

V-1615 - PROPOSIÇÃO DE ABORDAGEM DE IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS EM SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA: UMA VISÃO ABRANGENTE E INTEGRADA AO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

Karen Tavares Zambrano⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP). Especialista em Gestão de Projetos pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). Doutoranda em Hidráulica e Saneamento na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Marcos Antonio Maia Lavio de Oliveira⁽²⁾

Engenheiro de Produção, Administrador, Economista e Gestor Público. Especialista em Logística, Gestão Pública e Engenharia de Segurança do Trabalho. Mestre e Doutor em Administração. Diretor da FATEC - Faculdade de Tecnologia de Bragança Paulista/SP.

Katia Sakihama Ventura⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora do Departamento de Engenharia Civil (DECiv) e Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana (PPGEU).

Davi Gasparini Fernandes Cunha⁽⁴⁾

Engenheiro Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Ciências (Hidráulica e Saneamento) pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Associado do Departamento de Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

Endereço⁽¹⁾: Av. Trabalhador São Carlense, 400 – Parque Arnold Schmidt – São Carlos - SP - CEP: 13566-590 - Brasil - Tel.: +55 (16) 3373-9560 - e-mail: ktvzambrano@gmail.com

RESUMO

O Plano de Segurança da Água (PSA) como abordagem para o gerenciamento de riscos em sistemas de abastecimento de água (SAA) foi incorporado nas diretrizes da Organização Mundial da Saúde em 2004. Tal gerenciamento consiste em processos de planejamento, identificação, análise, definição e implementação de respostas, monitoramento e controle dos riscos. Assim, constitui uma estratégia proativa aos desafios crescentes dos SAA, permitindo uma visão holística dos perigos e eventos perigosos que pode ser mais efetiva do que a abordagem tradicional de monitoramento e controle do produto final. A etapa de identificação de riscos é fundamental para a efetividade dos planos de gestão e busca documentar todas as possíveis ameaças. Porém, reconhece-se na literatura uma lacuna relacionada à ainda limitada integração de ferramentas e técnicas de gestão de riscos ao PSA, o que dificulta a identificação abrangente dos perigos, eventos perigosos e outras fontes de risco. O presente trabalho propõe uma abordagem para a identificação de riscos em sistemas de tratamento de água como subsídio ao PSA, por meio da integração de diferentes ferramentas e técnicas preconizadas em normas e manuais de gestão. Para isso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental visando identificar e combinar as ferramentas e técnicas adequadas e levantar uma lista abrangente de perigos, eventos perigosos e outras fontes de riscos. Foi proposto o uso integrado de listas de verificação; inspeção; técnica de grupo nominal; técnica "E se"; e análise de dados. Como resultados da revisão, foram identificados 94 riscos individuais diferentes, distribuídos em quatro categorias (22 riscos de gerenciamento, 22 riscos organizacionais, 28 riscos externos e 22 riscos técnicos/operacionais). Para a categoria de riscos técnicos/operacionais, considerou-se os componentes de uma Estação de Tratamento de Água de ciclo completo. As listas de riscos construídas neste trabalho podem ser utilizadas como ponto de partida pelas equipes de desenvolvimento do PSA na etapa de identificação de riscos. A partir do modelo sugerido de lista de verificação, as demais ferramentas e técnicas permitem verificar os riscos individuais e adaptá-los às particularidades de cada sistema, incorporando no processo as experiências e percepções da equipe.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Riscos, Tratamento de Água, ETA de Ciclo Completo, Listas de Riscos.

INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) são infraestruturas projetadas para fornecer água potável e segura em quantidade e qualidade suficientes para o consumo humano, por meio de um conjunto de

instalações responsáveis pela captação, tratamento, reservação e distribuição à população. Os SAA devem atender aos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021), estando sujeitos à vigilância e controle pelos órgãos fiscalizadores. Nos últimos anos, contudo, diversos estudos demonstraram que a abordagem tradicional de monitoramento e controle, baseada somente no atendimento aos padrões de potabilidade, tornou-se insuficiente para identificar rapidamente os riscos à saúde (SORLINI et al., 2013). Os diversos contaminantes (ou perigos) presentes na água constituem ameaças crescentes ao fornecimento seguro, assim como os eventos perigosos que podem introduzi-los no sistema ou removê-los de forma insuficiente (PAL, et al., 2018; SALAMÉ et al., 2021). Como consequência, os órgãos reguladores têm buscado a incorporação de parâmetros de qualidade mais restritivos e o aprimoramento dos processos de gestão, visando tornar a operação dos SAA mais segura (MISHRA et al., 2021). Para esse propósito, destacam-se os processos de gerenciamento de riscos (ABNT, 2018).

A gestão de riscos constitui uma estratégia proativa em face aos desafios crescentes dos SAA (e.g., poluição da água, mudanças climáticas), permitindo uma visão holística dos perigos e eventos perigosos que pode ser mais efetiva do que apenas monitorar e controlar o produto final (HAMILTON; GALE; POLLARD, 2006). O risco consiste na relação entre a probabilidade de ocorrência de um perigo ou evento perigoso e a severidade de seus efeitos adversos à saúde (BRASIL, 2012). Por meio de ações preventivas em resposta aos riscos identificados para cada etapa dos SAA, busca-se a redução das vulnerabilidades e a melhoria das barreiras de proteção em relação ao sistema como um todo.

Diversas abordagens de gestão foram desenvolvidas e aplicadas aos SAA para planejar, identificar, analisar, implementar respostas e monitorar riscos de diferentes naturezas. Alguns exemplos são o Plano de Segurança da Água (PSA) (BARTRAM et al., 2009; WHO e IWA, 2023), e a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) (TSITSIFLI e KANAKOUDIS, 2020), que priorizam os riscos à saúde humana. O PSA foi incorporado às diretrizes da Organização Mundial da Saúde em 2004, com o objetivo de proteger os mananciais, garantir o tratamento adequado da água, prevenir a sua recontaminação, além de identificar e priorizar riscos à saúde humana (BRASIL, 2012). Desde 2011, o PSA é citado na legislação brasileira como uma ferramenta de gestão preventiva de riscos que pode ser exigida aos SAA (BRASIL, 2011, 2021). Recentemente, a norma NBR 17080 foi lançada no Brasil, apresentando os requisitos para elaboração, implementação e avaliação do PSA (ABNT, 2023).

A gestão de riscos nos SAA requer uma abordagem abrangente e integrada ao sistema, capaz de considerar uma ampla gama de riscos em várias escalas de análise (GOODWIN et al., 2015). A identificação de riscos tem como principal função documentar todas as possíveis ameaças, representando uma etapa fundamental da gestão de riscos (PMI, 2017). Os benefícios do PSA podem ser limitados se fatores operacionais e humanos não-técnicos não forem devidamente identificados (KOT; CASTLEDEN; GAGNON, 2015). Além disso, a falha na identificação de um risco pode afetar de forma significativa a segurança da água, prejudicando a efetividade das medidas de controle e, conseqüentemente, do plano de resposta (CHAPMAN, 2012). Experiências recentes destacam que a eficácia da identificação de pontos críticos de controle e a simplicidade das ferramentas utilizadas no processo são dois fatores-chave para a implementação bem-sucedida do PSA (HERSCHAN et al., 2020; TSITSIFLI e TSOUKALAS, 2021). No Brasil, existem poucas experiências documentadas e operacionalizadas, sendo que a maioria ainda está em fase de implementação e consolidação (VENTURA; VAZ FILHO; NASCIMENTO, 2019).

Reconhece-se na literatura uma lacuna relacionada à falta de integração de ferramentas de gestão de riscos ao PSA, o que tem dificultado a identificação abrangente dos perigos, eventos perigosos e fatores de risco. A aplicação de ferramentas e técnicas específicas é importante para minimizar o risco de não-identificação de um fator relevante para a análise. Visando preencher essa lacuna, realizou-se um levantamento abrangente dos riscos comumente associados à etapa de tratamento de água dos SAA para subsidiar a proposição de uma abordagem de identificação integrada à metodologia do PSA. Essa abordagem foi fundamentada nas boas práticas de gerenciamento de riscos, por meio da integração de diferentes ferramentas e técnicas consolidadas na literatura especializada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A identificação de riscos, primeira etapa do processo de avaliação de riscos, possui o propósito de levantar todas as causas, fontes potenciais de perigo, eventos, situações ou circunstâncias que poderiam impedir a

organização de atingir seus objetivos (ABNT, 2018). Os perigos e eventos perigosos são quaisquer condições que podem causar um impacto negativo, enquanto o risco combina a severidade das consequências e a probabilidade de ocorrência de um determinado perigo (BRASIL, 2012). Para o processo de identificação, podem ser utilizados métodos baseados em evidências, como análises críticas de literatura e análises de dados históricos, métodos empíricos, abordagens estruturadas, pesquisas de percepção e métodos indutivos (ABNT, 2021).

Para a estruturação da abordagem do presente trabalho, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental, de natureza qualitativa, visando identificar e combinar ferramentas e técnicas adequadas e levantar uma lista abrangente de perigos, eventos perigosos e outras fontes de riscos associados ao tratamento de água. Foram utilizados como fontes de pesquisa registros e relatórios públicos, bases de dados científicas (e.g., Web of Science, Scopus) e manuais sobre PSA (e.g., BARTRAM et al., 2009; BRASIL, 2012; VIEIRA e MORAIS, 2005; MIERZWA et al., 2020), além do guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) 6ª edição (PMI, 2017), e da norma NBR ISO 31000 (ABNT, 2018). Em alguns casos, o termo risco foi usado de forma simplificada para se referir aos perigos, eventos perigosos e fontes de riscos. Porém, vale ressaltar que, após a identificação, o risco precisa ser estimado por métodos específicos (qualitativos, quantitativos ou semiquantitativos) na etapa de análise de riscos, que não faz parte do escopo deste estudo.

Visando a avaliação integrada dos riscos no contexto dos SAA, diferentes aspectos da infraestrutura e da organização com potencial de causar efeito negativo ao sistema foram considerados no presente trabalho. Dessa forma, considerou-se todos os possíveis riscos aos SAA identificados na revisão de literatura, incluindo fatores não-técnicos (e.g., aspectos organizacionais e de gerenciamento). Essa abordagem de identificação leva em conta que alguns impactos no sistema, não diretamente relacionados à segurança da água para consumo, podem provocar efeitos em cascata e aumentar os riscos de outros eventos perigosos se não forem devidamente gerenciados (SITZENFREI et al., 2011; XU, et al. 2021).

A partir da lista de perigos, eventos perigosos e outras fontes de riscos, estruturaram-se diferentes categorias de risco que podem, direta ou indiretamente, afetar o processo e/ou a infraestrutura de tratamento de água. Os dados coletados foram agrupados em categorias, organizados e tratados para compor uma Estrutura Analítica de Riscos (EAR). Em seguida, elaborou-se uma abordagem de identificação de riscos composta por dados de entrada, algumas ferramentas e técnicas definidas a partir da revisão de literatura, e os resultados esperados (i.e., dados de saída). A abordagem foi integrada ao PSA e as ferramentas e técnicas propostas foram descritas e exemplificadas considerando uma Estação de Tratamento de Água (ETA) de ciclo completo.

RESULTADOS

Durante a elaboração do PSA, a identificação de riscos é realizada na etapa de avaliação do sistema, juntamente com a descrição do sistema, identificação e validação das medidas de controle existentes, análise de riscos e planejamento das respostas (Figura 1). A abordagem sugerida no presente trabalho propõe a aplicação de cinco ferramentas para a identificação de riscos a partir dos dados de entrada: 1) listas de verificação, 2) inspeção; 3) técnica de grupo nominal; 4) técnica “E se”; e 5) análise de dados. Como dados de entrada, recomenda-se a descrição detalhada e a construção de um diagrama de fluxo simplificado para representar o sistema, conforme as recomendações de Bartram et al. (2009), WHO e IWA (2023) e ABNT (2023). Além disso, é importante considerar a concepção da organização quanto à gestão de riscos, integrando os documentos existentes ao PSA. Os dados de saída do processo (i.e., registro, relatório dos riscos e atualização de documentos) devem ser suficientes para subsidiar a avaliação dos riscos.

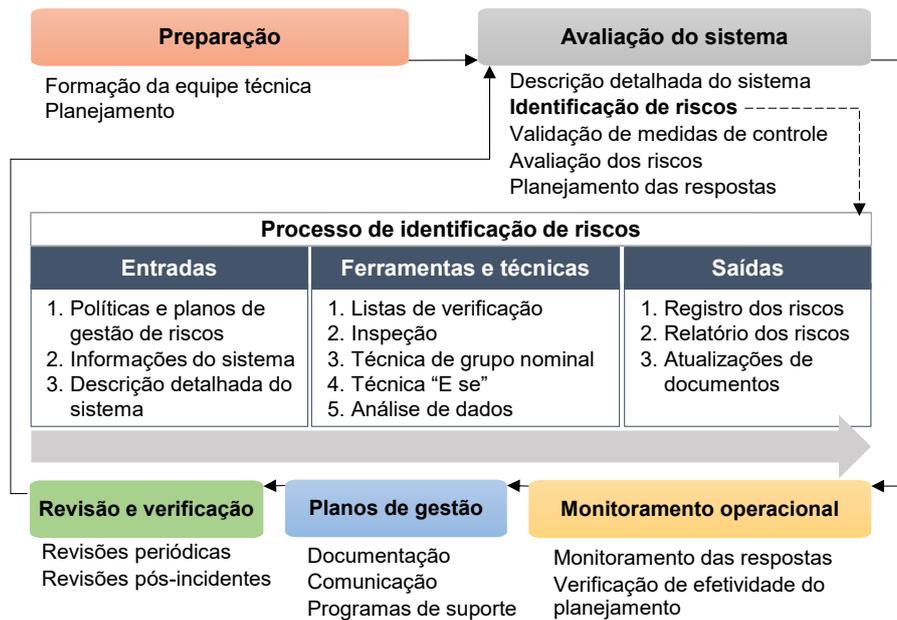


Figura 1: Fluxograma do processo de identificação de riscos integrado ao desenvolvimento do Plano de Segurança da Água (PSA).

Com base nos resultados obtidos na revisão de literatura, buscou-se a construção de um inventário geral de perigos, eventos perigosos e outras fontes de risco possivelmente associados ao sistema de tratamento de água, considerando uma ETA de ciclo completo. Foram identificados 94 riscos individuais diferentes, agrupados em quatro categorias (ver EAR da Figura 2): 28 riscos externos (Tabela 1), 22 riscos técnicos/operacionais (Tabela 2), 22 riscos organizacionais (Tabela 3), e 22 riscos de gerenciamento (Tabela 4). As diferentes categorias podem auxiliar a equipe do PSA a avaliar todas as fontes potenciais de riscos, garantindo uma visão abrangente do sistema (PMI, 2017). Vale ressaltar que essas listas não esgotam todas as possíveis fontes de riscos. Porém, representam uma base de dados inicial para auxiliar a equipe na geração de ideias a partir das demais técnicas de identificação de riscos.

Fontes de risco em sistemas de tratamento de água			
Categorias de risco			
Externo	Técnico / Operacional	Organizacional	Gerenciamento
Legislação / Regulação Padrões de potabilidade Outorga Licença ambiental Etc.	Desempenho Eficiência das unidades Índice de atendimento aos padrões de potabilidade Etc.	Recursos Equipamentos Pessoas Instalações Etc.	Controle Monitoramento Procedimentos de controle Intervenções Etc.
Condições ambientais Eventos extremos Mudanças no manancial Etc.	Tecnologia Operações e processos de tratamento Etc.	Aquisições Produtos químicos Armazenamento Etc.	Planejamento Padrões organizacionais Etc.
Local / instalações Energia elétrica Telecomunicação Etc.	Concepção Capacidade da unidade Projeto Etc.	Segurança, saúde e meio ambiente Treinamento e supervisão Etc.	Comunicação Canais de comunicação Requisitos de comunicação Etc.
Mercado Taxas cambiais Mão-de-obra Concorrência Etc.	Requisitos de qualidade Amostragem de parâmetros Dosagem de produtos químicos Etc.	Parcerias Público-privada Níveis de governo Companhias de energia Etc.	Orçamento / Estimativa Fontes de financiamento Custos estimados Etc.
Partes interessadas Clientes Fornecedores Etc.	Processos técnicos Limpeza das unidades Manobras de válvulas Etc.		

Figura 2: Estrutura Analítica de Riscos (EAR).

Tabela 1: Riscos gerais identificados para a categoria de riscos externos

CATEGORIAS	PERIGO / EVENTO PERIGOSO / FATOR DE RISCO
Legislação / Regulação	Mudanças nos padrões de potabilidade ^{a, b} Mudanças nas exigências dos órgãos reguladores para a segurança da água de consumo ^b Mudança nos padrões de lançamento de resíduos ^b Mudança nas diretrizes de manuseio e armazenamento de produtos químicos ^b Mudanças na outorga de água subterrânea ^{a, b}
Condições ambientais	Eventos climáticos externos de seca ou precipitação ^{a, b} Contaminação do manancial (deliberada ou acidental) ^{a, b} Proliferação de algas no manancial ^{c, d} Desastres naturais ^{a, d} Variações bruscas de vazão ^a Variações bruscas nos parâmetros de qualidade ^a
Local / Instalações	Falta de energia elétrica ^a Cortes de energia elétrica ^a Aumento dos preços de energia elétrica ^a Problemas no setor de telecomunicação ^a Endemias / pandemias ^a Sabotagem ^d
Mercado	Variações cambiais ^a Crise financeira ^a Aumento das taxas de juros de financiamentos ^a Falta de mão-de-obra qualificada ^a Escassez de insumos ^a Empresas concorrentes no procedimento licitatório ^b
Partes interessadas	Elevação do nível de inadimplência ^a Reclamações de consumidores ^b Sensibilidade dos consumidores a substâncias presentes na água tratada ^{b, c} Falta de fornecedores ^a Atrasos nas entregas de insumos pelo fornecedor ^c

Fonte: ^a Arup e Anglian Water (2018); ^b Hrudey, Hrudey e Pollard (2006); ^c Nadebaum et al. (2004); ^d Vieira e Morais (2005)

Tabela 2: Riscos gerais identificados para a categoria de riscos técnicos/operacionais

(continua)

PROCESSOS	COMPONENTES	PERIGO / EVENTO PERIGOSO / FATOR DE RISCO
Controle e automação	Medidor de vazão Bomba dosadora Transmissor de nível Equipamentos para medição de parâmetros (e.g., cloro residual, pH) Softwares de controle Unidades de controle	Falhas elétricas / mecânicas ^{a, b} Resultado incorreto por falta de calibração ^{a, b} Falta de manutenção ^{a, b} Controle inadequado ^c
Coagulação	Mistura hidráulica Mistura mecânica Controle de pH Controle de alcalinidade Dosagem Agente coagulante	Concepção inadequada ^{a, b} Falhas elétricas / mecânicas ^{a, b} pH fora da faixa ótima ^{a, c} Alcalinidade fora da faixa ótima ^a Dosagem errada de coagulante ^{a, c} Produto adulterado ou de má qualidade ^{a, b} Precipitação química ^a Mistura insuficiente ou não uniforme ^{a, c}
Floculação	Floculador hidráulico Floculador mecânico Controle de pH	Concepção inadequada ^{a, b} Falhas elétricas / mecânicas ^{a, b} pH fora da faixa ótima ^{a, c} Velocidade da mistura muito alta/baixa ^a

Tabela 2: Riscos gerais identificados para a categoria de riscos técnicos/operacionais

(conclusão)

PROCESSOS	COMPONENTES	PERIGO / EVENTO PERIGOSO / FATOR DE RISCO
Sedimentação	Decantador	Sedimentação inadequada (problemas na coagulação/floculação, excesso de lodo) ^a Concepção inadequada ^{a, b}
Filtração	Filtro (fundo falso, leito filtrante, canais de entrada e saída)	Concepção inadequada ^{a, b} Colmatação do filtro ^a Perda de carga excessiva ^a Lavagem inadequada ^a Proliferação de algas e microrganismos ^{a, b} Aumento de turbidez ^c Traspasse de contaminantes
Desinfecção	Controle de pH Bomba dosadora ou outro equipamento Câmara de contato	Falhas elétricas / mecânicas ^{a, b} pH fora da faixa ótima ^a Dosagem errada de desinfetante ^{a, d} Formação de subprodutos (compostos organoclorados) ^{a, b}
Fluoretação e ajuste de pH	Bomba dosadora ou outro equipamento Agente fluoretante Produto químico para correção de pH	Falhas elétricas / mecânicas ^{a, b} Dosagem errada do agente fluoretante ^a pH fora do padrão normativo ^a

Fonte: ^a Nadebaum et al. (2004); ^b Vieira e Morais (2005); ^c Ventura, Vaz Filho e Nascimento (2019); ^d Sorlini et al. 2017.

Tabela 3: Riscos gerais identificados para a categoria de riscos organizacionais

CATEGORIAS	PERIGO / EVENTO PERIGOSO / FATOR DE RISCO
Recursos / Propriedades	Envelhecimento da infraestrutura ^a Falta de manutenção ^a Falta de programas de treinamento e capacitação ^a Vandalismo, roubo e sabotagem ^f
Aquisições	Armazenagem incorreta de produtos químicos ^c Recebimento incorreto de produtos químicos ^c Falta de produtos em estoque ^c
Parcerias / terceirização de serviços	Alteração de termos iniciais do contrato ^b Desequilíbrio econômico-financeiro do contrato ^b Quebra de contrato ^b Rescisão de contrato ^b
Segurança, saúde e meio ambiente	Acidentes (quedas, cortes, explosões, choques) ^d Animais peçonhentos ^d Exposição do operador a substâncias tóxicas ^d Exposição do operador a ruídos ^d Exposição do operador a vibração ^d Trabalho em altura ^d Trabalho em ambiente sem ventilação adequada ^d Trabalho noturno ^d Trabalho de esforço repetitivo ^d Derramamento ou vazamento de produtos químicos ^d Resíduos do tratamento ^{c, d}

Fonte: ^a Arup e Anglian Water (2018); ^b Bianchi (2016); ^c Hrudehy, Hrudehy e Pollard (2006); ^d MTE (2002); ^e Nadebaum et al. (2004); ^f Vieira e Morais (2005)

Tabela 4: Riscos gerais identificados para a categoria de riscos de gerenciamento

CATEGORIAS	PERIGO / EVENTO PERIGOSO / FATOR DE RISCO
Controle	Medidas de controle não são capazes de reduzir os riscos a níveis aceitáveis ^c Má implementação das medidas de controle ^c Métricas irrealistas ^{b, c} Procedimentos de controle desatualizados ^c Resultados não documentados ^c
Planejamento	Eventos imprevisíveis ^b Falta de revisão dos planos ^c Falta de planejamento ^b Não utilização de um sistema de gestão Erro na definição de prioridades
Comunicação	Utilização de ferramentas inadequadas de comunicação ^d Comunicação ineficiente em reuniões ou em momentos de trocas de turno e transferência de responsabilidades ^d Falta de feedbacks ^d Falta de comunicação das decisões estratégicas ^d Comunicação de riscos ineficiente ^d
Orçamento / Estimativa	Inadimplência maior que as perdas estimadas em créditos de liquidação duvidosa ^b Variações na demanda de água tratada suficientes para afetar as receitas ^a Variações de preço dos insumos não previstas no orçamento ^b Falta de controle financeiro ^{a, b} Falta de informações ^b Riscos não identificados ^b Método inadequado de estimativa de custos ^b

Fonte: ^a Hrudey, Hrudey e Pollard (2006); ^b Kwon e Kang (2019); ^c Nadebaum et al. (2004); ^d Zulch (2014)

Os riscos individuais identificados nas Tabelas 1 a 4 precisam ser adaptados ao contexto do sistema e avaliados pela equipe e outras partes interessadas quanto à sua pertinência. Para isso, sugere-se o uso de uma lista de verificação (Tabela 5). Nesse caso, a pertinência de um risco está relacionada à possibilidade de ocorrência, ou seja, um risco pode ser julgado como pertinente quando as circunstâncias indicam que existe alguma possibilidade de ocorrer no sistema (mesmo que a probabilidade seja muito baixa). Caso seja impossível ocorrer tendo em vista as particularidades do sistema, o risco deve ser marcado como não pertinente. Dados específicos para a análise quantitativa e priorização dos riscos serão levantados na próxima etapa do PSA (ver Figura 1), após a identificação de todos os riscos pertinentes. Portanto, a identificação de riscos não diz respeito a quão provável é a ocorrência de um risco, mas ao fato de ser possível (CHAPMAN, 2012). Além da marcação de cada risco como pertinente ou não, deve-se registrar na lista de verificação o local ou componente que pode ser afetado, bem como o contexto ou as justificativas que fundamentaram a decisão.

Tabela 5: Modelo sugerido para a lista de verificação para identificação dos riscos.

REF	EVENTO / FATOR DE RISCO	CATEGORIA DO RISCO ⁽¹⁾	PERTINENTE?		LOCAL / COMPONENTE	CONTEXTO / JUSTIFICATIVA ⁽²⁾
			SIM	NÃO		
1	Eventos climáticos extremos	E	X		ETA	Aumento de turbidez e presença de toxinas na água bruta em razão de chuvas intensas. Inundações na ETA.
2	Concepção inadequada	T		X	ETA	A concepção pode ser considerada adequada para as condições atuais e futuras da água bruta
...
Outros (descreva):						

Nota: ⁽¹⁾ Externo (E); Técnico/Operacional (T); ⁽²⁾ informações úteis para a descrição dos eventos perigosos conforme a recomendação de WHO e IWA (2023)

Uma primeira análise e complementação da lista de verificação pode ser realizada durante uma inspeção, que é o processo de averiguação das atividades, equipamentos, procedimentos e outros fatores em campo. A visita de inspeção deve ser realizada mais de uma vez, em momentos diferentes, e sem aviso prévio aos operadores. Após a verificação, os resultados devem ser registrados e a lista deve ser revisada e atualizada, incluindo outros possíveis riscos identificados a partir da análise em campo. Os riscos classificados como não pertinentes nessa etapa devem permanecer na lista para serem verificados novamente na reunião de riscos e, por fim, na análise dados. Com a aplicação desse conjunto de ferramentas, pode-se minimizar o risco de não-identificação de um fator relevante, bem como garantir que diferentes categorias de riscos foram consideradas pela equipe, incluindo fatores não-técnicos (KOT; CASTLEDEN; GAGNON, 2015).

Sugere-se que a reunião de riscos seja conduzida com a utilização da técnica de grupo nominal (Figura 3). Essa técnica consiste em um *brainstorming* estruturado para obter as ideias de cada participante individualmente, discuti-las e organizá-las em grupo, e depois identificar as principais discordâncias. A técnica “E se”, que também emprega *brainstorming*, pode ser aplicada em conjunto com a técnica de grupo nominal para fomentar as discussões e considerar diferentes fontes de riscos dentro de um determinado cenário (ACS, 2022). Esse cenário é elaborado a partir de uma pergunta “E se”, sendo que as respostas também auxiliam na identificação de possíveis causas e consequências do problema avaliado. Para facilitar a compilação das respostas e análises, os facilitadores podem utilizar uma planilha eletrônica e também optar por conduzir uma reunião para cada categoria de riscos. Ao final das reuniões, espera-se gerar uma lista de riscos atualizada, que incorpora às observações da literatura as experiências e percepções da equipe.

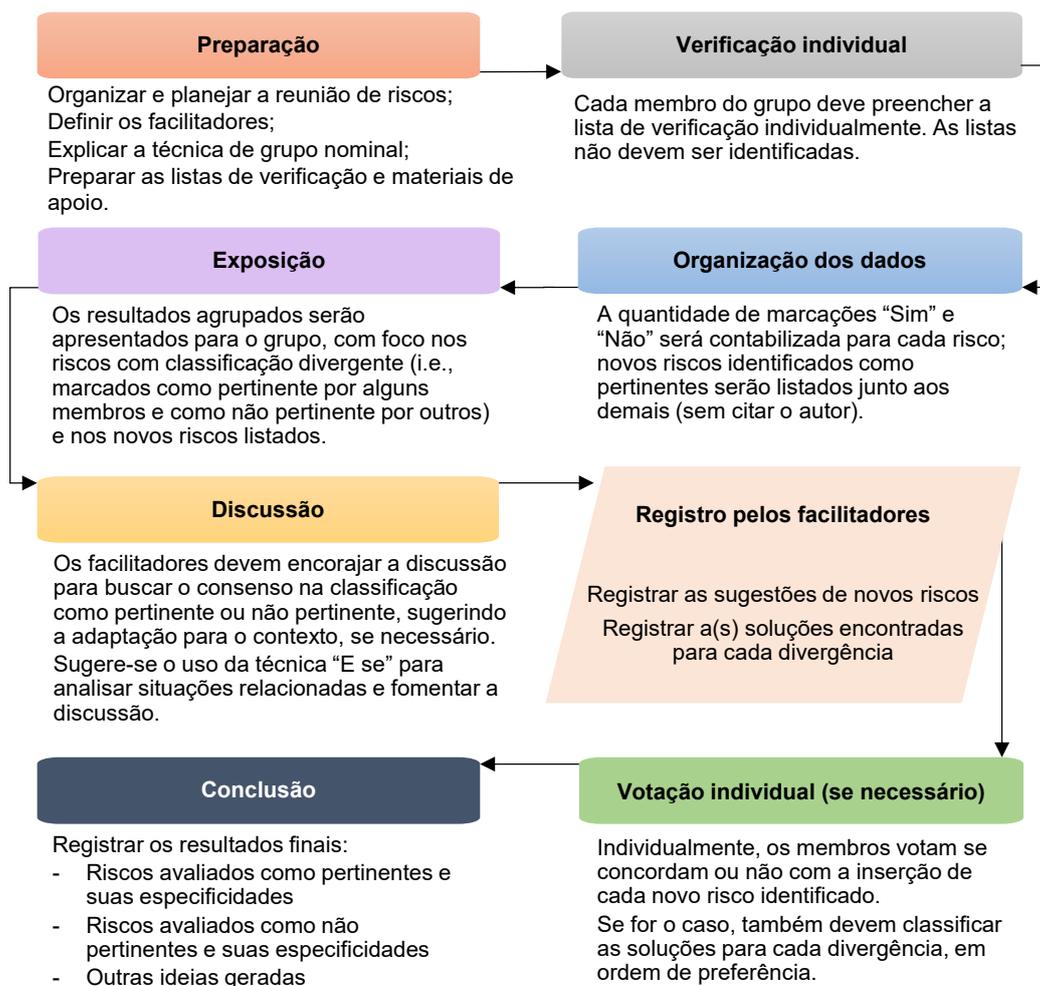


Figura 3: Processo sugerido para a aplicação da técnica de grupo nominal a partir da lista de verificação.

Como um exemplo da aplicação das técnicas de grupo nominal e “E se”, pode-se supor que o risco de acidentes, relacionado à segurança, saúde e meio ambiente e classificado na categoria de riscos organizacionais, teve três marcações “Sim” e três marcações “Não” na lista de verificação preenchida por seis membros da equipe. Esse risco precisaria ser discutido na reunião de riscos para obter um consenso sobre a sua classificação como pertinente ou não pertinente. Durante a discussão, os facilitadores poderiam perguntar: “E se o operador, em um procedimento de rotina na ETA, derrubar um produto químico?” Essa pergunta permite identificar o risco de acidente do operador, o risco de exposição ao produto químico durante o trabalho e o risco de contaminação da água, a depender do local do acidente. Também é possível considerar fatores adicionais que podem prejudicar a resposta a esses riscos ou aumentar os impactos, como a falta de equipamentos de proteção e de procedimentos de emergência. Portanto, o risco de acidentes deve ser mantido na lista, pois é pertinente (i.e., pode ocorrer) e relevante. Essas observações são úteis ao processo de identificação de riscos e também auxiliam na identificação de medidas de controle.

Por último, os registros históricos de dados de monitoramento da ETA, quando disponíveis, podem ser utilizados para uma última revisão da lista de verificação. Esses dados podem permitir a identificação de um histórico de falhas em algum processo de tratamento, variações na eficiência de tratamento, variações bruscas de qualidade da água, desconformidade com a legislação, entre outras situações (BARTRAM et al., 2009). A análise exploratória dos dados de qualidade da água já é prevista durante o processo de elaboração do PSA e, além de contribuir para a identificação de riscos, também é útil para a determinação da frequência de ocorrência de cada perigo ou evento perigoso.

Ao final do processo, as informações constantes na lista de verificação (Tabela 5), atualizada para cada fonte geral de risco pertinente, podem ser utilizadas para descrever os eventos perigosos de forma clara, concisa e adaptada ao sistema. No que diz respeito aos riscos à saúde humana, WHO e IWA (2023) sugerem cinco tipos de perigos, aplicáveis a maior parte dos sistemas: microbiológicos, químicos, radiológicos, de aceitação e de quantidade de água. É interessante descrever um evento perigoso utilizando uma relação de causa e efeito do tipo “X ocorre por causa de Y”, que pode ser complementada com o local/componente onde o evento ocorre e o tipo de perigo (WHO; IWA, 2023). Por exemplo, poderiam ser descritos três eventos perigosos associados ao risco geral de eventos climáticos extremos, identificado como pertinente na Tabela 5: 1) turbidez não removida no decantador da ETA por causa de dosagem de coagulante não adequada para as condições da água bruta durante/após um evento de precipitação intensa; 2) presença de toxinas na água bruta por causa de um evento de precipitação intensa que carregou nutrientes para o manancial, causando a proliferação de cianobactérias; e 3) comprometimento da capacidade de tratamento da ETA por causa de inundações e extravasamentos resultantes de um evento de precipitação intensa.

Como saídas do processo de identificação, segundo o Guia PMBOK 6ª edição (PMI, 2017), deve-se registrar os riscos e elaborar um relatório de riscos. O registro detalha as informações sobre os riscos individuais identificados, com detalhes suficientes para o seu entendimento. Já o relatório apresenta um resumo das informações do processo, podendo conter o número de ameaças identificadas, a distribuição de riscos em todas as categorias, as fontes mais importantes de exposição ao risco, entre outras informações.

CONCLUSÕES

O presente trabalho consistiu em uma pesquisa bibliográfica e documental para identificar e combinar ferramentas e técnicas de identificação e levantar uma lista abrangente de riscos associados ao tratamento de água em uma ETA de ciclo completo. Identificou-se na literatura uma ampla gama de riscos técnicos e não-técnicos, que foram agrupados nas categorias de risco externo, técnico/operacional, organizacional e de gerenciamento. Essas listas podem ser utilizadas como ponto de partida pelas equipes de desenvolvimento do PSA para identificar riscos e adaptá-los ao contexto do sistema.

Para compor a abordagem proposta neste trabalho, foram integradas as seguintes ferramentas e técnicas: listas de verificação; inspeção; técnica de grupo nominal; técnica “E se”; e análise de dados. A partir delas, é possível discutir e gerar ideias nas diferentes categorias de riscos, considerando todas as etapas do sistema. Além disso, a integração das ferramentas e técnicas permite analisar as ameaças ao sistema de forma abrangente, incorporando a percepção individual e as experiências dos membros da equipe às observações da literatura. A abordagem carece de testes e validação em estudos de caso para avaliar sua aplicabilidade e os

benefícios resultantes dessa integração ao PSA. Novos estudos podem buscar identificar pontos de melhoria e incorporar necessidades específicas a partir do contato com especialistas do setor de abastecimento de água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Bolsas do MBA USP/Esalq, respectivamente, pela bolsa de doutorado e pela bolsa do curso de MBA em Gestão de Projetos concedidas à Karen T. Zambrano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ISO 31000: Gestão de riscos - Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 17080 – Plano de segurança da água: Princípios e diretrizes para elaboração e implementação. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR ISO/IEC 31010: Gestão de riscos - Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
4. American Chemical Society (ACS). The ACS Center for Lab Safety: What-if Analysis. ACS Institute, 2022. Disponível em: <<https://institute.acs.org/lab-safety/hazard-assessment/ways-to-conduct/what-if-analysis.html#samples>>. Acesso em: 14 janeiro 2023.
5. ARUP; ANGLIAN WATER. A framework for resilience: PR19 and beyond. 2018. Disponível em: <<https://www.anglianwater.co.uk/siteassets/household/about-us/a-framework-for-resilience-pr19-and-beyond.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2021.
6. BARTRAM, J. et al. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Geneva: WHO, 2009.
7. BIANCHI, B. G. O risco nas parcerias público-privadas. 2016. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, 2016.
8. BRASIL. Plano de Segurança da Água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.
9. BRASIL. Portaria GM/MS no 888, de 4 de maio de 2021. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.
10. BRASIL. Portaria no 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.
11. CHAPMAN, R. J. Risk Identification: Stage 2. pp. 159–183. In: Chapman, R. J. Simple Tools and Techniques for Enterprise Risk Management. 2nd edition. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd., 2012.
12. CHAPMAN, R. J. Simple tools and techniques for enterprise risk management. 2nd ed. United Kingdom: John Wiley & Sons, 2011.
13. CORRÊA, R. F. M.; VENTURA, K. S. Plano de Segurança da Água: modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação de água em comunidades rurais. Eng. Sanitária e Ambiental, v. 26, n. 2, 2021.
14. GOODWIN, D. et al. Applying the Water Safety Plan to Water Reuse: Towards a Conceptual Risk Management Framework. Environmental Science: Water Research & Technology, v. 1, n. 5, p. 709–722, 2015.
15. HAMILTON, P. D.; GALE, P. I.; POLLARD, S. J. T. A commentary on recent water safety initiatives in the context of water utility risk management. Env. international, v. 32, n. 8, p. 958-966, 2006.
16. HERSCHAN, J., et al. Success Factors for Water Safety Plan Implementation in Small Drinking Water Supplies in Low- and Middle-Income Countries. Resources, 9(11): 126, 2020.
17. HRUDEY, S. E., HRUDEY, E. J.; POLLARD, S. J. T. Risk management for assuring safe drinking water. Environment International, 32(8), 948–957, 2006.
18. KOT, M.; CASTLEDEN, H.; GAGNON, G. A. The human dimension of water safety plans: a critical review of literature and information gaps. Env. Reviews, v. 23, n. 1, p. 24–29, 2015.
19. KWON, H., & KANG, C. W. Improving Project Budget Estimation Accuracy and Precision by Analyzing Reserves for Both Identified and Unidentified Risks. Project Management Journal, 50(1): 86–100, 2019.
20. MIERZWA, J. C et al. Guia prático para o desenvolvimento de planos municipais de segurança da água. São Paulo: Ed. Limiar, 2020.
21. MISHRA, B.; KUMAR, P.; SARASWAT, C.; CHAKRABORTY, S.; GAUTAM, A. Water Security in a Changing Environment: Concept, Challenges and Solutions. Water, v. 13, n. 4, p. 490, 2021.

22. MTE. Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor Saneamento Básico. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/06manual_auditoria_saneamento.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2022.
23. NADEBAUM, P.; CHAPMAN, M.; MORDEN, R.; RIZAK, S. A Guide To Hazard Identification & Risk Assessment For Drinking Water Supplies: Research Report Number 11. Salisbury, SA: Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, 2004.
24. PAL, M.; AYELE, Y.; HADUSH, A.; PANIGRAHI, S.; JADHAV, V. J. Public Health Hazards Due to Unsafe Drinking Water. *Air Water Borne Dis*, v. 7, n. 1000138, 2018.
25. PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos 6ª edição (Guia PMBOK). Newtown Square: PMI, 2017.
26. SALAMÉ, L.; BOGARDI, J. J.; SEBESVARI, Z.; TOCKNER, K.; YAZICI, B.; TURAN, F.; CALLI, B.; KERÇ, A.; ÜNVER, O.; WALZ, Y. Drivers, Pressures and Stressors: The Societal Framework of Water Resources Management. *In: Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and Examples*. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 329–364.
27. SITZENFREI, R.; MAIR, M.; MÖDERL, M.; RAUCH, W. Cascade Vulnerability for Risk Analysis of Water Infrastructure. *Water Science and Technology*, v. 64, n. 9, p. 1885–1891, 1 nov. 2011.
28. SORLINI, S.; BIASIBETTI, M.; ABBÀ, A.; COLLIVIGNARELLI, M. C.; DAMIANI, S. Water Safety Plan for drinking water risk management: the case study of Mortara (Pavia, Italy). *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 12, n. 4, p. 513, 28 jun. 2017.
29. SORLINI, S.; PALAZZINI, D.; MBAWALA, A.; NGASSOUM, M. B.; COLLIVIGNARELLI, M. C. Is drinking water from 'improved sources' really safe? A case study in the Logone valley (Chad-Cameroon). *Journal of Water and Health*, v. 11, n. 4, p. 748–761, 2013.
30. TSITSIFLI, S.; KANAKOUDIS, V. Determining Hazards' Prevention Critical Control Points in Water Supply Systems. *The 4th EWaS International Conference: Valuing the Water, Carbon, Ecological Footprints of Human Activities*. Anais...MDPI, 5 set. 2020.
31. VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; NASCIMENTO, S. G. Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guaraú, em São Paulo. *Eng. Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 1, 2019.
32. VIEIRA, J. M. P.; MORAIS, C. Planos de Segurança em Sistemas Públicos de Abastecimento de Água para Consumo Humano. *Guia Técnico n° 7 ed*. Portugal: Universidade do Minho, 2005.
33. World Health Organization (WHO); International Water Association (IWA). *Water safety plan manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers, second edition*. Geneva: World Health Organization, 2023.
34. XU, L.; MAO, F.; FAMIGLIETTI, J. S.; POMEROY, J. W.; PAHL-WOSTL, C. Conceptualizing Cascading Effects of Resilience in Human–Water Systems. *Em: UNGAR, M. Multisystemic Resilience*. 1. ed. [s.l.] Oxford University Press New York, 2021. p. 744–768.
35. ZULCH, B. Communication: The Foundation of Project Management. *Procedia Technology* 16: 1000–1009, 2014.