

# O uso da metodologia do Plano de Segurança da Água como ferramenta para o cumprimento de metas da atualização do Marco Legal do Saneamento em Sistemas de Abastecimento de Água

*The use of the Water Safety Plan methodology as a tool to meet the goals of updating the Sanitation Legal Framework in Water Supply Systems*

• **Data de entrada:**  
08/11/2022


• **Data de aprovação:**  
26/12/2022

Lorena Olinda Degasperi Rocha<sup>1\*</sup> | Priscilla Basilio Cardoso Barros Trindade<sup>2</sup> |  
Edumar Ramos Cabral Coelho<sup>1</sup> | Ângela Di Bernardo Dantas<sup>3</sup>


DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.063>

## ORCID ID

Rocha LOD  <https://orcid.org/0000-0001-7102-581X>

Trindade PBCB  <https://orcid.org/0000-0002-4043-9822>

Coelho ERC  <https://orcid.org/0000-0002-9220-5737>

Dantas AB  <https://orcid.org/0000-0003-3144-3130>

## Resumo

O Sistema de Abastecimento de Água da Vila do Riacho - ES teve mudanças na sua gestão, o que trouxe grandes desafios, principalmente pelo desconhecimento de seu funcionamento. Com o intuito de solucionar esse problema, foi utilizada a metodologia do Plano de Segurança da Água (PSA) visando ao atendimento das metas do Marco do Saneamento atualizado (Lei nº 14.026/2020). O PSA utiliza etapas de avaliação do sistema e da operação com o objetivo de conhecer melhor os processos, identificar e priorizar os perigos e riscos, visando indicar medidas de controle e garantir a segurança da água para a população atendida. Ao todo, foram detectados 89 riscos; dentre eles, 44 foram classificados como risco catastrófico, muito alto e alto. Após identificação e proposta de medidas de controle, no final do primeiro ano de gestão, foi possível reduzir 75% desses riscos, para os níveis baixo e médio, apenas com mudanças na operação.

**Palavras-chave:** Plano de segurança da água. Gestão de riscos. Água segura.

## Abstract

*The Water Supply System of Vila do Riacho - ES had changes in its management, which brought great challenges, mainly due to the lack of knowledge of its operation. In order to solve this problem, the Water Safety Plan (PSA) methodology was used to meet the goals of the updated Sanitation Framework (Law No. 14,026/2020). The PSA uses system and operation evaluation stages with the objective of better understanding the processes, identifying and prioritizing hazards and risks, aiming to indicate control measures and guarantee water safety for the popula-*

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo - Vitória - Espírito Santo - Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Vitória - Espírito Santo - Brasil.

<sup>3</sup> Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos - São Carlos - São Paulo - Brasil.

\* **Autora correspondente:** [lorenalodr@gmail.com](mailto:lorenalodr@gmail.com).

tion served. In all, 89 risks were detected, among which 44 were classified as catastrophic, very high and high risk. After identification and proposal of control measures, at the end of the first year of management, it was possible to reduce 75% of these risks, to the low and medium levels, just with changes in the operation.

**Keywords:** Water safety plan. Risk management. Safe water.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a qualidade da água esteve associada aos aspectos estéticos e sensoriais, tais como cor, sabor e odor. Somente no final do século XIX e início do século XX a qualidade da água tornou-se questão de interesse para a saúde pública. Hoje, para a Organização Mundial da Saúde (OMS), todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, devem ter acesso à água potável e segura. A água segura, nesse contexto, é uma oferta de água que não representa um risco significativo à saúde, com quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que estão disponíveis continuamente e tenham um custo acessível (WHO, 2017).

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

Dentre os principais motivos para a falta do fornecimento da água potável e segura, estão os métodos convencionais de gerenciamento dos

riscos da qualidade da água potável. Estes tendem a ser corretivos e se concentram principalmente em garantir apenas que a água potável atenda aos padrões da legislação vigente, a partir de monitoramentos laboratoriais da qualidade da água produzida e distribuída, com resultados demorados e de baixa capacidade para o alerta rápido à população. Assim, em casos de contaminação, não garantem a efetiva segurança da água para consumo humano, ou seja, são métodos baseados no tratamento e na correção da falha após sua ocorrência (PETERS, 2018).

Com o intuito de mudar esse cenário, a OMS introduziu formalmente os Planos de Segurança da Água (PSA) como uma abordagem efetiva de gerenciamento para garantir que a água potável esteja realmente segura. Pois o PSA, segundo a OMS, é uma ferramenta mais eficaz se comparada às abordagens convencionais, por cercar-se de todo o sistema de água, desde a captação até o consumidor, com o objetivo de evitar a contaminação em cada estágio por meio de avaliações e gestão dos riscos, atuando de forma preventiva (WHO, 2017).

No Brasil, os fundamentos legais para o desenvolvimento do PSA estão regulamentados na Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Essa portaria aponta a necessidade de o responsável pelo sistema ou pela solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano manter avaliação sistemática do sistema, com atenção à qualidade da água distribuída e aos riscos à saúde, cabendo à Autoridade de Saúde

Pública exigir dos responsáveis por SAA e SAC a elaboração e a implementação de PSA, conforme a metodologia e o conteúdo preconizados pela OMS ou definidos em diretrizes do Ministério da Saúde, para fins de gestão preventiva de risco à saúde (BRASIL, 2021).

Para a implantação do PSA, leva-se em consideração o conhecimento do funcionamento do sistema de abastecimento de água e as práticas adequadas de gestão da qualidade da água potável. Essa metodologia baseia-se na estratégia de barreiras múltiplas e conceitos básicos de tratamento de água, análise de perigo, pontos críticos de controle e na abordagem sistêmica de gestão, propondo três etapas principais: avaliação do sistema, monitoramento do sistema e implantação de planos de gestão (WHO, 2017).

Portanto, a metodologia de avaliação de risco proposta nas diretrizes da OMS (WHO, 2017 e BRASIL 2021) é de grande valia para as empresas de saneamento, principalmente diante do marco do saneamento, a Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020), o qual revê regras que visam fomentar investimentos privados, estimulando a livre concorrência e a sustentabilidade econômica dos serviços. Entre as principais mudanças estruturais no modelo de prestação dos serviços está a obrigatoriedade de licitação para novas contratações das empresas de saneamento e o estabelecimento de metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos

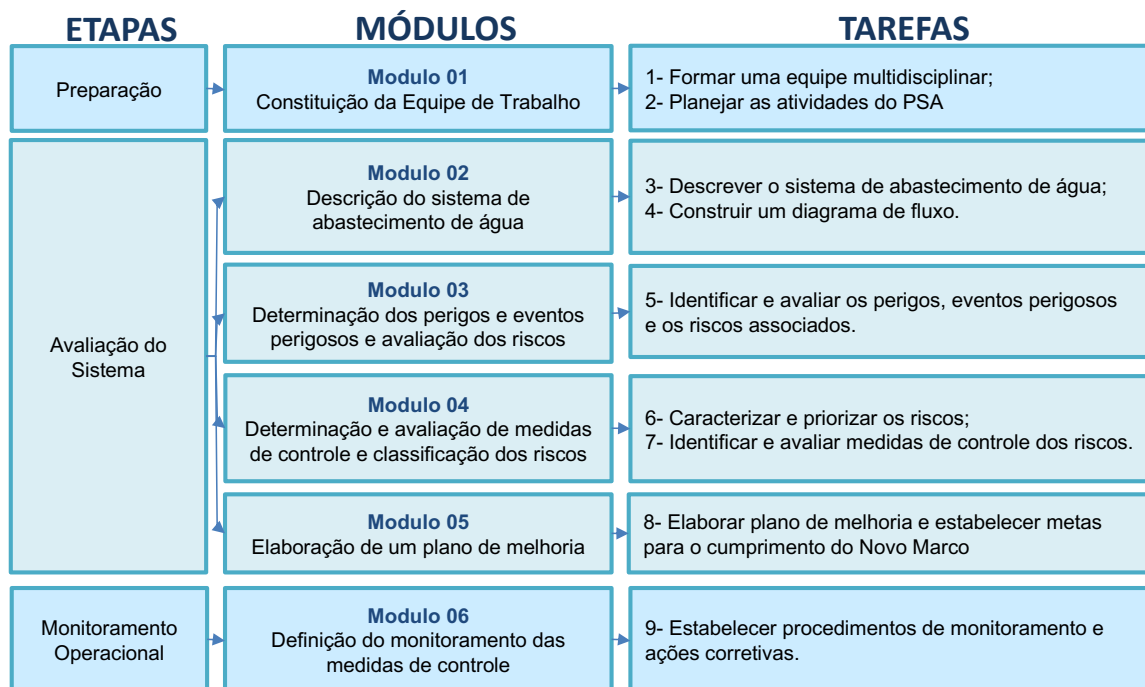
processos de tratamento (BRASIL, 2020). Assim, com a implantação da metodologia do PSA, nos sistemas de abastecimento de água, é possível estabelecer as metas necessárias para a melhoria dos sistemas utilizando uma abordagem assertiva e preventiva, garantindo o cumprimento da Lei nº 14.026/2020 e a segurança da água distribuída.

## 2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi utilizar as etapas de avaliação do sistema e monitoramento operacional da metodologia do Plano de Segurança da Água no sistema de abastecimento de água Vila do Riacho, de modo a avaliar o sistema, identificar e priorizar os perigos e riscos existentes, sob a perspectiva de risco à saúde, visando indicar medidas de controle para eliminá-los ou reduzi-los a níveis aceitáveis e garantir a segurança da água para a população atendida, com vistas ao cumprimento das metas de melhoria dos processos de tratamento do Marco Legal do Saneamento atualizado (Lei nº 14.026/2020).

## 3 METODOLOGIA

Para o cumprimento dos objetivos da pesquisa foram desenvolvidas as etapas iniciais do PSA, abrangendo a preparação, descrição e avaliação do sistema e o monitoramento operacional, conforme apresentado na Fig. 1.



**Figura 1** - Apresentação dos módulos abordados nesta pesquisa  
 Fonte: Elaborado pelo autor; adaptado de Vieira, 2013; WHO 2017

### 3.1 Etapa inicial: preparação

Essa etapa envolveu a formação de uma equipe técnica multidisciplinar, identificada como equipe PSA. A equipe foi indicada pela companhia de saneamento e ficou responsável por realizar o levantamento, planejamento, desenvolvimento e aplicação do PSA no sistema estudado. Após a constituição da equipe de trabalho e consequente apropriação dos conceitos e metodologias inerentes ao tema, foi realizada uma reunião de planejamento das atividades a serem desenvolvidas. Definiu-se um cronograma de trabalho, destacando as principais atividades necessárias à elaboração e aplicação da metodologia do PSA, de acordo com a realidade e capacidade de trabalho da equipe e da instituição.

### 3.2 Etapa 01 - avaliação do sistema

A avaliação do sistema ocorreu a partir do diagnóstico detalhado de todo o sistema de abaste-

cimento de água, e teve por objetivo verificar se o sistema teria condições de garantir o tratamento e o fornecimento de água. Essa etapa foi composta por quatro fases: descrição do sistema de abastecimento de água, construção e validação do diagrama de fluxo; identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos; identificação e avaliação das medidas de controle e elaboração de um plano de melhoria para os riscos considerados altos e muito altos.

A seleção e adequação do método de identificação dos perigos e avaliação de risco levou em consideração a metodologia proposta pela OMS nos *Guidelines for Drinking-Water Quality*, que trata da temática, desde 2004 até os dias atuais (WHO, 2017), na norma ISO 31000 de Gestão de Risco (ABNT, 2018), bem como as diretrizes do Ministério da Saúde (BRASIL, 2012). Para o cumprimento desta etapa, o levantamento das informações foi crucial para identificação e caracterização dos riscos. Os dados foram obtidos por meio das informações levantadas por meio

de históricos fornecidos pelo SAAE (responsável anterior), pela Companhia de Saneamento (atual responsável), de pesquisas acadêmicas, projetos desenvolvidos na área de estudo, dados hidráulicos do SAA, dados do IBGE e Google Earth. Após a descrição do sistema, elaborou-se o diagrama de fluxo do sistema, abordando detalhadamente todo o sistema de abastecimento de água. Para o desenvolvimento dos fluxogramas, utilizou-se o programa *Lucidchart*.

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

Na etapa de identificação dos perigos e eventos perigosos, avaliou-se cada componente da microbacia, da captação, do tratamento de água, da reservação e da rede de distribuição, visando um número maior de perigos e eventos perigosos. Para auxiliar no reconhecimento dos perigos, utilizou-se um *checklist* com diversos exemplos de possíveis passíveis que possam ocorrer em um sistema de abastecimento, bem como perguntas-chave, de modo a nortear a equipe. Esse *checklist* foi elaborado considerando várias experiências de autores que fizeram ou realizam o PSA (WHO (2017), Brasil (2012), Peters (2018), Braga (2015) e Dantas (2021).

Outro ponto importante da metodologia de identificação dos riscos foi a inserção das macrocausas envolvidas na ocorrência dos eventos perigosos utilizando a metodologia de causa-raiz, com o objetivo de conhecer a origem dos eventos perigosos, de modo a propor medidas de controle mais assertivas ao sistema. As macrocausas são divididas em quatro categorias: ambiente externo (contemplam os fatores externos ao SAA, como exemplo a qualidade da água bruta); infraestrutura do SAA; operação (pessoal); controles e procedimentos operacionais em prática no SAA (DANTAS, 2021). Para facilitar a organização dos pontos identificados, desenvolveu-se uma planilha no *software Excel* denominada “Identificação dos Perigos”. Após a identificação dos perigos potenciais e suas fontes, o risco associado a cada perigo ou evento perigoso foi comparado, de modo que as prioridades de gerenciamento de risco pudessem ser estabelecidas. O risco associado a cada perigo ou evento perigoso foi descrito, por meio da identificação da probabilidade de ocorrência e avaliação da gravidade das consequências se o perigo ocorrer. O objetivo nessa etapa foi distinguir entre perigos ou eventos perigosos importantes e menos importantes.

Os riscos encontrados foram classificados segundo o efeito produzido por eles, na capacidade que o sistema tem de fornecer água segura, ou seja, considerou-se seu possível efeito na saúde pública, bem como os efeitos organolépticos, a continuidade e a suficiência do abastecimento, e o funcionamento do serviço de abastecimento de água. Nessa pesquisa utilizou-se a Matriz Semiquantitativa de Priorização de Risco (VIEIRA & MORAIS, 2005), que atribui valores numéricos às probabilidades de ocorrência (Quadro 1) e severidade das consequências (Quadro 2), de forma que seu cruzamento (multiplicação) resulte em uma pontuação, o qual classifica o risco nas categorias: catastrófico, muito alto, alto, médio e baixo (Quadro 3).

**Quadro 1- Escala de Probabilidade de Ocorrência**

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

Fonte: Adaptado de Peters, 2018

**Quadro 2 - Escala de Severidade de Consequência**

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

Fonte: Adaptado de Peters, 2018

**Quadro 3 - Matriz semiquantitativa de Priorização de Risco**

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

**Legenda:** Análise de risco

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

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

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

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

Fonte: Adaptado de WHO, 2017 e Brasil, 2012

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

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

No plano de melhoria foi elaborado um cronograma de atividades, no *software Excel*, com o intuito de eliminar ou reduzir o perigo, definindo os responsáveis por cada atividade, uma estimativa de tempo possível para execução e os recursos necessários. O plano de melhoria destacou os perigos cujo risco necessita de ação que requer investimentos e estudos mais específicos, de modo a auxiliar o prestador de serviços nas tomadas de decisões e assim conduzi-lo no planejamento das metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento, que são solicitadas pelo Marco Regulatório do Saneamento.

### 3.3 Etapa 02 - monitoramento operacional

Após a avaliação das medidas de controle, buscou-se definir estratégias para acompanhar os riscos significativos, de forma a garantir que falhas sejam prontamente detectadas, iniciando a etapa do monitoramento operacional. Desenvolveu-se nessa etapa uma planilha no *software Excel*, denominada “Monitoramento Operacional”, onde foram estabelecidos pontos vulneráveis a serem monitorados, bem como o estabelecimento de limites críticos e as ações que devem ser tomadas caso necessário.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

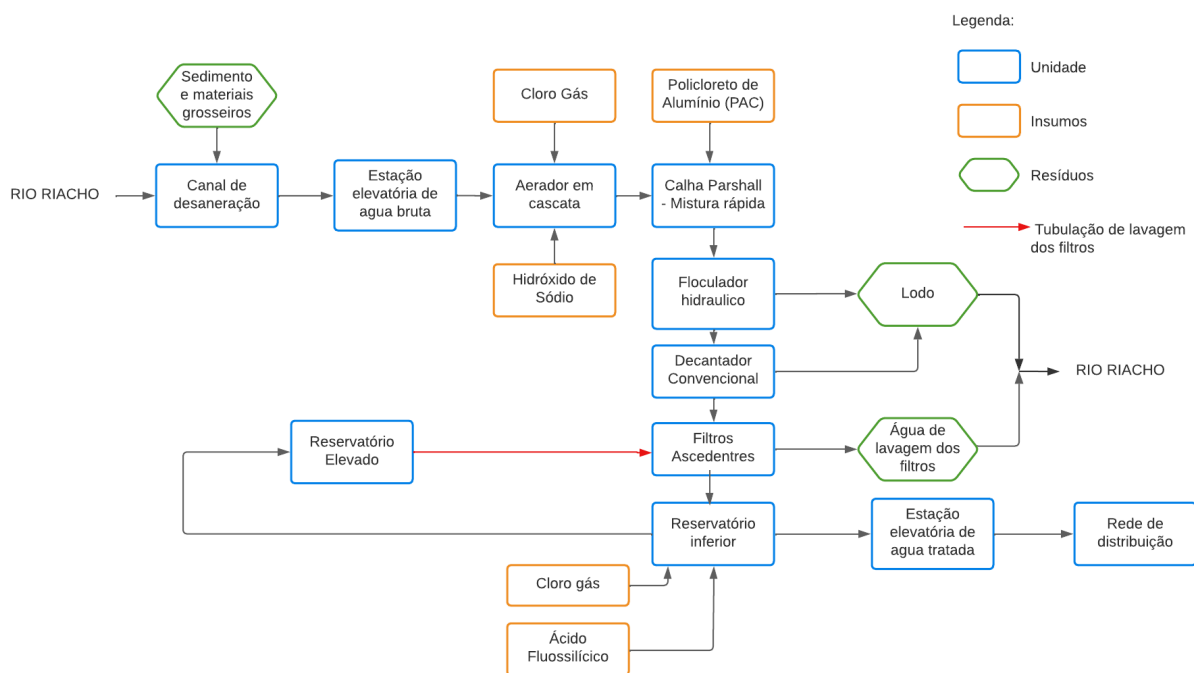
Com base nos dados levantados, foi possível descrever o estado atual em que se encontrava o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Vila do Riacho, desde o manancial até a distribuição, sendo considerado como o inventário do SAA. A Descrição trouxe informações suficientes para

determinar os pontos vulneráveis, os eventos perigosos, os tipos de perigos importantes, avaliar as medidas de controle existentes e propor medidas mais efetivas para o sistema.

O SAA avaliado nessa pesquisa foi o sistema de abastecimento de água de Vila do Riacho, localizado em Aracruz, no Estado do Espírito Santo. Esse sistema era gerenciado pelo SAAE de Aracruz e, em agosto de 2020, passou a ser administrado pela Companhia de Saneamento do Estado. A escolha desse sistema foi devida às condições de risco que se apresentavam no momento, análises laboratoriais com presença de metais pesados, pH muito baixo e rejeição da água pela população, que reclama da qualidade e da intermitência no abastecimento. Era necessário diagnosticar as causas para esses problemas de qualidade, de forma a nortear a Companhia indicando os principais obstáculos que necessitariam ser resolvidos, além de mostrar as metas que poderiam ser estabelecidas para o cumprimento da Lei nº 14.026/2020.

### 4.1 Descrição do sistema de abastecimento de água, construção e validação do diagrama de fluxo

Nessa etapa, foi realizada a descrição fiel do estado atual em que se encontrava o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Vila do Riacho, desde o manancial até a distribuição, com o objetivo de conhecer detalhadamente o processo de produção. Após a avaliação validou-se o diagrama do fluxo, indicando todo o caminho percorrido pela água desde o manancial até a distribuição, os insumos adicionados e os resíduos gerados (Fig. 2).



**Figura 2** - Diagrama de fluxo do Sistema Vila do Riacho.  
Fonte: elaborado pelo autor, 2022

#### 4.2 Identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos

na etapa de identificação dos eventos perigos, levou-se em consideração a experiência de cada membro da equipe e seu conhecimento sobre o sistema, além de visitas *in loco* para avaliação da

microbacia e de todos os processos do sistema de abastecimento até a distribuição. Em cada etapa foi desenvolvida uma planilha no *software Excel* denominada “Identificação dos Perigos”, conforme apresentado no Quadro 4, onde constam os eventos perigosos identificados na microbacia do Rio Riacho.

**Quadro 4** - Planilha de Identificação dos Eventos Perigosos do Componente Microbacia

Evento Perigoso	Macrocausas					Perigo	Justificativa	Como foi Identificado
	A	I	O	P				
	Há mudanças repentinas de cor e turbidez na água bruta, quando se produzem variações climáticas e sazonais devido às chuvas.	x						
Presença de substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo (alumino, ferro e manganês).	x				Físico e químico	Comprometimento da qualidade da água, contaminação química, desabastecimento e rejeição	visual/documental/analítica	
Transposição de Bacia Hidrográfica por meio do Canal Caboclo Bernardo	x				Físico, químico e microbiológico	Contaminação química e presença de patogênicos	visual/documental	

**Nota:** Macrocausas: A - Ambiente externo, I - Infraestrutura, O - Operação, P - Controles e procedimentos operacionais em prática no SAA. Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

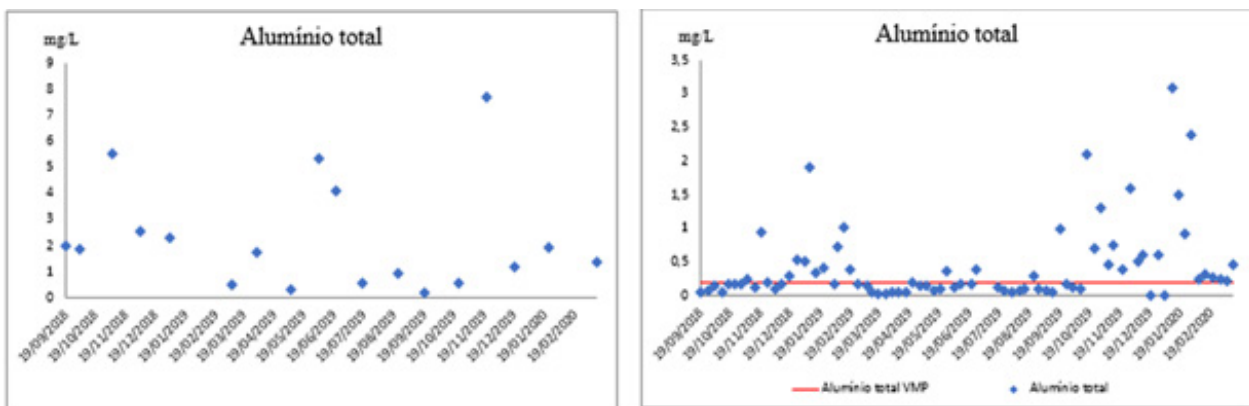


Os pontos mais importantes a serem destacados na identificação dos perigos e eventos perigosos foram as características peculiares do manancial, pois, devido à presença do solo tiomórfico na região (onde o pH da água do Rio chega a 3,0), o manancial apresenta concentração de metais (ferro, manganês e alumínio) acima do limite permitido pela Portaria GM/MS Nº 888/21 do Ministério da Saúde, principalmente o alumínio, que contém concentrações altas e constantes ao longo do ano. Isso norteou a equipe a identificar os pontos que precisariam ser alterados no tratamento de forma a reduzir os metais a níveis abaixo do limite determinado na Portaria do Ministério da Saúde.

Foi observada a falta do controle na dosagem dos produtos químicos usados. A ETA funcionava sem alteração na dosagem, independentemente da qualidade da água, e o coagulante era diluído sem critério. A dosagem era realizada com bomba dosadora, porém não havia bomba reserva nem outro ponto alternativo de dosagem. Assim, caso a bomba apresentasse problemas,

a ETA precisaria ser paralisada, o que causaria o desabastecimento, pois a reservação do sistema não é suficiente para abastecer a população em sua totalidade. Outro ponto identificado foram os filtros da ETA; estes são ascendentes e não possuíam qualquer tipo de cobertura para evitar a entrada de patógenos na água. Além disso, os operadores não controlavam a qualidade da água dos filtros.

Apesar do conhecimento da presença do alumínio na água bruta, não havia controle do parâmetro na estação, pelos resultados analíticos apresentados no Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano (PM-QACH), desenvolvido pela Renova (Fig. 3), observou-se que a concentração de alumínio total no rio e na saída da ETA apresentou, em 94,4% dos 18 (dezoito) resultados obtidos, concentrações muito elevadas em relação ao limite estabelecido na Portaria GM/MS n. 888/2021 (FUNDAÇÃO RENOVA, 2021).



**Figura 3** - Monitoramento de alumínio total (mg/L) na água bruta e água tratada da ETA Vila do Riacho

**Gráfico A:** Monitoramento de alumínio total (mg/L) na água bruta

**Gráfico B:** Monitoramento de alumínio total (mg/L) na água tratada

Fonte: Fundação Renova, 2021

Além da avaliação dos processos de tratamento, a equipe definiu outros componentes considerados importantes a serem avaliados, que de al-

guma forma prejudicavam a segurança da água, como: a operação, o laboratório, a estrutura física e a rejeição populacional. Destaca-se, nesse

ponto, a precariedade da estrutura da casa de química, do laboratório e a falta de controle da calibração dos equipamentos analíticos.

A caracterização dos riscos foi realizada utilizando uma metodologia de priorização de riscos, baseada no bom senso e no conhecimento das características do sistema. Para avaliar o risco associado a cada evento perigoso, foi definida a probabilidade de ocorrência do mesmo e a severidade das consequências para a saúde da popu-

lação e/ou funcionamento do sistema, de forma que se possa ter a possibilidade de reduzir ou eliminar o impacto que esse risco possa vir a causar à saúde da população. Para compilação dos resultados, elaborou-se uma planilha no software Excel denominada “Caracterização dos riscos e priorização dos eventos perigosos”, para cada evento perigoso identificado, formando assim um pequeno histórico dos perigos encontrados em cada componente do sistema de água, conforme apresentado no Quadro 5.

**Quadro 5** - Planilha de caracterização dos riscos e priorização dos eventos perigosos

Caracterização e Priorização dos Eventos Perigosos									
Risco			Macrocausas			Caracterização			
Componente	Evento Perigoso	Perigo				Probabilidade de Ocorrência Valor Atribuído	Severidade da Ocorrência Valor Atribuído	Caracterização do Risco	
			I	O	P			Total	Classificação
DECANTAÇÃO	Intervalo de tempo excessivo entre as operações de limpeza	Microbiológico		x		4	4	16	MUITO ALTO
DECANTAÇÃO	Ausência do monitoramento da qualidade da água (análises laboratoriais)	Microbiológico			x	5	3	15	ALTO
DECANTAÇÃO	Ausência de tratamento do lodo do decantador	Microbiológico	x			4	3	12	ALTO
FILTRAÇÃO	Carreira de filtração excessiva, ultrapassa 60 horas	Microbiológico		x	x	4	3	12	ALTO

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022

Ao todo, foram avaliados 89 riscos; destes, 11 foram classificados como risco muito alto, 30 riscos tiveram a classificação de risco alto e 03 riscos foram considerados catastróficos, ou seja, existe 49,43% de chance de a população receber água fora dos padrões de qualidade ou em quantidade insuficiente para atender toda a população abastecida, não atendendo às metas estabelecidas pela Lei nº 14.026/2020. O que chama a atenção é que dos 44 riscos classificados como alto, muito alto e catastróficos apenas 15,9% dos riscos são eventos perigosos que possuem a sua origem em ambientes externos; em contra-

partida, 81,8% desses riscos têm sua origem em eventos operacionais.

### 4.3 Medidas de controle

Os riscos que foram considerados muito alto e alto passaram pelo processo de avaliação de medidas de controle. Em cada risco avaliado, foi verificado se existia uma medida de controle e se essa era eficaz. Nessa etapa criou-se a planilha no *software Excel* nomeada de “Medidas de Controle”, conforme exemplo apresentado no Quadro 6.

**Quadro 6** - Planilha de avaliação das medidas de controle estabelecidas

Medidas de Controle										
Identificação dos Riscos			Medidas de Controle do Risco		Implantação de Novas Medidas de Controle		Reavaliação dos Riscos Após Medida de Controle			
Componente	Evento Perigoso	Classificação Do Risco	A Medida de Controle é Eficiente?		Houve Mudança na Medida de Controle	Medida de Controle Implantada ou Modificada	Houve Mudança na Clarificação do Risco	Motivo	Nova Classificação	Risco Monitorado
			Sim/Não	Justificativa	Sim/Não		Sim/Não		Resultado	Sim/Não
Microbacia	Deposição de resíduos industriais em decorrência do acidente ambiental proveniente do rompimento da barragem de Fundão em 2015	Catastrófico	Não	Não foram identificadas medidas de controle	Sim	Elaboração do plano de Emergência	Não	Esse risco não possui controle operacional, são adotadas medidas emergenciais caso ocorra	Catastrófico	Sim
Microbacia	Fábrica com tanques de produto químico desativada	Catastrófico	Não	Não foram identificadas medidas de controle	Sim	Elaboração do plano de Emergência	Não	Esse risco não possui controle operacional, são adotadas medidas emergenciais caso ocorra	Catastrófico	Sim
Captação Rio	Acesso fácil de animais e pessoas no ponto de captação	Muito alto	Não	não foram identificadas medidas de controle	Sim	Melhoria da cerca ao entorno da captação, melhoria no portão de acesso e colocação de cadeado	Não	Risco estabilizado	Médio	Sim

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022

Nessa avaliação, identificou-se que nenhum dos riscos possuía qualquer medida de controle. Por isso, a equipe iniciou a fase de adequação do sistema, a partir dos riscos classificados como muito alto e alto, e que tinham origem (macrocausa) operacional e de controle e procedimentos operacionais, visando reduzir os riscos, propor medidas de controle, estabelecer limites críticos e ações corretivas em cada etapa do sistema. Como, por exemplo, a ETA recebeu o equipamento de *jar test* e os operadores foram treinados para operar adequadamente o sistema, foi instalado um ponto alternativo de dosagem, a bomba dosadora foi substituída e assim não foi mais necessário que o operador diluísse o coagulante. Os filtros ascendentes receberam cobertura, foi

inserida a carta controle para avaliação da eficiência dos equipamentos de bancada, substituição e inserção de equipamentos analíticos, mudança no procedimento de operação, construção do tanque de contenção de produtos químicos, dentre outros.

Para os riscos cuja origem era em “ambientes externos”, entende-se que não há possibilidade de a empresa controlar a presença do risco, então estes foram monitorados, ou seja, foram adotadas medidas de controle internas para eliminá-los dentro do tratamento. Como exemplo, a presença de metais no solo da região, não há como evitar que os metais cheguem à ETA, por isso o tratamento foi adequado para removê-los dentro do processo de tratamento. Como

exemplo, a remoção do alumínio na água tratada, onde foram realizados testes de tratabilidade para acerto da dosagem do coagulante e controle do pH da água bruta a fim de estabilizá-lo e promover a precipitação do alumínio no decantador. Em relação aos riscos considerados catastróficos, devido a sua gravidade, foram criados planos de emergência para cada item. Após a implantação das medidas de controle e do monitoramento operacional, foi feita a reavaliação dos riscos. Com a implantação das medidas de controle, 83,82% riscos após reavaliados foram classificados como baixo ou médio; estes ainda precisam de atenção, mas as consequências do risco não afetam diretamente a população ou o sistema.

#### 4.4 Plano de melhoria

O plano de melhoria foi desenvolvido em forma de plano de ação como forma de auxiliar os gestores no indicativo de melhorias no processo de tratamento em cumprimento das metas relacionadas à quantidade e qualidade de água da Lei nº 14.026/2020. O Quadro 7 destaca alguns dos riscos que precisam do plano de melhorias para serem reduzidos ou controlados; nesse ponto todos os riscos que precisam de melhoria foram apontados, independentemente da classificação. A reservação insuficiente e problemas na distribuição que trazem intermitência no abastecimento e perdas foram tratados no plano de melhorias conforme Quadro 8.

**Quadro 7** - Planilha Plano de Melhorias

Plano de Melhorias						
Componente do Sistema	Evento Perigoso	Medida de Controle (MC) Proposta	Tempo Previsto para o Cumprimento da MC			Responsáveis pela MC
			Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo	
Microbacia	Deposição de resíduos industriais em decorrência do acidente ambiental proveniente do rompimento da barragem de Fundão em 2015	Construção do sistema de gradeamento no canal de captação e melhorias no canal de captação de modo a evitar entrada de poluentes no canal	Instalação de um crivo na tubulação	Desenvolvimento do projeto definitivo	Construção do sistema de gradeamento	Operação / Projeto / Direção
Microbacia	Fábrica com tanques de produto químico desativada					
Captação Rio	Inexistência de obstáculos a sólidos grosseiros (gradeamento)					

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022

**Quadro 8** - Planilha Plano de Melhorias que reduzem perdas e intermitência do abastecimento

Plano de Melhorias						
Componente do Sistema	Evento Perigoso	Medida de Controle (MC) Proposta	Tempo Previsto para o Cumprimento da MC			Responsáveis pela MC
			Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo	
Reservação	Reservação insuficiente	Estudo de viabilidade para construção de mais unidades de tratamento ou aumento da reservação/melhoria nas redes de distribuição	Programar pequenas limpezas no período de menor consumo e aumentar a reservação com caixas d'água de 25000 litros	Realizar o estudo	Adequação do sistema conforme estudo	Operação / Projeto / Direção
Operação	Inexistência de unidade secundárias do tratamento, ocasionando paralisação do sistema para limpeza das unidades					
Distribuição	Formação de Biofilme na rede de distribuição	troca de tubulação, criação do plano de descargas periódicas, desinfecção na rede e estudo com produtos para eliminação do problema	Identificação dos trechos de rede com o problema	Orçamento e compra dos materiais	Substituição dos trechos	Distribuição/ Projeto / Direção
Distribuição	Rede construída com material impróprio e precário estado da tubulação	Substituição dos pontos de rede com o material inadequado	Identificação dos trechos de rede com o problema			

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022

### 4.5 Monitoramento operacional

Nessa pesquisa, foram selecionados como prioritários oito pontos de monitoramento, apresentados no Quadro 9.

**Quadro 9** - Planilha Monitoramento Operacional

Plano de Melhorias								
Componente do Sistema	Evento Perigoso	Limite Critico Estabelecido	Plano De Ação				Medida De Correção	
			O que Monitorar	Onde	Periodicidade	Como Fazer		Responsável
Microbacia	Presença de substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo (alumino, ferro e manganês).	Aluminio acima de 0,20	Alumínio na agua bruta	Laboratório	A cada duas horas	Análise laboratorial	Operador	Aplicação da pré alcalinização, dificuldade acionar a supervisão
Microbacia	Há mudanças repentinas de cor e turbidez na água bruta, quando se produzem variações climáticas e sazonais devido a chuvas.	Cor acima de 5,0 e turbidez acima de 1,0	Cor e turbidez da água tratada	Laboratório	a cada duas horas	Análise laboratorial	Operador	Adequação do tratamento conforme teste de tratabilidade, dificuldade acionar a supervisão
Microbacia	Presença de criação de gado e cavalo ao longo da microbacia	Turbidez na saída do filtro acima de 0,5	Turbidez agua filtrada	Laboratório	A cada duas horas	Análise laboratorial	Operador	Adequação do tratamento conforme teste de tratabilidade e fazer a lavagem do filtro, dificuldade acionar a supervisão

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022

O monitoramento do sistema com base em limites estabelecidos pela equipe, de acordo, permitirá determinar se os perigos estão sob controle ou se foram ultrapassados, indicando a ocorrência de um “incidente”. Um “incidente” seria qualquer situação ou desvio em que haja razão para suspeitar que a água a ser fornecida a população pode se tornar insegura, exigindo o estabelecimento de ações corretivas ou mesmo ações urgentes, incluindo a notificação das autoridades locais. Complementando a definição dos parâmetros de monitoramento, nesta fase foram estabelecidos os pontos de amostragem e a frequência de análises em função do perigo associado e o tempo de resposta de uma eventual ação corretiva.

O PSA se mostrou uma importante ferramenta para aumento da qualidade do tratamento de água, redução de perdas de água, não intermitência do abastecimento e aumento da qualidade da água fornecida para a população. O trabalho desenvolvido com o PSA foi inicialmente a identificação dos perigos e eventos perigosos existentes no sistema de abastecimento de água de Vila do Riacho. A partir desse processo foi elaborada uma proposta de medidas de controle e um plano de melhoria e monitoramento para redução dos riscos, de forma a auxiliar a empresa no indicativo de melhorias no processo de tratamento em cumprimento das metas de universalização da atualização do Marco Legal do Saneamento, Lei nº 14.026/2020. Essa Lei trouxe como uma das

metas garantir água tratada a 99% da população brasileira até 2033, além de exigir qualidade na prestação de serviços, redução e controle de perda de água, monitoramento da quantidade e qualidade da água potável. As melhorias no tratamento da água trouxeram também contribuição na redução de perdas da ETA de Vila do Riacho, tendo em vista as melhorias identificadas na rede de distribuição e no processo de tratamento. Assim, o PSA é uma metodologia que pode auxiliar os sistemas de tratamento de água a cumprir a Lei nº 14.026/2020.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho indicaram que o PSA é uma ferramenta essencial para auxiliar o gestor do sistema de abastecimento de água nas tomadas de decisões para a melhoria, adequação e monitoramento da qualidade e continuidade do abastecimento da água, pois permite conhecer, de forma aprofundada, os problemas que ocorrem ou que podem vir a ocorrer, de modo a identificar perigos, caracterizar riscos, monitorá-los e estabelecer medidas preventivas em curto, médio e longo prazo. Ou seja, é uma ferramenta que proporciona ao gestor planejar e executar assertivamente o dano que esteja trazendo ou possa vir ocasionar ao sistema e principalmente à saúde da população. Assim, a ferramenta do PSA pode ser usada tanto para sistemas construídos como para os que estão sendo projetados, avaliando, nesses casos, os mananciais e adequando o estilo do tratamento aos desafios que podem ser enfrentados de acordo com a característica da região onde será implantada a ETA. Ao todo, foram identificados 89 riscos; dentre eles, 11 riscos foram classificados como risco muito alto, 30 riscos tiveram a classificação de risco alto e 03 riscos foram considerados catastróficos. Após identificação e proposta de medidas de controle, no final do primeiro ano de gestão, reduziu-se 75% dos riscos para

o nível baixo e médio, apenas com mudanças na operação. Os demais riscos seguiram para o plano de melhorias, os quais servem para indicar as metas para atendimento da Lei nº 14.026/2020, por isso o PSA foi capaz de nortear o novo gestor do SAA de Vila do Riacho a identificar os pontos de melhorias, de modo a atingir e estabelecer as metas de qualidade no tratamento de água que secundariamente ajudou na não intermitência do abastecimento e na redução de perdas que o Marco Legal do Saneamento exige.

## 6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

## 7 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão de Riscos – Princípios e diretrizes. NBR ISO 31000.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2018.
- BRAGA, R.J.O. **Diretrizes para proposição de Planos de Segurança da Água em Sistemas de Abastecimento Municipais Goianos 74f.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- BRASIL. Sistema Único de Saúde. **Plano de Segurança da Água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS.** Brasil, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS n. 888, de 04 de maio de 2021. Altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União.** 2021. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562> > Acesso em: 10 jun. 2021.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial da União 2020;** 16 jul.. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm) >. Acesso em: 13 dez. 2020.
- DANTAS A. et al. Experiências na elaboração de Planos de Segurança da Água no Brasil – Visão da Hidrosan Engenharia. **Revista da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais – Arsae-MG.** Vol. 01 – Nº 02 – Julho/Dezembro 2021.

FUNDAÇÃO RENOVA, **Relatório do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano – PMQACH**. Julho/2021

KUMPEL, E. et al. Measuring the impacts of water safety plans in the Asia-Pacific region. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 6, p. 1–18, 2018.

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

VIEIRA, J. M. P.; MORAIS C. **Planos de Segurança da Água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento**. Ins-

tituto Regulador de Águas e Resíduos e Universidade do Minho. Portugal, 2005.

VIEIRA J. M. P. Plano de Segurança da Água em Mananciais de Abastecimento de Água para Consumo Humano. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum**. Genebra: WHO, 2017. 631 p.

WHO & UNICEF. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines**. Geneva: World Health Organization and the United Nations Children's Fund. 2017.