

VI-104 - AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E AMBIENTAL DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Gilson Lima da Silva⁽¹⁾

Professor Associado do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco, Mestre em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Isaura Macedo Alves

Professora Substituta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Saulo de Tarso Marques Bezerra

Professor Associado do curso de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil e Ambiental e Doutor em Engenharia Mecânica.

Armando Dias Duarte

Professor da Autarquia Educacional de Belo Jardim – AEB. Engenheiro de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Lucas Caitano da Silva

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Endereço⁽¹⁾: Rodovia BR 104, km 59, Sítio Juriti, Caruaru – PE, CEP: 55002-970, Brasil, Telefone: (81) 999968941. E-mail: glimasuilva21@yahoo.co.br.

RESUMO

Diversas pesquisas no mundo estão sendo desenvolvidas considerando o nexos água-energia com base em uma perspectiva de segurança hídrica e energética, com o setor de saneamento requerendo atenção por ser um grande consumidor destes insumos. Neste contexto, esta pesquisa avaliou o desempenho energético e ambiental do sistema de abastecimento de água de Caruaru-PE, considerando cenários de redução de perdas de água. Os impactos ambientais foram estimados pelo método de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV, considerando todo o ciclo de vida dos fluxos de energia e emissões de gases de efeito estufa – GEE (IPCC 100 anos) do sistema. Os resultados demonstraram que os cenários C1, C2 e C3 proporcionariam uma diminuição anual na demanda energética acumulada de 38,4%, 43,6% e 54,8%, respectivamente, em relação ao C0; enquanto as emissões GEE reduziram em 38,8%, 42,8% e 54,4%, respectivamente. Conclui-se que a ACV possibilitou avaliar satisfatoriamente os aspectos ambientais e potenciais impactos associados às perdas de água em sistemas de abastecimento de água.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, Energia, Perdas de água.

INTRODUÇÃO

O setor de saneamento no Brasil utiliza cerca de 2,5% do consumo total de eletricidade, o equivalente a mais de 10 bilhões de kWh/ano (BEZERRA et al., 2015). Com frequência, as empresas de saneamento são as maiores consumidoras das concessionárias de energia elétrica. Em média, aproximadamente 80% da energia dos sistemas de abastecimento de água (SAA) é usada para transportar água de corpos d'água superficiais para áreas residenciais (JEONG et al., 2018; OIKONOMOU & PARVANIA, 2018).

Nas últimas décadas, pela diminuição da disponibilidade hídrica, necessidade de sustentabilidade ambiental e pelo aumento dos custos com energia, as empresas de saneamento estão sendo submetidas a pressões pelo aumento da eficiência dos seus processos. Em contrapartida, os sistemas, em grande parte do mundo, ainda

possuem perdas de água significativas e energia elétrica. Estas perdas ocorrem desde a captação de água até a distribuição nas ligações prediais, as quais acabam se traduzindo também em perdas de energia (JUNIOR et al., 2016). O desperdício de energia e as perdas causadas por vazamentos estão entre as principais preocupações das concessionárias (ADEDEJI et al., 2018). As empresas contrastam, no processo de distribuição de água, com vazamentos, grande volume de perdas, sistemas de bombeamentos inadequados e motores ineficientes.

Embora a redução de vazamentos seja claramente uma parte importante da gestão sustentável da água, os impactos devem ser reconsiderados em um objetivo mais amplo de proteção ambiental (PILLOT et al., 2016). Nos últimos anos, a avaliação do ciclo de vida assumiu um papel mais proeminente na formulação de políticas ambientais. Instituições renomadas, como o *World Resource Institute* (WRI), adotaram o conceito de ciclo de vida e há um número crescente de atores defendendo a redução do impacto ambiental associado ao consumo global (PRÉ CONSULTANTS, 2016).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um método bem estabelecido e padronizado, projetado para estimar e reduzir as cargas ambientais associadas a todas as fases da vida de um produto, processo ou serviço. Esta abordagem permite a estimativa dos potenciais impactos ambientais acumulados ao longo deste ciclo, oferecendo uma visão abrangente e possibilitando melhor compreensão dos sistemas.

Na gestão de águas urbanas, a ACV é considerada a ferramenta mais dominante e apropriada para avaliar os impactos ambientais e, tem sido aplicada no setor de água em vários estudos (RACOVICIANU, 2007; GODSKESEN et al., 2018).

MATERIAIS E METÓDOS

A avaliação do ciclo de vida é um método sistemático e abrangente para quantificar entradas e saídas, de acordo com a NBR ISO 14044, a estrutura metodológica da ACV deve incluir quatro fases, a definição de objetivo e escopo, análise do inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados. O ciclo de vida da pesquisa inclui as etapas do ciclo do processo: adução, processamento, tratamento e distribuição. Nesse sentido, a metodologia aplicada nessa pesquisa pode ser resumida conforme o esquema mostrado na Figura 1.

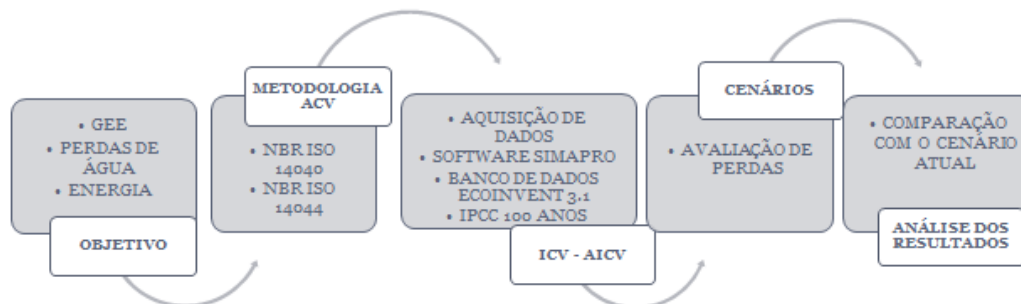


Figura 1: Esquema do processo de estruturação.

Cenários Propostos

Um SAA é um sistema dinâmico composto de ativos de várias idades com diferentes expectativas de vida. Em um dado momento, o nível de perdas de água depende de muitos fatores, incluindo a condição da infraestrutura (consequência de ações passadas), o nível de equipamento e os modos de operação (afetando o presente e o futuro). Portanto, os efeitos de um plano de ação para redução de vazamentos não podem ser medidos em termos absolutos.

Neste estudo, foram propostos quatro cenários para o SAA de Caruaru com diferentes índices de perdas de água para avaliar a intensidade energética e, consequentemente, a emissão de gases de efeito estufa do sistema. A porcentagem proposta para cada cenário foi baseada em índices que indicam: bom gerenciamento de perdas para realidade brasileira, excelente gerenciamento de perdas, realidade internacional e meta do PLANSAB para o ano de 2033. Este estudo desconsiderou o impacto ambiental resultante da implantação das medidas de combate as perdas, pois o nível de perdas de água depende de muitos fatores, incluindo a condição da

infraestrutura (consequência de ações passadas), o nível tecnológico dos equipamentos e os procedimentos de operação (afetando o presente e o futuro). Os cenários avaliados foram:

Cenário C0 Corresponde ao cenário real, ou seja, este cenário adota às condições atuais de operação do sistema adutor (índice de perdas de 12,19%) e do sistema de distribuição de água (índice de perdas de 54,09%) no ano de 2016.

Cenário C1 Corresponde a situação em que o índice de perda do sistema produtor permanece inalterado e admite uma redução das perdas de água no sistema distribuidor para o valor de 25%.

Cenário C2 O Cenário C2 admite uma redução de 50% no índice de perdas de água do sistema produtor e do sistema de distribuição de água.

Cenário C3 Estabelece uma redução no índice de perdas para 5% no sistema adutor e admite um índice de perdas no sistema distribuidor de 10%

Aplicação da Metodologia ACV

A pesquisa foi fundamentada na metodologia ACV apresentada nas normas NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a) e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b), por meio do software desenvolvido pela empresa holandesa Pré Consultant, SimaPro 8.0.1, que dispõe de um amplo banco de dados e métodos de avaliação de impacto. O *software* SimaPro vem sendo aplicado amplamente por diversos pesquisadores, por exemplo, Nessi et al. (2012), Uche et al. (2015), Garfí et al. (2016) e Rodriguez et al. (2016). Segundo Pillot et al. (2016), o SimaPro é um software de ACV que permite construir um modelo do sistema estudado para inserir o inventário (manualmente ou usando bancos de dados de ACV) e calcular os impactos usando diferentes métodos de AICV. A avaliação foi caracterizada como sendo “Do berço-aoportão” (*cradle-to-gate*), ou seja, o objetivo do estudo foi analisar a parte do sistema composto pela captação, que representa a extração de recursos, o sistema de tratamento e a distribuição até a porta do consumidor, excluindo todas as fases subsequentes (uso, coleta de esgoto, tratamento, descarga de esgoto tratado).

O ICV do sistema de abastecimento de água em estudo foi compilado por meio do banco de dados do Ecoinvent 3.1. O tipo de ACV utilizado nessa pesquisa foi o Consequencial. Para quantificar as emissões de GEE, a categoria de impacto *midpoint* foi Mudança Climática, enquanto o método empregado foi o IPCC 2013 GWP 100a, versão 1.01. Para calcular a energia em todo sistema, foi utilizado o método de Demanda de Energia Acumulada V1.09 (*Cumulative Energy Demand*).

RESULTADOS

A estimativa dos impactos das perdas de água no sistema de abastecimento de água da cidade de Caruaru-PE, considerando o nexo água-energia-carbono, foram avaliados para cada cenário proposto. A interpretação dos resultados representa a quarta fase da Avaliação do Ciclo de Vida. Conforme a metodologia proposta, a Intensidade Energética em kWh/m³ foi calculada utilizando o método de Demanda de Energia Acumulada, direto do software SimaPro 8.0, com a quantificação das emissões GEE em KgCO₂eq/m³ sendo quantificada com base nos dados do Ecoinvent 3.1.

De acordo com o SNIS (2017), o consumo médio per capita da cidade em 2016 foi 92,1 L/hab./dia. Logo, considerando o consumo de energia específico de 0,71 kWh/m³, pode-se afirmar que a energia incorporada na água consumida mensalmente em uma residência com quatro pessoas seria de 8 kWh. Esse valor representa 6% do consumo mensal de energia em uma residência no estado do Pernambuco, que correspondeu 127,4 kWh/mês em 2016.

O Cenário C0 representa as condições reais de operação do SAA de Caruaru para o ano de 2016. Estimou-se que o sistema emitiu em 2016 mais de 4 milhões de KgCO₂eq em 2016. A Demanda de Energia Acumulada está distribuída em 1,75 kWh/m³ para a captação e distribuição de água bruta, 0,22 kWh/m³ para o tratamento e 0,00075 kWh/m³ para a distribuição. Os altos valores da captação são corroborados com o estudo de Pillot et al. (2016), cujos resultados indicaram que a principal fonte de impacto dos SAA é a energia consumida através

da coleta e bombeamento da água. Logo, destaca-se que a geografia local e a distância da captação à ETA são aspectos importantes e devem ser levados em conta ao projetar o ciclo das águas urbanas. A rede de distribuição do SAA de Caruaru possui contribuição insignificante nos resultados, pois não foram consideradas intervenções nas tubulações e a topologia local favorece a distribuição por gravidade (praticamente todo o fornecimento de água tratada é realizado por gravidade).

As emissões GEE, considerado a categoria de impacto escolhida no método IPCC 100 anos, foram de 0,19 KgCO₂eq para cada metro cúbico de água distribuído no Cenário C0. Os resultados foram compatíveis com os de Meron et al. (2016), que afirmaram que o potencial de aquecimento global varia entre 0,16 e 3,4 KgCO₂eq/m³ de água fornecida. A etapa de captação e adução foi responsável pela emissão GEE de 0,42 KgCO₂eq/m³, o tratamento de 0,12 KgCO₂eq/m³ e a distribuição de 0,0002 KgCO₂eq/m³.

Pode-se justificar a baixa emissão de KgCO₂eq na distribuição devido ao baixo uso de energia para bombeamento comparado com o sistema de adução, que requer um alto quesito de energia, devido as condições topográficas do sistema adutor do Prata. Isso é justificado também por Rodriguez et al. (2016), que demonstraram que as condições topográficas da localização das ETA influenciaram significativamente nos resultados. No referido estudo, a ETA que apresentou topologia menos favorável emitiu 0,38 kgCO₂eq, dos quais 86% correspondeu ao consumo prolongado de energia durante o processo de bombeamento.

No Cenário C1, as condições atuais de operação do sistema adutor (índice de perdas igual a 12,19%) permanecem inalteradas, enquanto há uma redução no índice de perdas no sistema de distribuição de água para 25%. O C1 resultou o mesmo valor de emissões GEE por metro cúbico (0,19 KgCO₂eq/m³), entretanto, o total de emissões foi de 2,57 milhões de kgCO₂eq por ano, uma redução de 38,8% em comparação ao C0. De acordo com D'ercle et al. (2016), mesmo um pequeno aumento na eficiência operacional pode resultar em economias significativas para concessionárias de água. No cenário C2, ao reduzir o índice de perdas de água do sistema em 50% do valor relativo ao ano de 2016, haveria uma economia na demanda de energia acumulada e emissões GEE de 43,6% e 42,8%, respectivamente.

O Cenário C3 é o que considera a maior redução da perda de água e, consequentemente, a melhor eficiência hidráulica e energética. Este estabelece um índice de perdas de 5% para o sistema adutor e admite um índice de perdas de água no sistema distribuidor de 10%. Os resultados apontaram uma redução superior à 50% na demanda energética acumulada e nas emissões GEE do cenário C3 em relação ao C0, o que corrobora com a afirmação de Basheer & Elagib (2018), que destacaram que intervenções de eficiência energética no setor de saneamento podem contribuir consideravelmente para reduzir o uso de água, diminuir as emissões de GEE e para o atendimento de metas de mitigação relacionadas ao clima.

DISCUSSÕES

Em um contexto de crescente escassez de água em todo o mundo, a redução de perdas de água é um objeto chave para garantir a gestão sustentável da água. Diante das condições hidrológicas na qual o Nordeste está inserido, esta região necessita de um posicionamento ainda mais efetivo ao combate à redução de perdas em sistemas de abastecimento de água.

O nexos água-energia-carbono surge a partir de uma perspectiva de segurança da água, segurança energética e sustentabilidade ambiental. O estudo apontou que as ações de controle de perdas de água são expressivamente positivas para o meio ambiente e o setor de saneamento. O cenário mais eficiente proposto no estudo apresentaria uma redução na demanda energética acumulada e na emissão GEE superior a 50% em relação as estimativas para o ano de 2016.

CONCLUSÕES

O estudo destaca a importância da incorporação da ACV a outras ferramentas de avaliação de impacto para auxiliar na tomada de decisão dos gestores das empresas de saneamento, visto que a maioria dos estudos neste setor envolve apenas os sistemas de tratamento de águas residuárias. Como esperado, a ACV confirma que os benefícios ambientais da redução das perdas de água e energia irão aumentar à medida que a eficiência do

sistema aumenta. Os resultados mostram que as ações de melhoria que começam de uma alta eficiência do abastecimento de água são significativamente positivas para o meio ambiente. Ao diminuir reduções de perdas e energia, foi possível perceber de fato que as ações são claramente benéficas ao meio ambiente e ao setor de saneamento.

O aumento da eficiência energética dos sistemas de abastecimento de água representa uma oportunidade significativa para reduzir o consumo de energia elétrica, aumentar a produtividade e reduzir a emissão de gases de efeito estufa. A redução do índice de perdas leva à diminuição na necessidade de produção de água que, por sua vez, implica na redução do consumo de energia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro. 2009a.
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro: 2009b.
3. ADEDEJI, K. B.; HAMAM, Y.; ABE, B. T.; ABU-MAHFOUZ, A. M. Pressure management strategies for water loss reduction in large-scale water piping networks: A review. *Advances in Hydroinformatics*, p. 465-480, 2018.
4. BASHEER, M.; ELAGIB, N. A. Sensitivity of water-energy nexus to dam operation: a water-energy productivity concept. *Science of the Total Environment*, v. 616-617, p. 918- 926, 2018.
5. BEZERRA, S. T. M; SILVA, S. A, GOMES, H. P; SALVINO, M. M. Energy savings in pumping systems: application of fuzzy system. *Science & Engineering Journal*, p. 71-78, 2015.
6. D'ERCOLE, M; RIGHETTIA, M; UGARELLIB, R. M; BERARDIC, L; BERTOLAD, P. An integrated modeling approach to optimize the management of a water distribution system: improving the sustainability while dealing with water loss, energy consumption and environmental impacts. *Procedia Engineering*, v. 162, p. 433-440, 2016.
7. GARFÍ, M; CADENA, E; SANCHEZ-RAMOS, D; FERRER, I. Life cycle assessment of drinking water: comparing conventional water treatment, reverse osmosis and mineral water in glass and plastic bottles. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 997-1003, 2016.
8. GODSKESEN, B.; HAUSCHILD M.; ALBRECHTSEN J.; RYGAARD, M. ASTA - a method for multi-criteria evaluation of water supply technologies to assess the most sustainable alternative for Copenhagen. *Science of the Total Environment*. v. 618, p. 399-408, 2018.
9. JEONG, H; BROESICKE, O. A; DREW, B; CRITTENDEN, J. Life cycle assessment of small scale greywater reclamation systems combined with conventional centralized water systems for the City of Atlanta, Georgia. *Journal of Cleaner Production*, v. 174, p. 333-342, 2018.
10. JUNIOR, O.B; BARBOSA, P. S. F; DE BARROS DEANTONI, V. Variáveis relativas a eficiência energética em estações elevatórias de água. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 12, n. 4, 2016.
11. MERON, N; BLASS, V; GARB, Y, KAHANE, Y, THOMA, G. Why going beyond standard LCI databases is important: lessons from a meta-analysis of potable water supply system LCAs. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 21, n. 8, p. 1134-1147, 2016.
12. NESSI, S; RIGAMONTI, L; GROSSO, M. LCA of waste prevention activities: a case study for drinking water in Italy. *Journal of environmental management*, v. 108, p. 73-83, 2012.
13. OIKONOMOU, K; PARVANIA, M. Optimal coordination of water distribution energyflexibility whit power systems operation. *IEEE Transaction on Smart Grid*, 2018.
14. PILLOT, J; CATEL, L; AUGÉARD, B; ROUX, P. Up to what point is loss reduction environmentally friendly?: The LCA of loss reduction scenarios in drinking water networks. *Water Research*, v. 104, p. 231-241, 2016.
15. PRÉ CONSULTANTS. Introduction to LCA with SimaPro 8. Califórnia, 2016.

16. RACOVICIANU, A. I; KARNEY, B.W; ASCE; M; KENNEDY, C.A; COLOMBO, A.F. Lifecycle energy use and greenhouse gas emissions inventory for water treatment systems. *Journal of Infrastructure Systems*, v. 13, n. 4, p. 261-270, 2007.
17. RODRIGUEZ, O. O. O; VILLAMIZAR-GALLARDO, R. A; GARCÍA, R. G. Life cycle assessment of four potable water treatments plants in northeastern Colombia. *Revista Ambiente & Agua*, v. 11, p. 268, 2016.
18. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2015. Ministério das Cidades, 2017.
19. UCHE, J; MARTÍNEZ-GRACIAA, A; CÍREZ, F; CARMONA, U. Environmental impact of water supply and water use in a Mediterranean water stressed region. *Journal of Cleaner Production*, v. 88, p. 196-204, 2015.