



9650 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA EM UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ATRAVÉS DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

Lucas Caitano da Silva⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil, UFPE, Campus Agreste.

Sabrina da Silva Corrêa⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Civil, UFPE, Campus Agreste.

Saulo de Tarso Marques Bezerra⁽³⁾

Professor Titular, UFPE, Campus Agreste.

Armando Dias Duarte⁽⁴⁾

Mestrando em Engenharia Civil, UFPE, Campus Agreste.

Isaura Macedo Alves⁽⁵⁾

Mestranda em Engenharia Civil, UFPE, Campus Agreste.

Endereço⁽¹⁾: Rua Águas Belas, 345 – Boa Vista - Caruaru - Pernambuco - CEP: 55038480 - Brasil - Cel: +55 (81) 97900-7852 - e-mail: lucas.caitano@gmail.com

RESUMO

O aumento da eficiência energética dos sistemas de distribuição de água representa uma oportunidade significativa para reduzir o consumo de energia elétrica e dos custos de operação e manutenção, o aumento da produtividade e a redução da emissão de gases de efeito estufa – GEE. Nas últimas décadas, impulsionados pela diminuição da disponibilidade hídrica, há a necessidade de sustentabilidade ambiental e pelo aumento dos custos com energia, as empresas de saneamento buscam a eficiência dos seus processos de captação e distribuição. O presente trabalho tem como objetivo aplicar a ferramenta da Avaliação do Ciclo de Vida – ACV, para quantificar a intensidade energética e as emissões de GEE do sistema de abastecimento de água na cidade de Caruaru – PE. Foi observado que a eletricidade foi o parâmetro com maior participação nos impactos gerados nas categorias escolhidas para o estudo, 94,08% na categoria de Mudança climática, 64,87% na Depleção da camada de ozônio e 72,83% e na Toxicidade humana. Isso se deve ao fato do alto consumo de energia na etapa de adução da água. 92,19% dos mais de 40,5 milhões de kWh de energia consumida é destinada para a adução.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água, Avaliação do Ciclo de Vida, Impactos Ambientais.

INTRODUÇÃO

Devido à variação climática dos últimos anos, o que causou escassez de chuvas em várias partes do país, a sociedade tem enfrentado um grande problema quanto à disponibilidade nos recursos hídricos. Um grande exemplo disso é a barragem de Jucazinho, localizado no estado de Pernambuco, que no ano de 2015 entrou no seu volume morto até finalmente, em 2016, chegar em seu colapso declarado pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Existe uma forte interdependência entre água e energia, principalmente nas suas etapas de produção. A energia é necessária para captação, distribuição e tratamento de água. Já a água é imprescindível na extração de combustíveis fósseis, cultivo de biocombustíveis e refrigeração das termelétricas. A dificuldade de disponibilidade e alto custo de cada um desses recursos podem interferir na viabilidade econômica do desenvolvimento dos recursos energéticos ou hídricos. A baixa disponibilidade de água pode afetar a produção de energia em usinas hidrelétricas ou de outros recursos energéticos, analogamente, a carência energética pode inibir a captação, adução e tratamento de água nos sistemas de distribuição de água. Uma análise dessa ligação entre água e energia pode auxiliar nas decisões de gerenciamento desses recursos, além de incentivar uma conscientização pública (Healy RW *et al.* 2015).

De acordo com a vigésima primeira edição do “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos”, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, referente ao ano de 2015, o índice de perdas de água na



distribuição é de 36,7% de todo o volume produzido. As perdas nos sistemas implicam num desperdício de energia elétrica usado no tratamento, além do prejuízo no faturamento das empresas responsáveis. (GOMES, 2005). Estima-se que as companhias de água consomem 2 a 10% de todo o consumo de energia elétrica de um país (Pelli & Hitz, 2000). No Brasil, o setor de água e esgoto consome cerca de 2,5% do consumo total de eletricidade, o equivalente a mais de 10 bilhões de kWh/ano, dos quais cerca de 90% dessa energia é consumida pelos conjuntos motor-bomba (Bezerra *et al.* 2015). Ao longo da vida útil dos projetos é comum que os custos com energia elétrica dos sistemas de bombeamento excedem os custos de investimento das instalações. Analisando pelo aspecto ambiental, a produção dessa energia desperdiçada pode acarretar na emissão desnecessária de gases efeito que causam impactos em grande escala na variação climática (SNIS, 2016).

É possível que apenas com a instalação de programas com a finalidade do uso eficiente da energia elétrica e da redução das perdas de água, novos custos com ampliação de sistemas sejam descartados, já que há um melhor aproveitamento da infraestrutura civil e eletromecânica existente. Além disso, esses programas possibilitam um retorno financeiro maior, devido a diminuição dos encargos de produção de água (SNIS, 2016).

Devido ao aumento da preocupação com impactos ambientais causados por sistemas de produtos manufaturados ou serviços, há um interesse em buscar e aplicar métodos de avaliação desses sistemas, afim de entender os impactos associados e formas de diminuí-los, e com o propósito de diminuir a degradação ambiental. Uma das técnicas em desenvolvimento é a Avaliação do Ciclo de Vida – ACV (ABNT, 2009 a).

Este trabalho teve como objetivo o estudo de 1 m³ de água tratada através da ferramenta de ACV, onde foram levados em consideração o processo de captação e tratamento em uma Estação de Tratamento de Água – ETA localizada na cidade de Caruaru – PE.

OBJETIVO

Considerando a importância do setor de saneamento para o desenvolvimento social e econômico do Agreste Pernambuco, o elevado consumo de energia elétrica do setor e os potenciais impactos ambientais associados à produção e distribuição de água na região, a presente pesquisa tem por objetivo aplicar a Avaliação do Ciclo de Vida – ACV para quantificar os impactos causados pelas etapas de captação, adução e tratamento de água.

METODOLOGIA UTILIZADA

ESTUDO DE CASO

A cidade de Caruaru está cerca de 130 km a oeste do Recife. Situada na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca e do Rio Capibaribe, possui clima semiárido, com verões quentes e secos e invernos amenos e relativamente chuvosos. A Empresa responsável pelo abastecimento da cidade é a Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. A captação de água é feita nas bacias do rio Capibaribe, do Una e, recentemente, do rio Pirangi. A etapa de tratamento se concentra na mesorregião do agreste de Pernambuco e na microrregião do Vale do Ipojuca. O sistema responsável pela adução de água bruta se principia no reservatório do Prata, localizado na cidade de Bonito, e conclui-se em Caruaru nas duas Estações de Tratamento de Água – ETA, a ETA Petrópolis e ETA Salgado. Para o presente estudo, a análise será realizada na ETA Petrópolis.

O sistema de abastecimento de água de Caruaru, conforme (Figura 1), é formado por um reservatório, as adutoras que interligam e as duas ETAs, e está em operação desde o ano de 2015.

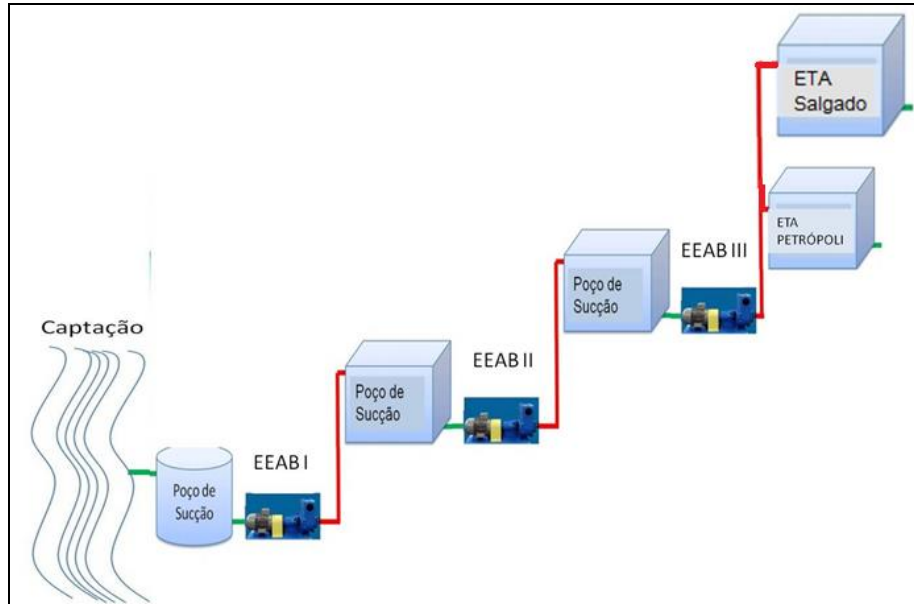


Figura 1: Esquema do Sistema de Abastecimento de Água de Caruaru.

O reservatório do Prata possui capacidade de armazenamento de 42.100.000 m³. Em 2016, o reservatório foi responsável pelo abastecimento de cerca de 550 mil pessoas em seis cidades: Agrestina, Altinho, Cachoeirinha, Caruaru, Ibirajuba, Santa Cruz do Capibaribe. A barragem foi construída em 1998 no rio Una, inserida em uma bacia hidrográfica de 151 km².

O sistema tem sua captação feita por gravidade em uma adutora com comprimento de, aproximadamente, 100 metros, onde destina a água para a primeira Estação Elevatória de Água Bruta - 01 (EEAB-01), situada próxima à barragem. A vazão captada é em torno de 700 L/s. Da EEAB-01 a água bruta é transportada para EEAB-02 e em seguida para EEAB-03 que finaliza nas ETAs em Caruaru.

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ACV

A pesquisa adota a NBR ISO 14.040 (ABNT, 2009 a) e NBR ISO 14.044 (ABNT, 2009 b) como procedimentos metodológicos. Será utilizado o software de ACV desenvolvido pela empresa holandesa Pré Consultant, SimaPro® (versão *Facuty*), que segue as fases descritas pela ISO 14040/2009. A avaliação será caracterizada como sendo “Do berço-ao-portão” (*cradle-to-gate*).

A metodologia da ACV, baseada nas normas da série ISO 14.040/2009, preconiza a definição do objetivo e escopo, que devem ser bem definidos e consistentes com a aplicação pretendida.

Objetivo da ACV: Avaliar os potenciais impactos ambientais associados ao ciclo de vida do sistema de abastecimento de água da cidade de Caruaru – PE.

Escopo da ACV: O escopo foi definido para assegurar a extensão do estudo para que sejam compatíveis e suficientes para atender o objetivo estabelecido na NBR ISO 14040/2009.

- Sistema Estudado – Sistema adutor do Prata e a Estação de Tratamento de Água ETA Petrópolis;
- Unidade Funcional - A unidade funcional foi definida como o volume de 1 (um) metro cúbico (m³) de água tratada;
- Fronteira do Sistema - Serão avaliados os impactos decorrentes da fase de captação de água e operação da ETA. A fronteira do sistema, conforme a Figura 2 será delimitada a captação de água bruta e ao tratamento de água que incluem os seguintes aspectos: consumo de energia elétrica, utilização de produtos químicos, transporte dos produtos químicos.

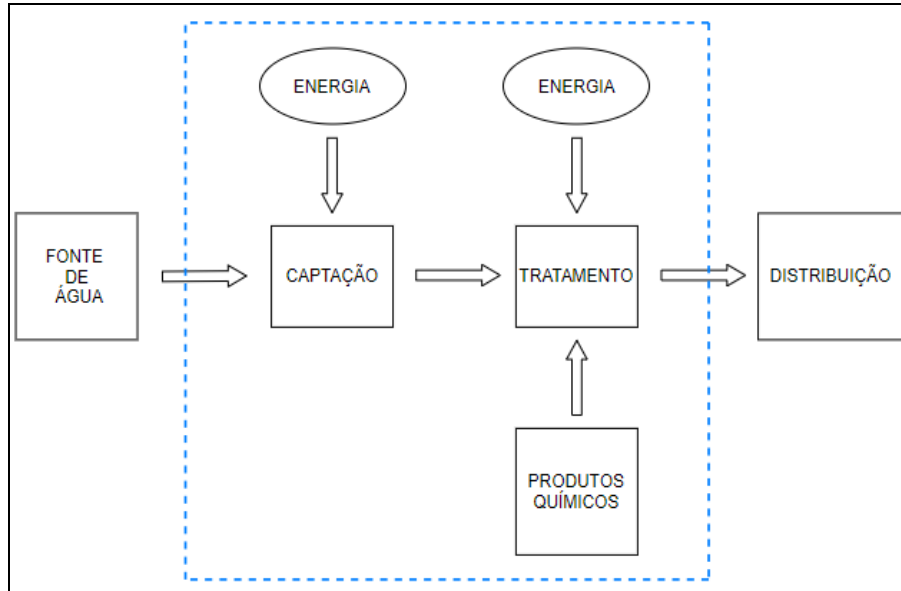


Figura 2: Fluxograma da fronteira do sistema estudado. Fonte: O autor

INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

A coleta dos dados operacionais do sistema de abastecimento de água em estudo foi realizada diretamente com a empresa de distribuição de água COMPESA. Onde foram inventariados o consumo de energia elétrica e produtos químicos conforme a fronteira do sistema.

Para o ICV dos produtos químicos, foram levados em consideração a quantidade utilizada para o tratamento de 1 m^3 de água, com a quantificação Cloro Liquefeito e o Sulfato Líquido em quilograma por metro cúbico (Kg/m^3). Para o ICV do consumo de energia elétrica, dados estes que foram adquiridas das Unidades Setoriais da ETA Petrópolis no consumo total de energia no período de 01 (um) ano. Os dados são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Inventário de dados levantados para o período de 1 ano.

PARÂMETROS	QUANTIDADE	UNIDADE
Cloro Liquefeito	144.000	kg
Sulfato Líquido	879.140	kg
Energia	40.521.184,28	kWh

RESULTADOS OBTIDOS

De posse dos dados, foi utilizado *software* Simapro® para realizar o estudo e o método de análise escolhido foi o *ReCiPe Midpoint (I) – World Recipe I*. As categorias de impacto foram escolhidas de acordo com a temática do estudo que levou em consideração a mudança climática, depleção da camada de ozônio e a toxicidade humana. Os resultados obtidos dos impactos para o tratamento de 1 m^3 de água estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Resultado dos impactos para o período de 1 ano.

CATEGORIA DE IMPACTO	UNIDADE	TOTAL	CLORO LÍQUIDO	SULFATO DE ALUMÍNIO	ELETRICIDADE
Mudança Climática	kg CO ₂ eq	14.282.583,65	201.635,2989	644470,7723	13.436.477,58
Depleção da Camada de Ozônio	kg CFC-11eq	0,391743392	0,10173227	0,035870244	0,254140878
Toxicidade Humana	kg 1,4-DBeq	168.890,117	14.329,31463	31.561,91261	122.998,8898



A Figura 3 representa a participação de cada parâmetro nas três categorias de impacto: mudança climática, depleção da camada de ozônio e toxicidade humana.

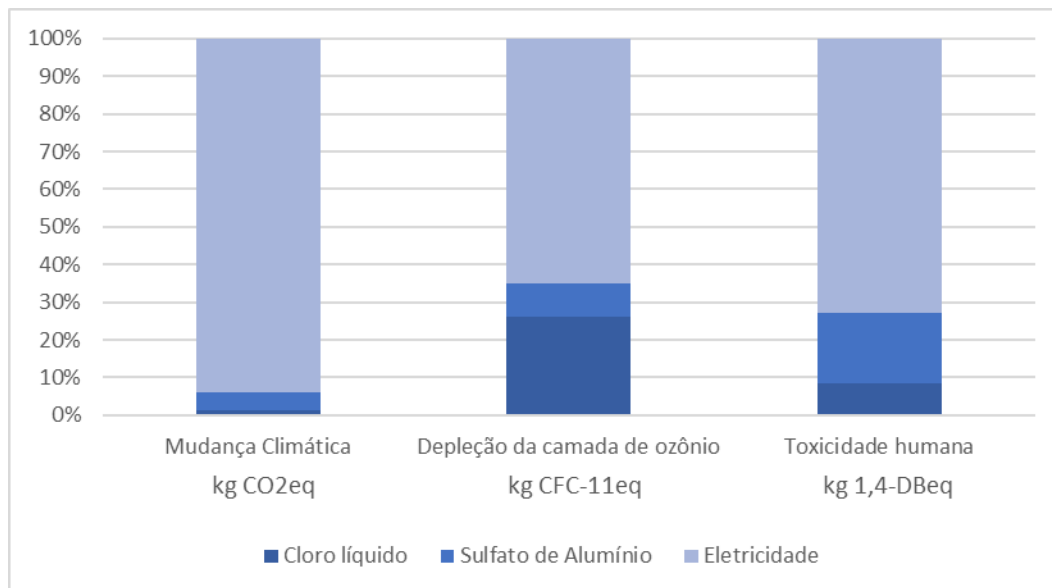


Figura 3: Contribuição dos impactos de cada parâmetro.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Observou-se que o Cloro Líquido teve irrisória participação nas emissões de CO₂eq (1,41%) na categoria de mudanças climática, mas considerável contribuição para emissões de Clorofluorcarbonetos (CFCs) sendo responsável por 25,97%. Já o Sulfato de Alumínio foi a causa de 18,69% das emissões de diclorobenzeno equivalente. A emissão de mercúrio no ar também foi observada com maior relevância para esse parâmetro,

Nas três categorias, a Eletricidade foi o parâmetro com maior participação nos impactos gerados, 94,08% na mudança climática, 64,87% na depleção da camada de ozônio e 72,83% em toxicidade humana. Isso se dá devido ao grande consumo de energia na etapa de adução da água. 92,19% dos mais de 40,5 milhões de kWh de energia consumida é destinada para a adução. O reflexo disso nos impactos se dá devido grande parte da geração de energia elétrica ser por meio de termoelétricas. Esse tipo de matriz energética, ao queimar combustíveis fósseis, libera diversos gases nocivos ao meio ambiente.

CONCLUSÃO

Devido à escassez hídrica que o nordeste brasileiro enfrenta, as eficiências hidráulica e energética se fazem cada vez mais necessárias nos processos de produção e distribuição de água. A utilização sustentável desses recursos apresenta-se de necessidade vital para a sobrevivência humana.

O fator principal deste trabalho é levantar a discussão para a nocividade ambiental que o sistema de abastecimento de água pode causar, evidenciando principalmente as consequências de uma baixa eficiência energética. Pretendendo, também, estimular o uso do ACV no campo de abastecimento de água para finalidades acadêmicas, afim de diminuir a escassez de trabalhos disponíveis na literatura e apresentar essa metodologia cada vez mais a sociedade para impulsionar na busca por alternativas de processos com menores impactos ambientais.

Com a interpretação desses resultados, é possível chegar na conclusão que uma menor demanda energética pode implicar numa diminuição também de custos para a empresa responsável e de degradação ao meio ambiente.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE pelo apoio a realização da pesquisa.

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. BEZERRA, S; T. M.; SILVA, S. A.; GOMES, H. P.; SALVINO, M. M. *Energy Savings in Pumping Systems: Application of a Fuzzy System. Ciência & Engenharia*, v. 24, p. 71-78, 2015.
4. COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. Diagnóstico técnico-operacional do SSA de Caruaru/PE. Sistema Jucazinho e Prata. Junho, 2015.
5. ELORRI, Igos; DALLE, Alice; TIRUTA-BARNA, Ligia; BENETTO, Enrico; BAUDIN, Isabelle; MERY, Yoann. *Life Cycle Assessment of watertreatment: what is the contribution of infrastructure and operation at unit process level? Journal of Cleaner Production*, v. 65, pp.424-431, fev. 2014.
6. GOMES, Helber P. Eficiência hidráulica e energética em saneamento. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Rio de Janeiro–RJ, 2005.
7. HEALY, Richard W. et al. *The water-energy nexus: an earth science perspective*. US Geological Survey, 2015.
8. PELLI, T.; HITZ, H. U. *Energy Indicators and Savings in Water Supply. Journal AWWA*, v. 92, p. 55-62, 2000.
9. PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico. Mais saúde com qualidade de vida e cidadania. Ministérios das Cidades. Brasília, 2013.
10. SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Ministério das Cidades, 2015.
11. SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Ministério das Cidades, 2016.