, integração com órgãos de defesa e fiscalização, monitoramento da evolução dos eventos, interrupção preventiva da captação quando necessário e utilização de alternativas operacionais para manutenção do abastecimento.

O terceiro PCC identificado está relacionado à formação de subprodutos do processo de desinfecção. Embora existam mecanismos de controle operacional para esse processo, sua ocorrência está diretamente associada às características da água bruta e às condições operacionais do tratamento, sofrendo influência de fatores como concentração de matéria orgânica, variações sazonais da qualidade da água e condições de operação das unidades de tratamento. Para esse cenário foram previstas ações voltadas ao monitoramento contínuo da qualidade da água bruta, otimização dos processos de coagulação, filtração e desinfecção, controle operacional das dosagens químicas e acompanhamento sistemático dos parâmetros relacionados à formação desses compostos.

Entre os principais exemplos de Pontos de Controle destacaram-se o controle do residual de cloro na rede de distribuição, o monitoramento da turbidez da água filtrada, os sistemas de dosagem química e o acompanhamento operacional dos reservatórios. Esses pontos possuem monitoramento contínuo e permitem atuação preventiva imediata pelas equipes operacionais.

Já entre os Pontos Críticos de Atenção foram identificadas estruturas e situações com maior vulnerabilidade operacional, como reservatórios sem redundância, estações de recalque dependentes exclusivamente de energia elétrica, travessias de adutoras em áreas suscetíveis a deslizamentos e estruturas sujeitas a alagamentos.

Nos Pontos de Atenção foram enquadradas situações relacionadas a fatores externos e de difícil intervenção imediata, como ocupações irregulares em áreas de manancial, presença de fontes difusas de contaminação, expansão urbana em áreas de interesse para proteção hídrica e necessidades futuras de ampliação dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto.

A classificação dos riscos em diferentes categorias permitiu organizar de forma mais eficiente as ações preventivas, operacionais e estruturais previstas no Plano de Segurança da Água, estabelecendo níveis distintos de monitoramento, controle e resposta para cada cenário identificado ao longo do sistema de abastecimento público municipal.

ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS E MICROREGIONALIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Outro resultado importante obtido durante a elaboração do Plano de Segurança da Água foi o desenvolvimento de mapas temáticos das bacias hidrográficas utilizadas para abastecimento público do município. A construção desses materiais teve como base as informações levantadas na etapa inicial de descrição do sistema, permitindo espacializar as principais influências naturais, operacionais e antrópicas incidentes sobre os mananciais utilizados pelo SAMAE.

Os mapas elaborados contemplaram a delimitação das bacias hidrográficas, localização das captações, áreas urbanizadas, atividades industriais, rodovias, linhas férreas, travessias sobre os rios, áreas suscetíveis a enchentes, regiões de risco geológico e demais estruturas com potencial de influência sobre a qualidade da água bruta captada para abastecimento público.

Entre os principais pontos analisados destacou-se a influência da rodovia localizada no trecho entre Corupá e São Bento do Sul, especialmente na região da Serra de São Bento do Sul, considerada uma das áreas mais críticas em relação ao risco de acidentes ambientais com potencial impacto sobre a captação da ETA Central.

Essa região apresenta elevada relevância devido ao fato de estar localizada a montante da principal captação utilizada pelo município, fazendo com que qualquer ocorrência de derramamento de produtos químicos possa atingir diretamente o manancial utilizado para abastecimento.

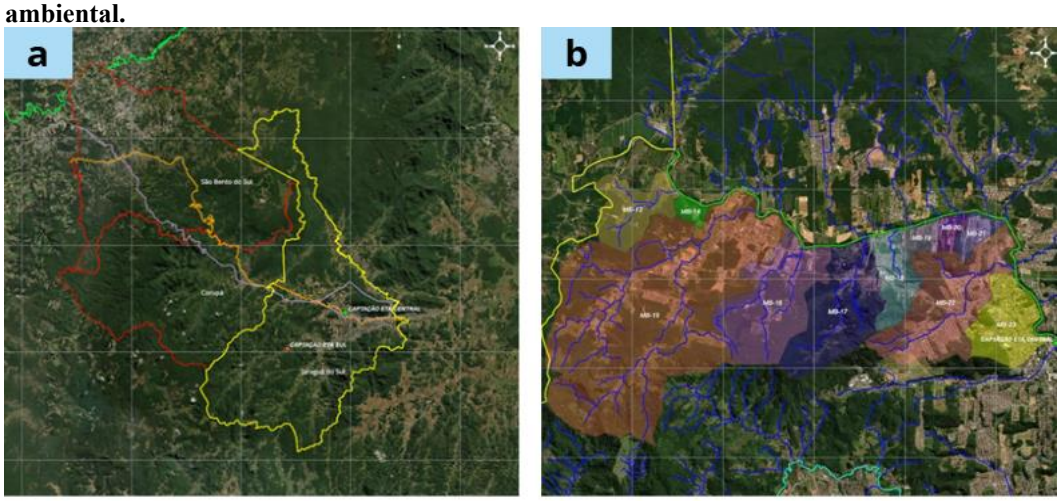
A rodovia apresenta histórico recorrente de acidentes envolvendo veículos de carga, incluindo ocorrências com derramamento de produtos potencialmente contaminantes. Em razão das características geomorfológicas da serra, associadas às fortes declividades, elevada pluviosidade e proximidade dos cursos d'água, eventuais acidentes possuem elevado potencial de carreamento de contaminantes para os rios utilizados no abastecimento público.

Além da rodovia, a linha férrea que acompanha o mesmo trajeto também foi considerada como importante fator de risco para o sistema de abastecimento. Embora atualmente não ocorra mais o transporte de combustíveis pela ferrovia nessa região, justamente em razão dos riscos associados ao abastecimento público, o próprio combustível utilizado para movimentação das locomotivas ainda representa potencial fonte de contaminação em caso de acidentes ferroviários ou descarrilamentos próximos aos cursos d'água.

A partir dessas análises, toda a região de influência dos mananciais foi dividida em sub-bacias hidrográficas estratégicas, permitindo organizar o sistema de monitoramento e resposta emergencial de maneira regionalizada. Essa divisão passou a possibilitar a identificação mais rápida do local da ocorrência, avaliação das áreas potencialmente atingidas e estimativa do tempo de deslocamento hidráulico dos contaminantes até os pontos de captação.

A microregionalização das bacias hidrográficas constituiu uma das principais ferramentas desenvolvidas durante a elaboração do Plano de Segurança da Água, permitindo a divisão da área de drenagem em regiões estratégicas para monitoramento e resposta a eventos com potencial de impactar os mananciais utilizados para abastecimento público. A partir dessa regionalização, foi possível estruturar protocolos operacionais específicos para o Plano de Emergência e Contingência (PEC), considerando a localização das ocorrências, as áreas potencialmente afetadas, os tempos estimados de deslocamento ao longo dos cursos d'água e os possíveis reflexos sobre os sistemas de captação e tratamento.

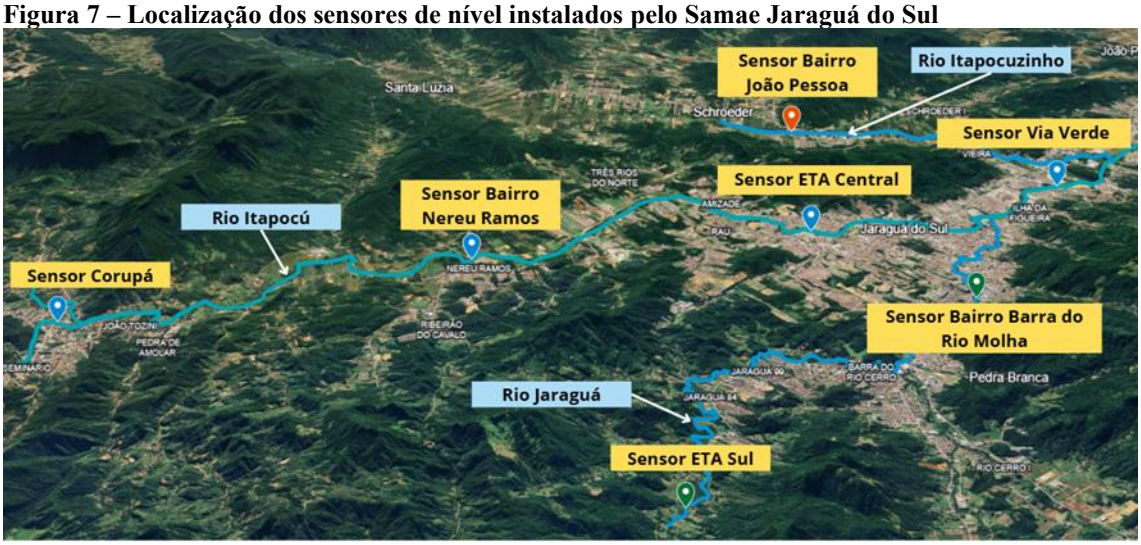
Figura 6 – Mapas Temáticos. (a) Bacia hidrográfica e áreas de influência sobre a captação da ETA Central. (b) Divisão das sub-bacias hidrográficas utilizadas para resposta em situações de emergência ambiental.



Fonte: A2N, SAMAE (2025)

Complementarmente, os mapas temáticos elaborados passaram a atuar de forma integrada com os sensores de nível instalados pela autarquia ao longo dos rios Itapocu e Jaraguá, permitindo acompanhar o comportamento hidrológico dos mananciais em tempo real, avaliar a evolução dos níveis dos rios e estimar tempos de resposta durante eventos hidrológicos extremos. A integração dessas informações ampliou a capacidade de monitoramento e suporte à tomada de decisão operacional, fornecendo subsídios para acionamento das equipes, adoção de medidas preventivas e execução das estratégias emergenciais previstas no PSA e no PEC.

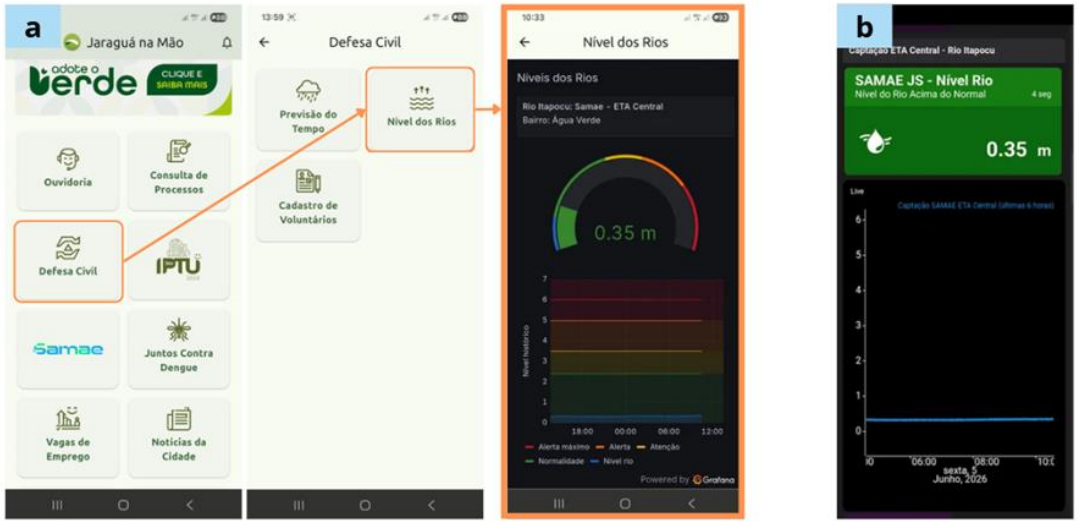
Figura 7 – Localização dos sensores de nível instalados pelo Samae Jaraguá do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor com o auxílio do aplicativo My Maps e Google Earth (GOOGLE, 2026)

Além da utilização dos dados para suporte às ações previstas no Plano de Segurança da Água e no Plano de Emergência e Contingência, as informações provenientes dos sensores de nível instalados ao longo dos rios Itapocu e Jaraguá passaram a ser disponibilizadas em tempo real para a Defesa Civil de Jaraguá do Sul e para a população em geral por meio do aplicativo "Jaraguá na Mão". Internamente, os dados também foram integrados aos sistemas de monitoramento da autarquia, estando disponíveis no sistema supervisório das Estações de Tratamento de Água e Esgoto e no aplicativo Elipse Mobile, utilizado para acompanhamento operacional das unidades de tratamento, estações elevatórias, sistemas de distribuição de água, sistemas de esgotamento sanitário e demais estruturas operacionais do SAMAE. Dessa forma, as informações hidrológicas passaram a compor uma ferramenta de apoio à operação e ao gerenciamento de eventos críticos, permitindo o acompanhamento contínuo das condições dos mananciais por diferentes usuários e níveis de gestão. A Figura 8 apresenta exemplos da disponibilização e utilização dessas informações nos sistemas e aplicativos empregados pela autarquia e pelos órgãos municipais.

Figura 8 – Disponibilização dos dados dos sensores de nível instalados nos rios. (a) Acesso à população através do aplicativo "Jaraguá na Mão". (b) Disponibilização às Equipes Técnicas do Samae



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026

PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA

Com base nos riscos levantados durante as etapas de diagnóstico do sistema, aplicação da matriz de riscos, bem como nas análises das influências ambientais, operacionais e antrópicas incidentes sobre os mananciais e

estruturas do sistema de abastecimento, foi desenvolvido o Plano de Emergência e Contingência (PEC) das Estações de Tratamento de Água Central e Sul do município de Jaraguá do Sul.

O PEC foi estruturado com base nos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do Plano de Segurança da Água, incorporando informações referentes aos riscos identificados, vulnerabilidades operacionais, características dos mananciais, sistemas de reservação, estruturas de recalque, interligações hidráulicas e demais elementos que compõem o sistema de abastecimento municipal.

A elaboração do plano também observou as diretrizes estabelecidas pela Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, incorporando procedimentos relacionados à prevenção, preparação, resposta e mitigação de impactos decorrentes de situações emergenciais que possam comprometer a continuidade do abastecimento público.

Como parte da estruturação do PEC, foi realizado o levantamento dos órgãos e instituições potencialmente envolvidos em situações de emergência, incluindo Defesa Civil, Bombeiros Voluntários, órgãos ambientais, instituições de saúde, forças de segurança, Prefeitura Municipal e demais entidades relacionadas à gestão de crises. Foram organizadas informações de contato, responsáveis e fluxos de acionamento para utilização durante ocorrências que demandem atuação integrada entre diferentes instituições.

Também foram realizadas reuniões técnicas com representantes dos órgãos envolvidos, incluindo Defesa Civil, Bombeiros Voluntários, Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), FUJAMA, representantes da administração municipal e demais instituições relacionadas à gestão de emergências. Posteriormente, foi promovida Audiência Pública para apresentação e discussão do Plano de Segurança da Água e do Plano de Emergência e Contingência, permitindo o registro de contribuições e alinhamento das ações previstas entre os diferentes participantes.

Figura 9 – (a) Reunião preliminar com participação de Órgãos Públicos envolvidos na Elaboração do PSA. (b) Audiência Pública realizada em junho de 2025.



Fonte: SAMAE (2025)

Outra atividade desenvolvida consistiu na criação de uma estrutura organizacional específica para gerenciamento de emergências dentro da autarquia, incluindo a definição de uma equipe técnica responsável pelo atendimento das ocorrências e a previsão de uma Comissão de Respostas Emergenciais, destinada à coordenação das atividades previstas no plano.

Foram ainda desenvolvidos procedimentos operacionais padronizados para diferentes cenários de emergência, estabelecendo responsáveis, fluxos de comunicação, mecanismos de monitoramento e ações operacionais a serem adotadas em cada situação. Entre os cenários contemplados encontram-se contaminação dos mananciais, acidentes envolvendo produtos químicos, enchentes e cheias, secas prolongadas, vazamentos de produtos químicos nas unidades operacionais, interrupções no fornecimento de energia elétrica, incêndios, falhas eletromecânicas, danos aos sistemas de captação e recalque, rompimentos de adutoras e demais ocorrências capazes de comprometer a produção ou distribuição de água tratada.

O levantamento detalhado do sistema realizado durante a elaboração do PSA também permitiu incorporar ao PEC informações relacionadas às capacidades de reservação, interligações hidráulicas e possibilidades de manobras operacionais entre diferentes setores de abastecimento. Foram identificadas alternativas para transferência de água entre reservatórios e regiões atendidas, bem como estratégias para atendimento de usuários prioritários em situações emergenciais, incluindo hospitais, unidades de saúde, instituições de longa permanência para idosos, escolas e demais estruturas consideradas essenciais.

A regionalização das bacias hidrográficas e os mapas temáticos desenvolvidos durante o PSA também foram incorporados ao Plano de Emergência e Contingência, permitindo relacionar as possíveis ocorrências às áreas de influência dos mananciais utilizados para abastecimento público e fornecendo subsídios para definição dos procedimentos operacionais previstos para cada cenário.

Como parte do processo de implantação do plano, em 1º de março de 2026 foi realizado exercício simulado envolvendo cenário de contaminação de manancial decorrente de acidente com produto químico na região de Corupá/SC. A atividade contou com a participação de Equipes do Samae, Defesa Civil de Corupá e demais órgãos envolvidos na gestão de emergências, possibilitando a aplicação dos procedimentos previstos para comunicação da ocorrência, acionamento das equipes responsáveis, acompanhamento da evolução do evento e avaliação dos possíveis impactos sobre o sistema de abastecimento público.

Durante o simulado foram registrados os tempos de resposta das equipes envolvidas e testados os fluxos de comunicação entre as instituições participantes. A atividade também permitiu registrar aspectos relacionados ao processo de comunicação inicial da ocorrência, especialmente no que se refere ao tempo necessário para que as informações chegassem à autarquia e fossem iniciados os procedimentos operacionais previstos no plano.

Outra aplicação dos procedimentos previstos no PEC ocorreu nos dias 02 e 03 de maio de 2026, durante a paralisação programada da ETA Sul por um período aproximado de 24 horas para execução de serviços de impermeabilização em estruturas da unidade. Em função da abrangência da intervenção e do potencial impacto sobre a população atendida, foram aplicados os procedimentos de planejamento, comunicação e contingência previstos no plano, envolvendo diferentes setores da autarquia.

Previamente à realização da obra, foram promovidas reuniões de alinhamento com representantes da imprensa, vereadores, administradoras de condomínios e demais instituições potencialmente afetadas. Também foram realizadas visitas técnicas a empresas localizadas na área de abrangência da ETA Sul e efetuado o envio de comunicados específicos para grandes consumidores. A estratégia de comunicação envolveu a utilização de rádios, jornais, emissoras de televisão, redes sociais, canais digitais da autarquia, aplicativos de mensagens e demais meios disponíveis para divulgação da paralisação programada.

A definição da data da intervenção também considerou os critérios estabelecidos no planejamento operacional, sendo escolhido um domingo por representar período de menor consumo de água por parte de indústrias, estabelecimentos comerciais, escolas e unidades de saúde. Paralelamente, foram executadas manobras preventivas na rede de distribuição e estratégias de gerenciamento da reservação disponível, buscando ampliar a autonomia do sistema durante a paralisação da produção de água tratada. As ações envolveram a transferência de vazões entre setores operacionais, readequação do abastecimento entre reservatórios abastecidos pela ETA Central, alteração temporária de zonas de pressão e utilização estratégica da capacidade de reservação existente, reduzindo a necessidade de interrupções prolongadas do abastecimento nas regiões atendidas pela ETA Sul.

A ETA Sul é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 40 mil habitantes. Mesmo diante da interrupção programada do tratamento por cerca de 24 horas, os registros operacionais apontaram apenas 30 manifestações da população relacionadas à falta de água, recebidas por meio dos canais telefônicos e aplicativos de mensagens instantâneas durante a execução da atividade.

Outro registro de aplicação dos procedimentos previstos no PEC ocorreu em 18 de maio de 2026, durante uma ocorrência de rompimento de adutora no sistema de abastecimento municipal. A situação demandou mobilização imediata das equipes operacionais para execução dos serviços de reparo da tubulação, isolamento do trecho afetado e reorganização operacional do sistema de distribuição.

Paralelamente aos trabalhos de manutenção, foram realizadas manobras hidráulicas previamente previstas no Plano de Emergência e Contingência, utilizando interligações entre setores de abastecimento, transferência de vazões entre reservatórios e reconfiguração temporária da operação da rede. Essas ações permitiram reduzir a área afetada. Durante a ocorrência também foram aplicados os protocolos operacionais relacionados ao monitoramento das condições hidráulicas da rede de distribuição, incluindo acompanhamento das pressões e vazões do sistema e execução dos procedimentos previstos para minimizar impactos decorrentes das alterações operacionais necessárias para realização do reparo. As ações contemplaram ainda medidas destinadas a reduzir a ocorrência de água turva na rede de distribuição associada às variações bruscas de velocidade, pressão e sentido de escoamento provocadas pelas manobras emergenciais e pela paralisação do trecho afetado.

Além das aplicações relacionadas a ocorrências simuladas e reais, o PEC também passou a subsidiar atividades preventivas voltadas ao gerenciamento de eventos hidrológicos extremos. Em 28 de maio de 2026 foi realizada reunião técnica para revisão dos procedimentos operacionais relacionados ao enfrentamento de enchentes e cheias, considerando as previsões climáticas associadas à intensificação do fenômeno El Niño para o ano de 2026. A atividade contemplou a revisão dos procedimentos existentes, análise das estruturas potencialmente vulneráveis e planejamento das ações previstas para mitigação dos impactos sobre o sistema de abastecimento.

Figura 10 – (a) Instalação de lona de proteção contra contaminação do corpo hídrico com combustíveis durante simulado. (b) Grupo de trabalho que participou do simulado em março de 2026. (c) Reportagem apresentada na NSCTV para informar sobre a obra na ETA Sul que interromperia o abastecimento da região por cerca de 24 horas. (d) Visita Técnica da Defesa Civil ao Samae para preparação das equipes para enfrentamento aos possíveis impactos do previsto El-Niño no segundo semestre de 2026.



Fonte: a e b) SAMAE (2026); c) NSCTV (2026); d) SAMAE (2026)

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos demonstram que a elaboração do Plano de Segurança da Água ultrapassou a função documental de identificação de riscos, consolidando-se como instrumento efetivo de planejamento, gestão operacional e fortalecimento da segurança hídrica no município de Jaraguá do Sul. O diagnóstico detalhado dos mananciais, unidades de tratamento, sistemas de reservação, estações de recalque, redes de distribuição e áreas de influência das bacias hidrográficas permitiu reunir informações técnicas anteriormente dispersas e transformá-las em uma base estruturada de apoio à tomada de decisão. Dessa forma, o PSA passou a subsidiar

não apenas as ações preventivas relacionadas à qualidade da água, mas também o planejamento de investimentos, ampliações, intervenções operacionais e estratégias de resposta a eventos críticos.

A descrição integrada do sistema possibilitou compreender as interdependências existentes entre as diferentes estruturas operacionais, evidenciando vulnerabilidades que dificilmente seriam identificadas por meio de análises isoladas. Esse resultado mostrou-se especialmente relevante na avaliação do sistema de distribuição, uma vez que o levantamento das interligações hidráulicas, capacidades de reservação e possibilidades de transferência operacional entre setores permitiu compreender com maior precisão o comportamento do abastecimento diante de emergências, manutenções programadas ou reduções temporárias da capacidade produtiva. Com isso, informações de caráter predominantemente cadastral passaram a ser convertidas em ferramentas práticas de gestão, contribuindo para a elaboração de estratégias de manobras de rede incorporadas tanto ao PSA quanto ao Plano de Emergência e Contingência.

A aplicação prática dessas estratégias foi evidenciada durante a paralisação programada da ETA Sul para execução dos serviços de impermeabilização. A utilização das manobras hidráulicas previamente previstas, associada ao gerenciamento da reservação disponível, ao planejamento operacional e à comunicação antecipada com a população, contribuiu para reduzir significativamente os impactos sobre os usuários atendidos pela unidade. Considerando que a ETA Sul é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 40 mil habitantes, o registro de apenas 30 manifestações relacionadas à falta de água durante cerca de 24 horas de interrupção da produção demonstra a efetividade das estratégias de contingência estruturadas. Esse resultado representa uma das principais evidências práticas de que o PSA e o PEC não permaneceram restritos ao planejamento teórico, mas foram aplicados em situação real com impacto operacional relevante.

Outro aspecto de grande importância foi a adaptação da metodologia de avaliação de riscos à realidade operacional do SAMAE de Jaraguá do Sul. Embora as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 17080:2023 e pelo Manual dos Comitês PCJ constituam importantes referências para elaboração de Planos de Segurança da Água, a aplicação prática demonstrou a necessidade de ajuste dos critérios de classificação para melhor representar as particularidades do sistema estudado. A incorporação dos princípios da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle permitiu diferenciar com maior precisão os níveis de criticidade observados, evitando que número excessivo de situações fosse enquadrado como Ponto Crítico de Controle e direcionando os esforços de monitoramento, controle e investimento para os cenários efetivamente mais relevantes à segurança hídrica municipal.

Essa adaptação metodológica reforça que a gestão de riscos aplicada ao saneamento deve ser tecnicamente fundamentada, mas também compatível com a realidade operacional de cada sistema de abastecimento. Sistemas distintos apresentam características próprias quanto aos mananciais utilizados, grau de exposição a atividades antrópicas, capacidade de reservação, redundância operacional, dependência de energia elétrica, estrutura de monitoramento e disponibilidade de equipes. Assim, a interpretação crítica das metodologias existentes mostrou-se essencial para que o PSA resultasse em um instrumento aplicável à rotina da Autarquia, e não apenas em um documento formal de atendimento regulatório.

Os resultados relacionados ao Plano de Emergência e Contingência também demonstram a importância da preparação prévia para enfrentamento de eventos capazes de comprometer a qualidade da água ou a continuidade do abastecimento. A definição de procedimentos específicos para diferentes cenários de emergência, associada à identificação de responsáveis, fluxos de comunicação, recursos disponíveis e alternativas operacionais, permite que as respostas ocorram de forma mais organizada e rápida. Essa estrutura reduz incertezas durante situações críticas e favorece a atuação coordenada das equipes diante de acidentes com produtos perigosos, contaminações dos mananciais, enchentes, secas, falhas eletromecânicas, interrupções no fornecimento de energia elétrica, rompimentos de adutoras e demais ocorrências capazes de afetar o sistema.

A validação contínua dos procedimentos previstos no PEC mostrou-se fundamental para consolidar sua efetividade. O simulado realizado em parceria com a Defesa Civil de Corupá permitiu testar os mecanismos de comunicação e acionamento previstos para situações de contaminação de mananciais, enquanto as ocorrências reais relacionadas à paralisação programada da ETA Sul e ao rompimento de adutora demonstraram a aplicabilidade dos protocolos em diferentes cenários operacionais. Esses eventos evidenciam que a segurança hídrica depende não apenas da existência de planos, mas da capacidade de testá-los, revisá-los e incorporá-los efetivamente à rotina de operação.

Outro resultado de destaque foi a implantação e integração de ferramentas de monitoramento hidrológico em tempo real. A disponibilização dos dados dos sensores de nível dos rios Itapocu e Jaraguá para as equipes técnicas do SAMAE, para a Defesa Civil e para a população por meio do aplicativo "Jaraguá na Mão" ampliou a capacidade de acompanhamento das condições dos mananciais e fortaleceu a transparência institucional. Além de subsidiar a tomada de decisão operacional, esse monitoramento permite maior preparação frente a eventos hidrológicos extremos, apoiando medidas preventivas relacionadas a cheias, enchentes, alterações bruscas de vazão e possíveis impactos sobre as captações de água bruta.

A integração entre diferentes instituições envolvidas na gestão de emergências e proteção dos recursos hídricos também se mostrou estratégica. A participação da Defesa Civil, Bombeiros Voluntários, Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina, FUJAMA, Prefeitura Municipal e demais entidades relacionadas à gestão de riscos ampliou a capacidade de articulação entre os setores que atuam direta ou indiretamente na proteção dos mananciais e da população. Essa integração é especialmente relevante em situações que extrapolam a capacidade de atuação isolada do prestador de serviços de abastecimento, como acidentes ambientais, eventos climáticos extremos e ocorrências envolvendo produtos perigosos, nas quais respostas coordenadas e canais de comunicação previamente estabelecidos são determinantes para a redução dos impactos.

Por fim, os resultados reforçam a comunicação como componente essencial da gestão de riscos aplicada ao abastecimento público. A experiência adquirida durante a paralisação programada da ETA Sul demonstrou que a comunicação preventiva, transparente e multicanal com a população contribui para reduzir os impactos percebidos pelos usuários e melhorar a compreensão sobre as medidas necessárias à manutenção da segurança operacional do sistema. A utilização de rádios, jornais, emissoras de televisão, redes sociais, aplicativos de mensagens, canais institucionais e contato direto com consumidores estratégicos ampliou o alcance das informações e favoreceu a adesão da comunidade às orientações repassadas pela Autarquia.

De forma geral, os resultados demonstram que a elaboração do Plano de Segurança da Água proporcionou não apenas um diagnóstico detalhado do sistema de abastecimento de Jaraguá do Sul, mas também o desenvolvimento de instrumentos operacionais, gerenciais, tecnológicos e institucionais voltados à prevenção de riscos e ao aumento da resiliência do abastecimento público. A estruturação do PEC, a definição dos Pontos Críticos de Controle, a integração interinstitucional, a implantação de monitoramento hidrológico em tempo real e a aplicação dos procedimentos em situações simuladas e reais evidenciam que o PSA passou a atuar como ferramenta concreta de gestão preventiva, contribuindo para a proteção da saúde pública, a continuidade do abastecimento e o fortalecimento da segurança hídrica municipal.

Os resultados observados em Jaraguá do Sul corroboram a literatura internacional que aponta os Planos de Segurança da Água como instrumentos capazes de ampliar a resiliência operacional dos sistemas de abastecimento por meio da antecipação de riscos, fortalecimento do monitoramento e melhoria dos processos de tomada de decisão. A experiência local demonstra que os benefícios do PSA extrapolam a proteção da qualidade da água, contribuindo também para a continuidade do abastecimento, planejamento de contingências e integração institucional entre os diferentes órgãos envolvidos na gestão dos recursos hídricos e das emergências.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A elaboração do Plano de Segurança da Água do município de Jaraguá do Sul permitiu consolidar uma visão integrada dos mananciais, estruturas operacionais e fatores externos capazes de influenciar a qualidade da água e a continuidade do abastecimento público. O desenvolvimento do trabalho possibilitou identificar e priorizar os principais riscos existentes ao longo do sistema, estruturar mecanismos de monitoramento e controle, definir Pontos Críticos de Controle, elaborar ferramentas de apoio à tomada de decisão e desenvolver um Plano de Emergência e Contingência compatível com as características operacionais e ambientais do município.

Os resultados obtidos demonstram que a aplicação dos princípios de gestão de riscos recomendados pela Organização Mundial da Saúde e pelas normas técnicas vigentes constitui uma importante ferramenta para o fortalecimento da segurança hídrica municipal. A integração das informações operacionais, a utilização de ferramentas de monitoramento, a articulação entre diferentes instituições e a definição de protocolos

padronizados ampliaram a capacidade de prevenção, preparação e resposta frente a eventos com potencial de comprometer a qualidade da água ou a continuidade do abastecimento.

Também se verificou que o processo de elaboração do PSA proporcionou benefícios que extrapolam os objetivos regulatórios associados à sua implantação. O detalhamento das estruturas operacionais, das interligações hidráulicas e das possibilidades de manobra do sistema gerou informações estratégicas que passaram a subsidiar atividades de planejamento, operação e gestão do abastecimento. As aplicações observadas após a conclusão do plano, incluindo simulados, monitoramento dos mananciais, ocorrências operacionais reais e a paralisação programada da ETA Sul, demonstram que os instrumentos desenvolvidos já vêm sendo utilizados na rotina da Autarquia, evidenciando que o PSA se consolidou como uma ferramenta efetiva de gestão e não apenas como um documento elaborado para atendimento de exigências normativas.

Considerando que os sistemas de abastecimento estão sujeitos a constantes alterações operacionais, ambientais, urbanísticas e regulatórias, o Plano de Segurança da Água deve ser compreendido como um instrumento dinâmico e em permanente evolução. Nesse contexto, está prevista a realização de revisões periódicas, incorporando informações obtidas a partir das ocorrências registradas, dos exercícios simulados, das alterações estruturais do sistema, da atualização dos cenários de risco e das lições aprendidas durante a aplicação prática do Plano de Emergência e Contingência.

Como recomendações para o aprimoramento contínuo do PSA, destaca-se a manutenção e ampliação dos programas de monitoramento dos mananciais, especialmente em relação aos contaminantes emergentes e aos eventos com potencial de impacto sobre a qualidade da água bruta. Recomenda-se também a continuidade dos exercícios simulados envolvendo os diferentes órgãos participantes do Plano de Emergência e Contingência, permitindo o aperfeiçoamento permanente dos fluxos de comunicação, dos protocolos de resposta e da integração institucional. Da mesma forma, a ampliação gradual das ferramentas de monitoramento em tempo real das bacias hidrográficas tende a aumentar a previsibilidade e a capacidade de resposta frente a eventos críticos.

Por fim, a experiência desenvolvida em Jaraguá do Sul demonstra que a adoção de abordagens preventivas baseadas na gestão de riscos representa um importante avanço para os serviços de abastecimento de água. Mais do que identificar perigos e vulnerabilidades, o Plano de Segurança da Água permitiu estruturar mecanismos permanentes de monitoramento, planejamento e resposta, contribuindo para aumentar a resiliência operacional do sistema, fortalecer a proteção da saúde pública e ampliar a capacidade do município de enfrentar os desafios relacionados à segurança hídrica nas próximas décadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA, Agência Nacional das Águas. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2023. Brasília: ANA, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/101813. Acesso em: 10. jun. 2026.

2. WHO, World Health *Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th edition incorporating the first addendum*. Geneva: World Health Organization, 2017.

3. WHO, World Health *Organization. Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First and Second Addenda*. Geneva: World Health Organization, 2022.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 17080:2023: Plano de Segurança da Água (PSA) – Requisitos e diretrizes para elaboração e implementação. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

5. UNITED NATIONS. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations, 2015.

6. BRASIL. 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; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, nº 8.036, de 11 de maio de 1990, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, nº 8.987, de 13 de fevereiro de

1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br. Acesso em: 10. jun. 2026.

7. BRASIL. Ministério da 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. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 maio 2021. Disponível em: https://www.in.gov.br. Acesso em: 10. jun. 2026.

8. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 out. 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br. Acesso em: 10. jun. 2026.

9. SANTA CATARINA. Decreto nº 1.846, de 20 de dezembro de 2018. Regulamenta os serviços de abastecimento de água para consumo humano no Estado de Santa Catarina e estabelece outras providências. Diário Oficial do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 20 dez. 2018. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br. Acesso em: 10 jun. 2026.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 17080:2023: Plano de Segurança da Água (PSA) – Requisitos e diretrizes para elaboração e implementação. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

11. COMITÊS PCJ. Manual para elaboração e implementação de Planos de Segurança da Água. Piracicaba: Consórcio PCJ/Comitês PCJ, 2020.

12. A2N, Engenharia e Soluções Sustentáveis; SAMAE, Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Jaraguá do Sul. Plano de Segurança da Água (PSA). Jaraguá do Sul: SAMAE, 2025. Disponível em: https://www.samaejs.com.br/legislacao/psa/. Acesso em: 10 jun. 2026.

13. GOOGLE. Google My Maps. Google, 2026. Plataforma digital de mapeamento e geoprocessamento adaptivo. Disponível em: https://www.google.com/intl/pt-BR/maps/about/mymaps/. Acesso em: 9 jun. 2026.

14. NSC TV. Reportagem sobre as obras de revitalização da Estação de Tratamento de Água Sul (ETA Sul) do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Jaraguá do Sul. Jornal do Almoço. Florianópolis: NSC TV, 2026.