



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



BOAS PRÁTICAS E DESAFIOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

HILTON BRANDÃO ARAÚJO - hiltonbrandaoaraujo@gmail.com
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RORAIMA

PAULO VALLADARES - paulo.valladares@unesp.br
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, UNESP – GUARATINGUETÁ-FEG

MAXIMILIAN ESPUNY - maxespuny@gmail.com
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO, UNESP – GUARATINGUETÁ-FEG

OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA - otaviodeoliveira@uol.com.br
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO, UNESP – GUARATINGUETÁ-FEG

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE
SUBÁREA: 9.1 – GESTÃO AMBIENTAL

RESUMO: ESTE ESTUDO REVISOU A LITERATURA PARA SISTEMATIZAR BOAS PRÁTICAS E DIFICULDADES DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO. IDENTIFICOU-SE A IMPORTÂNCIA DE INSTALAR HIDRÔMETROS PARA MEDIÇÃO CONTÍNUA, COLETAR DADOS DEMOGRÁFICOS DOS USUÁRIOS E REALIZAR INSPEÇÕES REGULARES DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA. AS DIFICULDADES INCLUEM A DETECÇÃO DE VAZAMENTOS SEM MEDIÇÃO CONTÍNUA, DIVERSIDADE DE PADRÕES DE CONSUMO E A COMPLEXIDADE DAS INSPEÇÕES REGULARES. AS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DESSE ESTUDO EXPANDEM E APROFUNDAM O CONHECIMENTO SOBRE A GESTÃO HÍDRICA, ENQUANTO AS APLICADAS FORNECEM RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS QUE PODEM SERVIR DE REFERÊNCIA PARA OUTRAS INSTITUIÇÕES. ESTUDOS FUTUROS DEVEM INCLUIR MÚLTIPLAS INSTITUIÇÕES PARA UMA ANÁLISE COMPARATIVA MAIS ABRANGENTE E INVESTIGAR A LONGO PRAZO OS EFEITOS DAS INTERVENÇÕES REALIZADAS.

PALAVRAS-CHAVES: GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS; INSTITUIÇÕES DE ENSINO; SUSTENTABILIDADE HÍDRICA; MEDIÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA; EDUCAÇÃO AMBIENTAL.

1. INTRODUÇÃO

A boa gestão dos recursos hídricos é fundamental para enfrentar os desafios do desenvolvimento sustentável, especialmente em face da urbanização acelerada, industrialização e expansão das demandas energéticas. Os recursos hídricos, essenciais para a sobrevivência do planeta, estão limitados e distribuídos desigualmente, em que 70% é destinada à agricultura, 20% à indústria e apenas 10% ao consumo humano e dessedentação de animais (BARROSO et al., 2023; KADAR et al., 2019). Vale destacar que apenas 2,5% da água da Terra é doce e acessível, com o Brasil detendo cerca de 12% dessa reserva (UNESCO, 2015). Este cenário destaca a urgência de abordagens inovadoras para o uso racional da água.

A crescente demanda por água tem evidenciado a necessidade de investigar e implementar estratégias eficazes que se sobreponham aos métodos convencionais de exploração e uso. Estudos globais, como o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018, alertam que se nada for feito, a demanda atual por água pode comprometer as reservas de água doce do mundo, exacerbando a degradação ambiental e a escassez hídrica em diversas regiões, que enfrentam crises hídricas recorrentes devido à má gestão e eventos climáticos extremos (BĂNĂDUC et al., 2022; FICO et al., 2022).

Dessa forma, as soluções tecnológicas podem contribuir para melhorar a captação, a utilização e o reaproveitamento dos recursos hídricos, tornando sua gestão mais eficiente, especialmente em ambientes educacionais. Nesses ambientes, o consumo de água é significativo, pela quantidade de pessoas que trafegam neles, e pelo fato dessas instituições serem difusoras do conhecimento, tanto na transmissão que seus alunos recebem enquanto estão sendo formados, como na transferência de competências e habilidades que esses mesmos alunos levarão para fora dos muros da escola. Sendo assim, é possível destacar a lacuna científica que sugere o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos em instituições de ensino, em que a combinação de educação e sustentabilidade poderia acelerar a transformação no consumo de água e reduzir o seu desperdício (WAMSLER et al., 2024).

Nesse sentido, este trabalho tem a seguinte questão de pesquisa: "Quais são os principais desafios e oportunidades no processo de racionalização do consumo de água e de que forma as instituições de ensino podem suplantar esses desafios e aproveitar essas oportunidades para alcançar eficiência hídrica e educar seus discentes para a sustentabilidade?". Para respondê-la, o objetivo deste trabalho é sistematizar as boas práticas e

dificuldades na gestão de recursos hídricos em instituições de ensino, conforme a literatura científica deste tema.

Ao explorar essa questão, este artigo contribui significativamente ao mapear as ineficiências nas instituições de ensino e ao analisar o impacto das intervenções no comportamento dos usuários. Com base nisso, foram realizadas proposições que podem servir de benchmarking para outras instituições de ensino no contexto global de crescente consumo hídrico e na busca por estratégias que assegurem a equidade no acesso à água e sua sustentabilidade a longo prazo, em conformidade com a legislação brasileira e relatórios internacionais sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos (UNESCO, 2018b).

2. REFERENCIAL TÓRICO

A água é essencial para a vida na Terra, desempenhando um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na formação das civilizações humanas. Ela molda a história, cria culturas e hábitos, determina a ocupação de territórios e até influencia conflitos. O ciclo hidrológico, impulsionado pela energia solar e a gravidade, é crucial para a manutenção da vida no planeta, permitindo que a água se mova entre oceanos, céu e terra (MISHRA, 2023).

Embora a quantidade total de água na Terra permaneça constante, apenas 2,5% é água doce, com distribuição desigual entre regiões. O uso desse recurso vital tem crescido exponencialmente, levando a previsões de déficit hídrico significativo para as próximas décadas. Relatórios da UNESCO (2015, 2018a) alertam que sem mudanças drásticas na captação, no gerenciamento e reaproveitamento de recursos hídricos, a crise global de água pode se agravar. A gestão eficiente e a distribuição equitativa da água são essenciais, especialmente com a demanda crescente impulsionada pelo aumento populacional e necessidades agrícolas e energéticas, que devem aumentar em até 80% até 2050.

A história é profundamente influenciada pelo uso da água, desde os assentamentos humanos nas margens dos rios até as sociedades industriais modernas. A Primeira Revolução Industrial aumentou a capacidade humana de explorar os recursos hídricos (DOLAN et al., 2021). A expansão urbana e agrícola intensificou a demanda por água, contribuindo para o desequilíbrio entre disponibilidade e necessidade. As civilizações valorizaram a água por suas qualidades práticas e simbolismo religioso e cultural, ressaltando sua importância em várias dimensões da vida (PAIVA et al., 2020).

Além dos desafios técnicos e administrativos, a educação para a sustentabilidade é crucial para mudar a percepção e o comportamento das pessoas em relação ao uso da água. Programas educacionais podem ensinar sobre o ciclo hidrológico, o impacto do consumo

humano e técnicas de conservação e reuso de água (XIAO et al., 2024). Esses programas são essenciais para conscientizar as gerações atuais e futuras sobre a importância da água como recurso finito e vital. Escolas de todos os níveis podem promover práticas sustentáveis, influenciando positivamente o comportamento de consumo e reutilização da água na sociedade (HOFFMANN et al., 2020).

Além dos esforços educacionais, a governança da água exige uma mudança na gestão e políticas que promovam o uso eficiente e a distribuição equitativa. A crise hídrica intensifica a desigualdade na distribuição da água, com regiões como a Ásia enfrentando escassez aguda e as Américas possuindo maior disponibilidade (GOLDSCHIEDER et al., 2020; WANG et al., 2022). Recomenda-se adotar sistemas de monitoramento, incentivos para o uso racional e tecnologias de reciclagem para melhorar a sustentabilidade dos recursos hídricos (WILLIS et al., 2011).

O Brasil, embora possua uma das maiores reservas de água doce do mundo, enfrenta desafios de gestão. A maioria da água está na Amazônia, uma região de baixa densidade populacional, enquanto áreas densamente povoadas, como o Sudeste, enfrentam escassez recorrente. Isso reflete problemas de distribuição e acesso, exacerbados por uma gestão ineficaz (BRASIL, 2017).

Cirilo (2015) diferencia a escassez econômica, causada pela falta de investimento e infraestrutura, da escassez física, quando os recursos disponíveis são insuficientes para a demanda. Pacheco-Vega (2020) critica a ineficácia das políticas públicas na preservação ambiental, transformando a água em um recurso caro e escasso. Perdas significativas na rede de abastecimento e poluição das águas são desafios adicionais (AKHTAR et al., 2021).

Para mitigar essas perdas, Richards et al. (2023) destacam a importância de melhorar a gestão dos recursos hídricos nos sistemas prediais, onde o desperdício de água é comum devido a defeitos nas instalações e ao mau uso. O desperdício não só aumenta os custos operacionais, mas também agrava a escassez de água, especialmente em regiões vulneráveis.

Dentro das edificações, a água é usada para diversas atividades, como preparo de alimentos, lavagem e higiene pessoal. Parker e Wilby (2013) propõem uma fórmula para quantificar o consumo de água, incorporando uso, perdas e desperdícios, oferecendo uma ferramenta para a gestão eficiente da demanda de água. Este modelo destaca a necessidade de maximizar a eficiência do uso da água, minimizando o desperdício através de melhorias tecnológicas e conscientização dos usuários.

A conscientização sobre o uso racional da água é fundamental. Debrah et al. (2021) apontam que o desperdício está frequentemente ligado ao desconhecimento e falta de

orientação. Intervenções tecnológicas e melhorias na gestão hídrica são essenciais, mas devem ser complementadas por mudanças comportamentais. Nair et al. (2013) reforçam que a eficiência no uso da água depende tanto de equipamentos quanto da conscientização dos indivíduos. Em edifícios públicos, onde o usuário não paga diretamente pela água, o desperdício tende a ser maior (PAPADAKIS; KATSAPRAKAKIS, 2023). Programas educacionais que promovam a responsabilidade no uso da água são cruciais. Em escolas públicas, altos níveis de desperdício destacam a importância de identificar e reduzir essas perdas (BUYTAERT et al., 2014).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de compreender as melhores práticas e desafios na gestão de recursos hídricos em instituições de ensino. A revisão sistemática é uma metodologia que permite uma compreensão aprofundada das características significativas da realidade do objeto de estudo através da síntese de resultados de múltiplos estudos (GOUGH; OLIVER; THOMAS, 2017). Este método se mostrou eficaz para identificar, entender e analisar procedimentos institucionais, impactos ambientais de práticas correntes e o desenvolvimento de estratégias para a otimização do uso de recursos hídricos dentro de uma instituição de ensino.

Para a construção da estrutura teórica do estudo, recorreu-se a artigos publicados sobre o tema, indexados nas bases científicas da Scopus e Web of Science, que abordassem temas relacionados à gestão sustentável de recursos hídricos, práticas de consumo de água em instituições educacionais, e estratégias para promoção da sustentabilidade ambiental. As plataformas Scopus e Web of Science foram escolhidas devido à qualidade das publicações indexadas (NUNHES et al., 2020). A pesquisa foi delimitada a artigos em inglês, considerando que esta é a língua predominante na comunicação científica global (OLIVEIRA et al., 2019; SAMPAIO et al., 2022).

A estrutura metodológica desta revisão, apresentada na Tabela 1, inclui etapas desde a definição do tema até a formulação de recomendações específicas, baseando-se nas orientações de Gough, Oliver e Thomas (2017), que enfatizam a relevância e aplicabilidade da revisão sistemática para aprofundar o entendimento de complexas realidades institucionais.

TABELA 1 - Fluxo Metodológico da Revisão Sistemática da Literatura

Etapa 1	Definição do tema, questão de pesquisa, objetivos, delimitação e justificativa. Esta etapa envolve a identificação de lacunas na literatura e a relevância científica sobre como instituições de ensino podem aprimorar a gestão de recursos hídricos diante dos desafios ambientais contemporâneos.
Etapa 2	Destaque de tópicos importantes sobre a gestão de recursos hídricos em instituições de ensino, estabelecendo o fundamento teórico para os estudos subsequentes. Essa etapa envolve a revisão de artigos publicados e indexados nas bases científicas da Scopus e Web of Science.
Etapa 3	Sistematização e comparação das boas práticas e dificuldades encontradas na gestão de recursos hídricos com base na literatura revisada. Esta análise é essencial para estabelecer uma relação entre as capacidades técnicas das instituições e os desafios comportamentais dos usuários.
Etapa 4	Discussão dos resultados e formulação de conclusões. Esta etapa finaliza o processo metodológico ao sintetizar os achados da revisão sistemática, oferecendo uma visão consolidada das práticas eficazes e dos principais desafios na gestão de recursos hídricos. As conclusões delineiam recomendações baseadas na literatura revisada, visando orientar futuras pesquisas e a implementação de políticas mais eficazes em instituições educacionais.

Fonte: Autores (2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A gestão eficiente dos recursos hídricos em instituições de ensino requer uma abordagem multidimensional que engloba diversos procedimentos técnicos e metodológicos. Esta seção apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre os principais tópicos e procedimentos técnicos recomendados para uma gestão hídrica eficaz. A Tabela 1, resume os tópicos principais e os respectivos procedimentos técnicos recomendados, juntamente com as fontes bibliográficas que fundamentam essas práticas.

TABELA 2 - Tópicos e Procedimentos Técnicos de acordo com a Literatura

Tópico	Procedimento Técnico Recomendado	Recomendação da Literatura
Avaliação do Consumo de Água	Instalação de hidrômetros e medição contínua do consumo.	Hovany e Hovány, 2013; Muhammetoglu et al., 2020; Torrijos et al., 2020; Willis et al., 2011; Barroso et al., 2023; Piazza et al., 2023.
Caracterização dos Usuários	Coleta de dados sobre o número de usuários e análise demográfica.	Kirsch et al., 2023; Aiken et al., 2023; Million et al., 2023; Desye et al., 2023; Mounirou et al., 2023.
Mapeamento da Infraestrutura Hídrica	Inspeções in loco e análise de plantas e documentações técnicas.	Chang e Lien, 2020; González-García et al., 2023; Gomes Junior et al., 2023; Chaleta et al., 2021; van Dijk et al., 2020; Sultana, 2020.
Identificação dos Principais Pontos de Consumo	Levantamento detalhado dos equipamentos e áreas de maior consumo.	Zubaidi et al., 2020; Kalbusch et al., 2020; Shafiei e Maleksaeidi, 2020; Anwar et al., 2020; Oral et al., 2020.
Diagnóstico de Perdas	Monitoramento noturno para identificação de vazamentos ocultos e auditorias hídricas.	Nimri et al., 2023; Sitaropoulos et al., 2023; Mulligan et al., 2021; Cody e Narasimhan, 2020; Jambadu et al., 2022; Richards et al., 2023.
Comportamento dos Usuários	Aplicação de questionários e observação direta para entender práticas de consumo.	Douglas e Brauer, 2021; Nie et al., 2020; Walker et al., 2021.
Intervenções Propostas	Planejamento e execução de ações técnicas e educativas, monitoramento de eficácia.	Kerwin e Adey, 2020; Hollander et al., 2020; Ahmed et al., 2021; Nova, 2023; Cotterill e Bracken, 2020.
Monitoramento e Avaliação	Definição de indicadores de desempenho, coleta e análise de dados pós-intervenção.	Niu e Feng, 2021; Xiang et al., 2021; Jiménez et al., 2020; B. K. Mishra et al., 2021.

Fonte: Autores (2024)

A avaliação do consumo de água é um passo fundamental na gestão de recursos hídricos. Diversos estudos destacam a importância de instalar hidrômetros para permitir uma medição contínua e precisa do consumo de água, como demonstrado por Douglas e Brauer (2021) e Torrijos et al. (2020). Estes dispositivos são essenciais para fornecer dados detalhados que identificam padrões de uso e áreas de desperdício. Além disso, a medição contínua pode ajudar a detectar variações sazonais no consumo, permitindo que as instituições ajustem suas práticas de gestão de acordo com as necessidades específicas de cada período. Por exemplo, Hovány e Hovány (2013) destacam que a medição contínua do consumo pode revelar picos inesperados de uso, indicando possíveis vazamentos ou práticas ineficientes que precisam ser corrigidas.

A caracterização dos usuários é importante para a compreensão do perfil demográfico e dos padrões de consumo de água. Kirsch et al. (2023) mencionam que a coleta de dados demográficos, como idade, sexo e número de usuários, fornece uma base de dados para analisar o consumo per capita. Este tipo de análise é essencial para identificar grupos que

necessitam de intervenções específicas. Diferentes grupos demográficos, como estudantes, funcionários administrativos e equipe de manutenção, podem ter padrões de uso distintos, influenciando a formulação de políticas de gestão hídrica mais direcionadas. Assim, a caracterização detalhada dos usuários também pode identificar hábitos culturais e comportamentais que afetam o consumo de água (MILLION et al. 2023).

O mapeamento da infraestrutura hídrica envolve uma inspeção detalhada das redes de distribuição e equipamentos de consumo de água. Chang e Lien (2020) sugerem que as inspeções in loco, combinadas com a análise de plantas e documentações técnicas, são vitais para identificar pontos críticos e necessidades de manutenção. A utilização dessas técnicas permite uma visão abrangente do sistema hídrico, facilitando a identificação de falhas e a implementação de melhorias. Este mapeamento auxilia na identificação da capacidade e das limitações da infraestrutura existente, permitindo que as intervenções sejam planejadas e priorizadas de maneira eficaz. González-García et al. (2023) destacam que a inspeção regular e a manutenção preventiva são fundamentais para evitar falhas graves e aumentar a garantia da continuidade do fornecimento de água.

Já em relação à identificação dos principais pontos de consumo, Zubaidi et al. (2020) e Kalbusch et al. (2020) destacam que um levantamento detalhado dos equipamentos e áreas de maior consumo pode revelar onde a intervenção será mais eficaz. A análise dos principais pontos de consumo permite identificar áreas prioritárias para a implementação de dispositivos economizadores de água, como torneiras com sensor e descargas de baixo fluxo. Dessa forma, a análise de pontos como bacias sanitárias e lavatórios, que representam uma alta porcentagem do consumo total, pode orientar a implementação de dispositivos economizadores de água. A identificação dos principais pontos de consumo também pode revelar padrões de uso que não são imediatamente evidentes, como o consumo elevado em determinados horários do dia ou em eventos específicos. Shafiei e Maleksaeidi (2020) sugerem que a análise detalhada dos pontos de consumo pode ajudar a desenvolver estratégias de gerenciamento mais eficazes, como a redistribuição do uso de água durante o dia para evitar picos de demanda. Além disso, a identificação precisa dos principais pontos de consumo é essencial para a criação de campanhas educativas, que abordem diretamente os hábitos e comportamentos que levam ao desperdício de água.

O diagnóstico de perdas é um componente crítico para identificar e corrigir vazamentos que contribuem para o desperdício de água. Nimri et al. (2023) afirmam que o monitoramento noturno e as auditorias hídricas são métodos eficazes para detectar vazamentos ocultos. Estes métodos são essenciais para minimizar desperdícios e melhorar a

eficiência hídrica. Nesse sentido, Mulligan et al. (2021) destacam a importância de auditorias regulares para identificar problemas que não são visíveis durante o uso diário normal. O monitoramento noturno permite a detecção de consumo anômalo de água quando a utilização normal deveria ser mínima, indicando possíveis vazamentos. Cody e Narasimhan (2020) sugerem que as auditorias hídricas, que incluem a inspeção de tubulações, conexões e equipamentos, são fundamentais para identificar e corrigir vazamentos antes que se tornem problemas maiores. Além disso, a tecnologia de detecção de vazamentos, como sensores acústicos e câmeras térmicas, pode complementar as auditorias tradicionais, proporcionando mais eficiência e precisão para gestão de recursos hídricos.

Para a compreensão do comportamento dos usuários, Douglas e Brauer (2021) sugerem que a aplicação de questionários e observações diretas, identificando as práticas de consumo deles. Estes métodos permitem a verificação de comportamentos que contribuem para o desperdício, embasando campanhas educativas. Para ilustrar essa abordagem, Walker et al. (2021) discutem como a conscientização pode ser aumentada através de campanhas que abordam diretamente os hábitos inadequados dos usuários. Isso se deve ao fato da análise comportamental viabilizar a identificação de resistências culturais ou práticas enraizadas que dificultam a adoção de novas tecnologias ou práticas de conservação. Nie et al. (2020) enfatizam que a observação direta e os questionários podem revelar percepções errôneas sobre o uso de água, permitindo que as campanhas educativas abordem essas crenças de maneira mais eficaz. Desta forma, a compreensão do comportamento dos usuários pode ajudar a desenvolver políticas que incentivem práticas de uso sustentável da água, como a implementação de tarifas baseadas no consumo ou a introdução de programas de recompensas para a redução do consumo.

As intervenções na gestão de recursos hídricos incluem ações técnicas e educativas. Kerwin e Adey (2020) destacam que a instalação de tecnologias avançadas, como sistemas de detecção de vazamentos, combinada com campanhas educativas, pode resultar em uma gestão mais eficaz. A eficácia dessas intervenções é ampliada quando há uma sinergia entre tecnologia e educação, como discutido por Hollander et al. (2020). A instalação de dispositivos economizadores de água, como torneiras com sensor e descargas de baixo fluxo, pode reduzir significativamente o consumo, enquanto as campanhas educativas aumentam a conscientização e incentivam práticas sustentáveis. Ahmed et al. (2021) sugerem que a combinação de intervenções tecnológicas e educativas não só melhora a eficiência hídrica, mas também promove uma cultura de sustentabilidade entre os usuários.

O monitoramento e a avaliação contínuos são fundamentais para garantir a eficácia das intervenções. Niu e Feng (2021) sugerem que a definição de indicadores de desempenho e a coleta sistemática de dados pós-intervenção são essenciais para avaliar o sucesso das estratégias implementadas. Esta abordagem permite ajustes contínuos e melhorias na gestão de recursos hídricos, assegurando a sustentabilidade a longo prazo. O monitoramento deve incluir a análise de indicadores como o volume de água consumido, a frequência e a gravidade dos vazamentos, e o impacto das campanhas educativas. Xiang et al. (2021) destacam que a análise de dados em tempo real pode fornecer insights valiosos sobre a eficácia das intervenções e identificar áreas que necessitam de ajustes. Jiménez et al. (2020) enfatizam a importância de feedback contínuo para os usuários, mantendo-os informados sobre seu consumo de água e incentivando comportamentos mais sustentáveis. Sendo assim, a avaliação deve incluir a revisão periódica das metas e benchmarks estabelecidos, garantindo que estejam alinhados com os objetivos de longo prazo de sustentabilidade.

Diante dos tópicos analisados nessa seção, é possível sistematizar as principais boas-práticas e dificuldades da gestão de recursos hídricos em instituições de ensino, conforme a Tabela 3.

TABELA 3 – Sistematização de boas práticas e dificuldades para gestão de recursos hídricos em instituições de ensino

Categoria	Boas Práticas	Dificuldades
Práticas Gerais	- Instalação de hidrômetros para medição contínua do consumo de água. - Coleta de dados demográficos dos usuários. - Inspeções regulares da infraestrutura hídrica.	- Detectar vazamentos sem medição contínua. - Diversidade de padrões de consumo entre grupos demográficos. - Realizar inspeções regulares e detalhadas.
Educação e Conscientização	- Criação de campanhas educativas eficazes. - Análise comportamental dos usuários para desenvolver estratégias de conservação. - Programas de treinamento para conservação de água.	- Resistência cultural e hábitos enraizados que dificultam mudanças. - Implementação de campanhas educativas. - Falta de conscientização sobre o uso racional da água.
Tecnologia e Inovação	- Implementação de tecnologias avançadas, como sistemas de detecção de vazamentos. - Uso de sensores acústicos e câmeras térmicas para detectar vazamentos. - Sistemas de monitoramento em tempo real.	- Custos iniciais altos para instalação de tecnologias. - Falta de conhecimento sobre novas tecnologias. - Alto custo de manutenção.

Fonte: Autores (2024)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo alcançou seu objetivo principal ao sistematizar boas práticas e dificuldades na gestão de recursos hídricos em instituições de ensino, conforme a literatura científica. A revisão sistemática respondeu à questão de pesquisa ao identificar os principais desafios e oportunidades na racionalização do consumo de água e propor estratégias para superar esses desafios e aproveitar as oportunidades.

Contribuições teóricas incluem a ampliação do conhecimento sobre o tema, destacando a importância de integrar tecnologia e educação na gestão hídrica. As contribuições aplicadas fornecem recomendações práticas que podem servir de benchmarking para outras instituições, demonstrando como intervenções focadas na infraestrutura e no comportamento dos usuários podem resultar em uma gestão mais eficiente e consciente dos recursos hídricos.

O foco em uma única instituição permitiu uma análise detalhada, mas pode limitar a generalização dos resultados. Para estudos futuros, recomenda-se a inclusão de múltiplas instituições em diferentes contextos geográficos e sociais, permitindo uma análise comparativa e mais abrangente. Investigações de longo prazo sobre a sustentabilidade das mudanças comportamentais e a eficácia contínua das tecnologias implementadas também são sugeridas.

REFERÊNCIAS

AHMED, S. S.; BALI, R.; KHAN, H.; MOHAMED, H. I.; SHARMA, S. K. Improved water resource management framework for water sustainability and security. *Environmental Research*, v. 201, May 2021, 111527. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111527>.

AIKEN, M. L.; PACE, C. E.; RAMACHANDRAN, M.; SCHWABE, K. A.; AJAMI, H.; LINK, B. G.; YING, S. C. Disparities in Drinking Water Manganese Concentrations in Domestic Wells and Community Water Systems in the Central Valley, CA, USA. *Environmental Science and Technology*, v. 57, n. 5, p. 1987–1996, 2023. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c08548>.

AKHTAR, N.; SYAKIR ISHAK, M. I.; BHAWANI, S. A.; UMAR, K. Various Natural and Anthropogenic Factors Responsible for Water Quality Degradation: A Review. *Water*, v. 13, n. 19, p. 2660, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13192660>.

ANWAR, N.; NIK MAHMOOD, N. H.; YUSLIZA, M. Y.; RAMAYAH, T.; NOOR FAEZAH, J.; KHALID, W. Green Human Resource Management for organisational citizenship behaviour towards the environment and environmental performance on a university campus. *Journal of Cleaner Production*, v. 256, p. 120401, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120401>.

- BĂNĂDUC, D.; SIMIĆ, V.; CIANFAGLIONE, K.; BARINOVA, S.; AFANASYEV, S.; ÖKTENER, A.; MCCALL, G.; SIMIĆ, S.; CURTEAN-BĂNĂDUC, A. Freshwater as a Sustainable Resource and Generator of Secondary Resources in the 21st Century: Stressors, Threats, Risks, Management and Protection Strategies, and Conservation Approaches. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 24, p. 1–29, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416570>.
- BARROSO, S.; BUSTOS, P.; NÚÑEZ, P. Towards a cyber-physical system for sustainable and smart building: a use case for optimising water consumption on a SmartCampus. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, v. 14, n. 5, p. 6379–6399, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03656-1>.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. 2017.
- BUYTAERT, W. et al. Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. *Frontiers in Earth Science*, v. 2, 2014. <https://doi.org/10.3389/feart.2014.00026>.
- CHALETA, E. et al. Higher education and sustainable development goals (Sdg)—potential contribution of the undergraduate courses of the school of social sciences of the university of Évora. *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 4, p. 1–10, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13041828>.
- CHANG, Y. C.; LIEN, H. L. Mapping course sustainability by embedding the SDGS inventory into the university curriculum: A case study from national university of Kaohsiung in Taiwan. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 10, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12104274>.
- CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. *Revista USP*, v. 106, p. 45–58, 2015. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p45-58>.
- CODY, R. A.; NARASIMHAN, S. A field implementation of linear prediction for leak-monitoring in water distribution networks. *Advanced Engineering Informatics*, v. 45, March 2020, 101103. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101103>.
- COTTERILL, S.; BRACKEN, L. J. Assessing the effectiveness of sustainable drainage systems (SuDS): Interventions, impacts and challenges. *Water (Switzerland)*, v. 12, n. 11, p. 1–21, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12113160>.
- DEBRAH, J. K.; VIDAL, D. G.; DINIS, M. A. P. Raising awareness on solid waste management through formal education for sustainability: A developing countries evidence review. *Recycling*, v. 6, n. 1, p. 1–21, 2021. <https://doi.org/10.3390/recycling6010006>.
- DESYE, B. et al. Access to basic water, sanitation, and hygiene (WASH) facilities and associated factors in Ethiopia: Evidence from demographics and health surveys. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, v. 13, n. 1, p. 39–49, 2023. <https://doi.org/10.2166/washdev.2022.226>.
- DOLAN, F. et al. Evaluating the economic impact of water scarcity in a changing world. *Nature Communications*, v. 12, n. 1, p. 1915, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22194-0>.

DOUGLAS, B. D.; BRAUER, M. Gamification to prevent climate change: a review of games and apps for sustainability. *Current Opinion in Psychology*, v. 42, p. 89–94, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2021.04.008>.

FICO, G. C. et al. Water reuse in industries: analysis of opportunities in the Paraíba do Sul river basin, a case study in Presidente Vargas Plant, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, n. 44, p. 66085–66099, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20475-9>.

GOLDSCHIEDER, N. et al. Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. *Hydrogeology Journal*, v. 28, n. 5, p. 1661–1677, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02139-5>.

GOMES JUNIOR, J. C. et al. Proposed mapping and evaluation model of sustainable development goals in graduate programs in environmental sciences in Brazil. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, v. 24, n. 7, p. 1452–1473, 2023. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2022-0230>.

GONZÁLEZ-GARCÍA, A. et al. Co-producing an ecosystem services-based plan for sustainable university campuses. *Landscape and Urban Planning*, v. 230, November 2022. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104630>.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. (eds.). *An Introduction to Systematic Reviews*. London, UK: Sage Publications, 2017. p. 1-16.

HOFFMANN, S. et al. A Research Agenda for the Future of Urban Water Management: Exploring the Potential of Nongrid, Small-Grid, and Hybrid Solutions. *Environmental Science & Technology*, v. 54, n. 9, p. 5312–5322, 2020. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b05222>.

HOLLANDER, D. et al. Monitoring methods for systems-strengthening activities toward sustainable water and sanitation services in low-income settings. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 17, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12177044>.

HOVANY, L.; HOVÁNY, L. Providing the Conditions for Domestic Water Consumption Measurement by Water Meter. March 2013.

JAMBADU, L.; MONSTADT, J.; SCHRAMM, S. Understanding Repair and Maintenance in Networked Water Supply in Accra and Dar es Salaam. *Water Alternatives*, v. 15, n. 2, p. 413–437, 2022.

JIMÉNEZ, A. et al. Unpacking water governance: A framework for practitioners. *Water (Switzerland)*, v. 12, n. 3, p. 1–21, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12030827>.

KADAR, H. H.; SAMEON, S. S.; RAFEE, P. A. Sustainable Water Resource Management Using IOT Solution for Agriculture. *Proceedings - 9th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, ICCSCE 2019*, p. 121–125. <https://doi.org/10.1109/ICCSCE47578.2019.9068592>.

KALBUSCH, A. et al. Impact of coronavirus (COVID-19) spread-prevention actions on urban water consumption. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 163, May 2020, 105098. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105098>.

- KERWIN, S.; ADEY, B. T. Optimal Intervention Planning: A Bottom-Up Approach to Renewing Aging Water Infrastructure. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 146, n. 7, 2020. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0001217](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0001217).
- KIRSCH, K. et al. Study design and baseline to evaluate water service provision among peri-urban communities in Kasai Oriental, Democratic Republic of the Congo. *PLoS ONE*, v. 18, n. 4, p. 1–20, April 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283019>.
- MILLION, M.; NIGUSE, S.; TEKALIGN, T. Assessing Community Participation In Managing Drinking Water Supply Facilities: The Case of Nedjo Woreda, West Wellega Zone, Oromia Regional State. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, v. 11, n. X, p. 1–18, 2023.
- MISHRA, B. K. et al. Water security in a changing environment: Concept, challenges and solutions. *Water (Switzerland)*, v. 13, n. 4, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13040490>.
- MISHRA, R. K. Fresh Water availability and Its Global challenge. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*, v. 4, n. 3, p. 1–78, 2023. <https://doi.org/10.37745/bjmas.2022.0208>.
- MOUNIROU, L. A. et al. Estimation of the Actual Specific Consumption in Drinking Water Supply Systems in Burkina Faso (West Africa): Potential Implications for Infrastructure Sizing. *Water (Switzerland)*, v. 15, n. 19, 2023. <https://doi.org/10.3390/w15193423>.
- MUHAMMETOGLU, A. et al. Detection and Assessment of Post Meter Leakages in Public Places Using Smart Water Metering. *Water Resources Management*, v. 34, n. 9, p. 2989–3002, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02598-1>.
- MULLIGAN, S. et al. Development of a data driven FDD approach for building water networks: Water distribution system performance assessment rules. *Journal of Building Engineering*, v. 34, August 2020, 101773. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101773>.
- NAIR, S.; JOHNSON, J.; WANG, C. Efficiency of Irrigation Water Use: A Review from the Perspectives of Multiple Disciplines. *Agronomy Journal*, v. 105, n. 2, p. 351–363, 2013. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0421>.
- NIE, X. et al. Big Data analytics and IoT in Operation safety management in Under Water Management. *Computer Communications*, v. 154, December 2019, p. 188–196, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.052>.
- NIMRI, W. et al. Data-driven approaches and model-based methods for detecting and locating leaks in water distribution systems: a literature review. *Neural Computing and Applications*, v. 35, n. 16, p. 11611–11623, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08497-x>.
- NIU, W. J.; FENG, Z. K. Evaluating the performances of several artificial intelligence methods in forecasting daily streamflow time series for sustainable water resources management. *Sustainable Cities and Society*, v. 64, September 2020, 102562, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102562>.
- NOVA, K. AI-Enabled Water Management Systems: An Analysis of System Components and Interdependencies for Water Conservation. *Eigenpub Review of Science and Technology*, v. 7, n. 1, p. 105–127, 2023. <https://studies.eigenpub.com/index.php/erst>.

NUNHES, T. V.; BERNARDO, M.; OLIVEIRA, O. J. Rethinking the Way of Doing Business: A Reframe of Management Structures for Developing Corporate Sustainability. *Sustainability*, v. 12, n. 3, 1177, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12031177>.

OLIVEIRA, O. J. et al. Bibliometric Method for Mapping the State-of-the-Art and Identifying Research Gaps and Trends in Literature: An Essential Instrument to Support the Development of Scientific Projects. In: INTECH (Issue tourism, p. 21). IntechOpen Limited, 2019. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.85856>.

ORAL, H. V. et al. A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: A critical assessment based on case studies and literature. *Blue-Green Systems*, v. 2, n. 1, p. 112–136, 2020. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.932>.

PACHECO-VEGA, R. Governing Urban Water Conflict through Watershed Councils—A Public Policy Analysis Approach and Critique. *Water*, v. 12, n. 7, 1849, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12071849>.

PAIVA, A. C. da E.; NASCIMENTO, N.; RODRIGUEZ, D. A.; TOMASELLA, J.; CARRIELLO, F.; REZENDE, F. S. Urban expansion and its impact on water security: The case of the Paraíba do Sul River Basin, São Paulo, Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 720, 137509, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137509>.

PAPADAKIS, N.; KATSAPRAKAKIS, D. A. A Review of Energy Efficiency Interventions in Public Buildings. *Energies*, v. 16, n. 17, 6329, 2023. <https://doi.org/10.3390/en16176329>.

PARKER, J. M.; WILBY, R. L. Quantifying Household Water Demand: A Review of Theory and Practice in the UK. *Water Resources Management*, v. 27, n. 4, p. 981–1011, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0190-2>.

PIAZZA, S.; SAMBITO, M.; FRENI, G. Distribution Networks Using Different Water Quality Models. *Water*, v. 15, 559, 2023.

RICHARDS, C. E.; TZACHOR, A.; AVIN, S.; FENNER, R. Rewards, risks and responsible deployment of artificial intelligence in water systems. *Nature Water*, v. 1, n. 5, p. 422–432, 2023. <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00069-6>.

SAMPAIO, N. A. de S. et al. Contributions to the future of metaheuristics in the contours of scientific development. *Gestão & Produção*, v. 29, 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022v29e099>.

SHAFIEI, A.; MALEKSAEIDI, H. Pro-environmental behavior of university students: Application of protection motivation theory. *Global Ecology and Conservation*, v. 22, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00908>.

SITAROPOULOS, K.; SALAMONE, S.; SELA, L. Frequency-based leak signature investigation using acoustic sensors in urban water distribution networks. *Advanced Engineering Informatics*, v. 55, January 2023, 101905. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101905>.

SULTANA, F. Embodied Intersectionalities of Urban Citizenship: Water, Infrastructure, and Gender in the Global South. *Annals of the American Association of Geographers*, v. 110, n. 5, p. 1407–1424, 2020. <https://doi.org/10.1080/24694452.2020.1715193>.

TORRIJOS, V.; SOTO, M.; CALVO DOPICO, D. SOSTAUGA project: reduction of water consumption and evaluation of potential uses for endogenous resources. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, v. 21, n. 7, p. 1391–1411, 2020. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2020-0057>.

UNESCO. Água Para Um Mundo Sustentável - Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. 2015. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231823>.

UNESCO. Soluções Baseadas na natureza para a gestão da água - Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. 2018a.

UNESCO. WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. 2018b. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>.

VAN DIJK, S.; LOUNSBURY, A. W.; HOEKSTRA, A. Y.; WANG, R. Strategic design and finance of rainwater harvesting to cost-effectively meet large-scale urban water infrastructure needs. *Water Research*, v. 184, 116063, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116063>.

WALKER, D. W.; SMIGAJ, M.; TANI, M. The benefits and negative impacts of citizen science applications to water as experienced by participants and communities. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, v. 8, n. 1, p. 1–32, 2021. <https://doi.org/10.1002/wat2.1488>.

WAMSLER, C.; OSBERG, G.; JANSSE, J.; STEPHAN, L. Revolutionising sustainability leadership and education: addressing the human dimension to support flourishing, culture and system transformation. *Climatic Change*, v. 177, n. 1, p. 4, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03636-8>.

WANG, X.; CHEN, Y.; FANG, G.; LI, Z.; LIU, Y. The growing water crisis in Central Asia and the driving forces behind it. *Journal of Cleaner Production*, v. 378, 134574, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134574>.

WILLIS, R. M.; STEWART, R. A.; PANUWATWANICH, K.; WILLIAMS, P. R.; HOLLINGSWORTH, A. L. Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption. *Journal of Environmental Management*, v. 92, n. 8, p. 1996–2009, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.03.023>.

XIANG, X.; LI, Q.; KHAN, S.; KHALAF, O. I. Urban water resource management for sustainable environment planning using artificial intelligence techniques. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 86, September 2020, 106515, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106515>.

XIAO, Z.; DURITAN, M. J. M.; JIA, R. Resourceful futures: Integrating responsible mining and green education for sustainable development in developing and emerging economies. *Resources Policy*, v. 88, 104377, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104377>.

ZUBAIDI, S. L. et al. Hybridised artificial neural network model with slime mould algorithm: A novel methodology for prediction of urban stochastic water demand. *Water (Switzerland)*, v. 12, n. 10, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12102692>.