

## PLANO DE SEGURANÇA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: LIMITAÇÕES E TENDÊNCIAS NO MEIO URBANO

### **Katia Sakihama Ventura**

*Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP), Docente do Programa de Engenharia Urbana (PPGEU) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), katiasv@ufscar.br.*

### **Aline Souza Sardinha**

*Mestre em Ciências e Geologia (IG/UFPA), Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da UFSCar, Docente da Universidade do Estado do Pará (UEPA), alinesardinha@uepa.br.*

### **Danilo Rezende**

*Mestre em Engenharia Urbana, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da UFSCar e Engenheiro da Secretaria de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (SAERP), danilorezende@estudante.ufscar.br*

### **ABSTRACT**

*The newest model of the Water Security Plan (WSP) has been piloted in some countries to warn sanitation service managers about the risks to climate resilience (CR). The bibliometric analysis was performed (2015 to 2022) on the Web of Science database with the string "water safety, climate, risk, drinking water", operator AND in "all fields", merging complete records and quoting references from Vosviewer software. The results identified 65 international articles on WSP-CR, and six of them were selected in this analysis. Most of the available studies do not address threats from climate change in sanitation systems and river basins. The challenges of the WSP-CR applications are: i) data reliability, ii) the feasibility of implementing the model and the existence of few studies on this topic, and, iii) the complexity of the model in water supply systems, especially in small communities. Among the opportunities, the following stand out: the implementation of the plan with a sustainability and urban resilience bias leads to a better performance of the long-term water supply system to the public manager due to multidisciplinary aspects of decision makers. **KEY-WORDS:** Drinking water. Water safety. Water supply. Climate Change. Resilience.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O Plano de Segurança da Água (PSA) visa avaliar a vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água (SAA) de forma ampla, a fim de gerar elementos apropriados para sistematizar a gestão de risco, desde a captação à distribuição da água para consumo humano. Por isso, recomenda-se uma abordagem interdisciplinar que estabeleça conexões do PSA com a segurança alimentar e energética tem sido recomendada (WHO, 2017).

A segurança da água tem sido abordada em quatro principais aspectos: melhoria do bem-estar econômico, aumento da equidade social, conquista da sustentabilidade a longo prazo e, redução de riscos relacionados à água. A exposição a riscos é relativamente alta na área urbana, as quais se devem à concentração de pessoas e bens, enquanto a vulnerabilidade é proveniente da adaptação inadequada, despreparo, baixa capacidade de enfrentamento ao evento perigoso e, falta de medidas para aumentar a resiliência (Hoekstra *et al.*, 2018).

De fato, os efeitos da resiliência climática (CR) já são sentidos por meio de alterações hidrológicas, como os eventos de inundações, secas, alterações nos índices pluviométricos, salinização de cursos d'água continentais, entre outros. Portanto, os serviços de saneamento vêm sendo pressionados a alterar sua forma de gestão e buscar alternativas que consigam entender a dinâmica que ocorre na bacia hidrográfica e suas implicações na operação dos sistemas de tratamento e distribuição de água (Páez-Curtidor, 2019).

Diante do exposto, o novo modelo PSA-CR vem sendo aplicado em pesquisas recentes para distintos contextos internacionais. Assim, o objetivo principal foi identificar oportunidades e desafios com essa perspectiva no sistema de abastecimento de água.

## 2. METODOLOGIA

Iniciou-se com a análise bibliométrica com foco em Plano de Segurança da Água (PSA) no período de 2015 a 2022. Pela base de dados *Web of Science*, a *string* foi "water safety, climate, risk, drinking water". A busca considerou o operador AND e "todos os campos" com registro completo e referências citadas. Para isso, utilizou-se o software livre VosViewer (versão 1.6.18), elaborado pela Universidade de Leiden (Holanda), o qual pode ser obtido gratuitamente em <https://www.vosviewer.com>. Os critérios de seleção dos artigos foram:

- C1 - Acoplamento bibliográfico com pelo menos dois documentos de um país;
- C2 - Citação com pelo menos dois documentos de uma fonte (periódico);
- C3 - Citação com pelo menos cinco ocorrências da palavra-chave;
- C4 - Citação com pelo menos cinco ocorrências do termo no resumo;
- C5 – acesso gratuito, contendo o maior número de citações e de referências;
- C6 – abordagem urbana e resiliente voltados para políticas públicas;
- C7 – leitura do título e/ou do resumo do artigo.

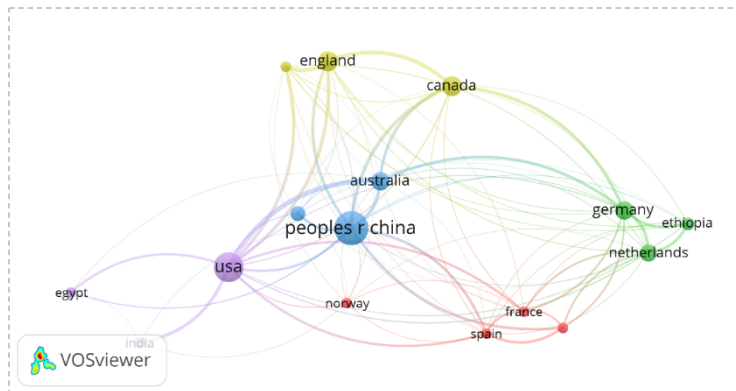
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 65 publicações científicas internacionais e as Figuras 1 e 2 sintetizam o resultado desse levantamento. Destaca-se que o maior número de documentos provenientes da República Popular da China (20 – 30,8 %), seguido dos Estados Unidos (15 – 23,1%) e Inglaterra (07 – 10,8%), Austrália (06 – 9,2%) e Alemanha (06 – 9,2%), representando a maioria das publicações (83,1%) com a busca da referida *string* (critério 1). Observa-se ainda que publicações da Alemanha, Holanda e Etiópia estão sendo citadas entre si, o mesmo entre Noruega, Espanha e França (Figura 1).

Os periódicos com dois ou mais documentos indicados pela *string* foram *Internacional Journal of hygiene and environmental health*, *Sustainability*, *Journal of water and health* e, *Water* (critério 2), particularmente após 2018. As palavras-chave mais citadas no resumo (critério 3) foram organizados em três *clusters*: *drinking water* e *factor* (*cluster 1* - cor azul), *water safety* e *water quality* (*cluster 2* – cor verde) e *concentration*, *area*, *application*, *risk assessment* e *occurrence* (*cluster 3* – cor vermelha), como ilustra a Figura 2. Os termos mais citados e sua respectiva ocorrência foram *risk* (69), *water safety* (66), *drinking water* (51), *climate* (44) e *contamination* (40) pelo critério 4.

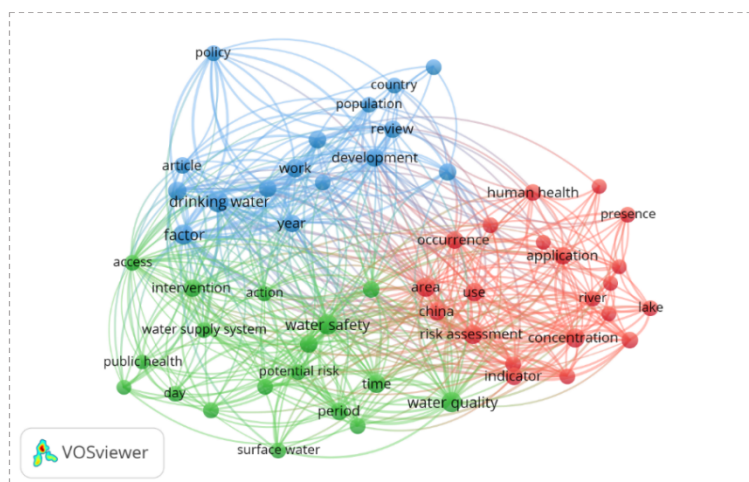
As palavras-chave e os termos do resumo são similares e focam os principais aspectos da prevenção de risco ao abastecimento de água associado às condições climáticas e de resiliência (Figura 2). A seguir, apresenta-se a análise dos seis artigos (critérios 5 a 7).

**Figura 1** – Identificação de países com mais publicações no período de 2015 a 2022.



Fonte: próprios autores, 2022.

**Figura 2** – Palavras-chave mais citadas no período de 2015 a 2022.



Fonte: próprios autores, 2022.

É consenso que os serviços de abastecimento de água, quando planejados e executados de forma apropriada, contribuem significativamente para o incremento da qualidade de vida e, o acesso à água potável e, até 2030, representa uma meta audaciosa para atingir desenvolvimento sustentável (Howard *et al.*, 2016). Nesse sentido, os pesquisadores reforçam a necessidade dos PSAs se adaptarem a eventos adversos, provenientes das mudanças climáticas (C) para atingir sua resiliência (R).

A maior parte dos estudos, até então disponíveis, não relaciona as ameaças das mudanças climáticas nos sistemas de saneamento, desenvolvendo estudos isolados em questões hídricas (secas e inundações). As abordagens para PSA-CR estão em avanço e, em alguns casos, essa análise pode indicar a necessidade de investimentos em nova infraestrutura ou gestão integrada de bacias hidrográficas. São raros os exemplos e as estratégias que adotam os impactos das mudanças climáticas à resiliência, principalmente em países subdesenvolvidos e nas companhias de saneamento de pequeno porte. O modelo PSA-CR propõe uma visão mais econômica ao gerenciamento de riscos (Howard *et al.*, 2016).

Os principais aspectos à prevenção de riscos, no modelo PSA-CR, estão relacionados à: **i)** ocorrência de doenças de veiculação hídrica (diarreia) e de casos de leptospirose durante

precipitações (Howard *et al.*, 2016), **ii**) contaminação do sistema de captação de água para consumo humano por diversas atividades humanas (Páez-Curtidor *et al.*, 2021); **iii**) ocorrência de eventos extremos como seca ou inundações e ineficiência do sistema de tratamento de águas residuárias (Rickert *et al.*, 2019), **iv**) captação de água em diversas fontes pela comunidade, uso da disponibilidade e demanda hídrica como auxílio à tomada de decisões no planejamento do saneamento, minimização da geração de gases de efeito estufa com apoio de tecnologias adequadas (Howard *et al.*, 2016).

Rickert *et al.* (2019) identificaram países com o modelo mais recente (PSA-CR), tais como Etiópia, Portugal, Holanda, Hungria, Alemanha, Austrália, Nepal e Bangladesh apresentam PSA-CR, bem como regiões da Europa, Sudeste da Ásia e da África. Ressaltaram a necessidade de obter informações locais por fontes confiáveis e de conhecer os parâmetros e medidas de controle do modelo para subsidiar, efetivamente, todos os passos do PSA-CR. Para isso, listaram 15 eventos perigosos como exemplo dessa abordagem na Etiópia, bem como destacaram que a prevenção em pequenos suprimentos de água é mais desafiadora devido à vulnerabilidade às mudanças climáticas, pois são comunidades que dependem, em sua maioria, de uma única fonte de abastecimento.

Van der Berg *et al.* (2019) realizaram uma pesquisa nos municípios de Adis Abeba (mais de 5 milhões de habitantes) e Adama (aproximadamente, 500 mil habitantes) na Etiópia, visando vincular o Monitoramento da Qualidade da Água ao Plano de Segurança da Água Resiliente ao Clima. O modelo convencional (PSA) foi implantado, simultaneamente à resiliência climática (CR). No entanto, um dos grandes desafios foi a alta rotatividade de pessoal nas concessionárias, contribuindo negativamente ao processo. Algumas melhorias foram realizadas, resultando em abordagem mais proativa da gestão do abastecimento de água.

A análise preventiva, baseada em riscos hidrológicos e meteorológicos do rio *Drwęca* na Polônia, foi aplicada em dois cenários, em uma área sem fonte de poluição, de modo que o primeiro contempla sistema de captação em conformidade com medidas de segurança para eventos inesperados aos aspectos qualitativos e quantitativos das águas superficiais. O segundo não possui tais considerações. Observaram que houve aumento de fenômenos extremos com grande impacto nas águas subterrâneas e captação de água superficial (1971-2020). Relataram ocorrências esporádicas de perigos meteorológicos relacionados à seca quando comparado à extrema precipitação (2 a 5 dias com até 50 mm por dia). Isto é, a ocorrência de baixa ou intensa precipitação e elevada temperatura do ar podem causar inundações na área de captação e, a identificação dos perigos depende significativamente das condições ambientais, climáticas e antropogênicas locais (Kubiak-Wójcicka *et al.*, 2021).

Páez-Curtidor *et al.* (2021) aplicaram o PSA-CR em Leh Town (Índia), a partir da formulação de cenários, contendo *wetlands* construídas para o tratamento de águas residuárias. Analisaram o potencial de contaminação hídrica pelo volume produzido e qualidade desse tratamento, a distância entre poços subterrâneos e seu lançamento no solo, infraestrutura para captação da água e os tipos de cultivos com dados georreferenciados. Dessa análise, os autores observaram que os modelos baseados na integração com energia, alimento e condições climáticas são muito sensíveis e podem conduzir ao aumento da vulnerabilidade e redução da resiliência, devido à sinergia entre os aspectos analisados. Observaram que o modelo original de PSA não considerou a crescente dependência das águas subterrâneas na agricultura, o uso persistente de combustíveis fósseis para bombeamento no sistema de abastecimento e a crescente demanda por alimentos importados e fertilizantes, compreendidos como riscos adicionais, tornando-se um modelo robusto nessa concepção.



Outro exemplo ocorreu em Vanuatu, uma pequena nação insular no Pacífico, suscetível a desastres naturais de extrema magnitude. Em 2015, o governo local elaborou o PSA-CR, inserindo aspectos de controle à segurança qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos para reduzir a falta de acesso à água potável em 50%, até 2030. Esse documento abordou a proteção da água potável e das bacias hidrográficas, bem como incluiu a resiliência climática como parte da análise de risco no sistema hídrico existente. Assim, as comunidades tornam-se aptas a lidar com os riscos das mudanças climáticas (Rand *et al.*, 2022).

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os desafios com o PSA-CR referem-se: i) à confiabilidade dos dados, ii) à complexidade do modelo a ser implantado pelo gestor do SAA, principalmente em pequenas comunidades e, iii) à necessidade de estabelecer instrumentos para monitorar os efeitos da resiliência climática. A principal oportunidade é permitir ao gestor público uma visão ampla de controle e monitoramento dos parâmetros com viés à sustentabilidade e resiliência urbana, de modo que seja possível implantar medidas de desempenho no SAA.

O PSA deve ser desenvolvido com abordagem integradora e dinâmica. Portanto, recomenda-se, conforme diretrizes WHO (2017), que seja elaborado desde a captação ao consumidor final e, não apenas na parte do SAA de maior visibilidade gerencial. Além disso, indicadores qualitativos e quantitativos, com abrangência local e regional com visão multidisciplinar, servem para apontar o desempenho das ações propostas. Por isso, recomenda-se o período de 2 anos para analisar os resultados e estabelecer novas metas durante o mesmo período administrativo do gestor. Dessa forma, pode-se analisar o avanço do sistema a longo prazo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERESKIE, T.; DELPLA, I.; RODRIGUEZ, M.J.; SADIQ, R. *Drinking-water management in Canadian provinces and territories: a review and comparison of management approaches for ensuring safe drinking water. Water Policy*, v.20, p: 565–596, 2018.
- HOEKSTRA, A.Y.; BUURMAN, J.; VAN GINKEL, K.C.H. *Urban Water Security: A Review. Environmental Research Letters*, v.13, 2018. 15p.
- HOWARD, G.; CALOW, R.; MACDONALD, A.; BARTRAM, J. *Climate Change and Water and Sanitation: Likely Impacts and Emerging Trends for Action. Annual Review of Environment and Resources*, v.41, p. 253-276, 2016.
- PÁEZ-CURTIDOR, N.; KEILMANN-GONDHALEKAR, D.; DREWES, J.E. *Application of the Water-Energy-Food Nexus Approach to the Climate-Resilient Water Safety Plan of Leh Town, India. Sustainability*, v.13, 2021, 29p.
- RAND, E.C.; FOSTER, T., SAMI, R.; SAMMY, E. *Review of water safety planning processes and options for improved climate resilient infrastructure in Vanuatu. Water Practice & Technology*, v. 17, n. 3, p. 675-683, 2022.
- RICKERT, B.; VAN DEN BERG, H.; BEKURE, K.; GIRMA, S.; HUSMAN, A.M.R. *Including aspects of climate change into water safety planning: Literature review of global experience and case studies from Ethiopian urban supplies. International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v.222, p: 744–755, 2019.
- VAN DEN BERG, H.; RICKERT, B.; IBRAHIM, S.; BEKURE, K.; GICHILE, H.; GIRMA, S.; AZEZEW, A.; BELAYNEH, T.Z.; TADESSE, S., TEFERI, Z.; ABERA, F.; GIRMA, S.; TESFAYE L.; TRUNEH, D.; LYNCH, G.; JANSE, I.; HUSMAN, A.M.R. *Linking water quality monitoring and climate-resilient water safety planning in two urban drinking water utilities in Ethiopia. Journal of Water and Health*, v17, n. 6, p: 989-1001, 2019.



International Workshop for Innovation in Safe Drinking Water  
Workshop Internacional: Inovação em Segurança da Água para Consumo Humano

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Climate-Resilient Water Safety Plans: Managing Health Risks Associated with Climate Variability and Change*. WHO: Geneva, Switzerland, 2017. 92p.