



XI-026 - SAAE ALAGOINHAS: AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E DAS EMISSÕES DE GEE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Camila Leal Vieira⁽¹⁾

Engenheira Civil. Mestranda do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental / UEFS.

Valeria Figueiredo Lima⁽²⁾

Engenheira Civil. Mestranda do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental / UEFS.

Eduardo Henrique Borges Cohim Silva⁽³⁾

Professor Adjunto, DTEC (UEFS). Doutor em Saneamento e Sustentabilidade Ambiental, UFBA.

Diego Medeiros⁽⁴⁾

Mestre em Engenharia Industrial, UFBA.

Endereço⁽¹⁾: Av. Transnordestina, s/n - Bairro Novo Horizonte. LABOTEC II, Módulo III - Sala 21. CEP. 44.036-900 – Feira de Santana – BA. Brasil - Tel: (75)3161-8310 E-mail: camila.leal@outlook.com.br

RESUMO

O principal objetivo deste estudo é utilizar a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida para realizar uma análise ambiental do sistema de abastecimento de água da cidade de Alagoinhas – BA, (cenário 01). Foram consideradas as etapas de captação, tratamento e distribuição, e a unidade funcional adotada foi 1m³ de água efetivamente consumido. Os impactos ambientais avaliados foram demanda de energia e as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Na categoria de demanda de energia acumulada, o sistema consumiu 1,74 KWh/m³ de água efetivamente consumida. Para a categoria de impacto escolhida no método IPCC (2013) 100 anos as emissões de GEE do SAA de Alagoinhas foi de 0,271 KgCO₂eq/m³ de água efetivamente consumida. Ou seja, o sistema emite cerca de 1.168.473,23 de KgCO₂eq/mês. Este estudo também propõe cenários possíveis para melhorar o desempenho ambiental do sistema, por meio da redução do índice de perdas de água e do consumo de energia elétrica, uma vez que este insumo é o principal responsável por aproximadamente 80% dos impactos gerados.

PALAVRAS-CHAVE – Avaliação de Ciclo de Vida, Abastecimento de água, Energia.

INTRODUÇÃO

Por causa da rápida urbanização, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, a demanda por água deve crescer 55% no mundo até 2050, segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos 2015 – Água para um mundo sustentável. Ao mesmo tempo, o uso da água está além dos níveis sustentáveis, o Relatório de Avaliação Ecológica do Milênio estimou, com baixa a média certeza, que esse limite já era excedido em 5 a 25% (MEA, 2005).

Em muitos países, esforços, no sentido de satisfazer a crescente demanda urbana por saneamento, estão sendo empreendidos por diversos setores de distribuição de água urbana. Os sistemas de saneamento atuais se deparam com grandes entraves que colocam ainda mais em evidência o uso da água enquanto recurso finitamente disponível, o sustento dos ecossistemas e o consequente bem estar humano em situação de risco. Portanto, a análise destes problemas possibilita uma visão crítica, a busca por novas formas de sanear e soluções que preservem os benefícios gerados pelo setor, mas preze pela preservação dos recursos naturais.

Em 2014, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 485,2 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂-eq) (BEN, 2015). De acordo com Way (2010), água e energia estão intrinsecamente ligadas. No saneamento, a energia está incorporada em todas as etapas desde a adução, o tratamento, a reserva e a distribuição até a coleta e tratamento de esgoto. Segundo James apud Portela e Cohim (2013), cerca de 2 a 3% da energia produzida no mundo é utilizada no bombeamento e tratamento de água.

Dados do Balanço Energético Nacional (BEN, 2014) indicam que a energia total consumida no Brasil, no ano de 2013, foi de 296,2 Mtep, registrando uma taxa de crescimento de 4,5%. Enquanto que no saneamento, segundo o SNIS (2013), o consumo de energia foi de 11,08 TWh, ou seja 0,32% de toda energia consumida no país neste ano, desse total, cerca de 90% do consumo é destinado ao acionamento dos conjuntos motor bomba (PROSAB, 2009). O consumo de energia provoca impacto, dentre os mais importantes estão às emissões de CO₂ e CH₄.

De acordo com Portela (2013), a produção de água potável é relativamente intensiva no uso de eletricidade, demandando, no Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Feira de Santana, 1,91 kWh/m³, equivalente a mais de 20% do consumo de energia de uma residência. Num trabalho de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do sistema de abastecimento de água de Feira de Santana - BA realizado por Guanais (2014), na categoria de demanda de energia acumulada, o sistema de água de Feira de Santana consome 3,51 KWh/m³ de água efetivamente consumida.

Diante do aumento da demanda por água e energia, se torna cada vez mais prioritária a utilização racional e eficiente destes recursos energéticos existentes. Neste sentido, análises do consumo, em todas as fases dos sistemas de água, são imprescindíveis para a identificação e mitigação das ineficiências no setor, bem como, consequentemente, indispensável para a redução do consumo de energia.

Assim, a Avaliação do Ciclo de Vida - ACV se mostra como uma potencial ferramenta que proporciona uma visão integrada dos aspectos ambientais, bem como, dos principais impactos associados a um serviço ou produto, tornando-se possível a análise da cadeia produtiva, o que indica melhores possibilidades de escolhas das matérias-primas e fontes energéticas que levem a uma diminuição de emissões e resíduos gerados.

Embora a avaliação do sistema de abastecimento de água, numa perspectiva de análise do ciclo de vida, leve em conta três estágios: construção, operação e demolição, Buckley et al. 2011 afirma que o impacto ambiental devido as fases de construção e demolição é mínimo. Por isso, considerando-se ainda as limitações de ordem prática, este estudo irá avaliar a intensidade energética e as emissões de gases de efeito estufa em sistemas de abastecimento de água somente na fase de operação, o que retrata a vida útil do sistema de abastecimento de água, tomando como estudo de caso, o sistema de abastecimento de água de Alagoinhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema de abastecimento de água de Alagoinhas é 100% por meio de captação subterrânea, proveniente de poços profundos que suprem a demanda de toda a cidade. É constituído por duas estações de captação (Sobocó e Cavada), que atende 77% da população e por mais 10 sistemas independentes, responsáveis pelo abastecimento do restante da população na zona urbana. Cada sistema independente é composto por um poço subterrâneo, equipado com conjunto motobomba, quadro de comando e reservatório próprio, enquanto nos SAAs Sobocó e Cavadas há uma estrutura mais complexa, com parque de captação contendo vários poços, reservatório apoiado, casa de química, etc.

A água bruta apresenta boa qualidade, requerendo como tratamento a sua desinfecção, com cloro gasoso, e correção de pH, com a utilização de cal hidratada. Adicionalmente é aplicado flúor (Fluossilicato de Sódio) à água distribuída. A produção de água total prevista para os SAAs de Alagoinhas no ano 2015 situou-se em 7.259.889,7m³ para o SAA Sobocó, 3.488.703,8m³ para o SAA Cavadas, e 3.240.639,7m³ para os SAAs independentes. Há sistemas de abastecimento privados, também partir de captações subterrâneas, sem interveniência do SAAE, por parte de grandes consumidores dos quais se destacam a Cervejaria Schincariol,etrobrás, e a indústria Brespel.

A seguir a Figura 1.a esquematiza os componentes que compõem os SAAs simplificados de Alagoinhas, independentes na área urbana e rural. Já a Figura 1.b representa a estação de captação de Sobocó, única que possui reservatório de compensação (sobras). Isso ocorre porque nesse SAA a água tratada é bombeada diretamente na rede.

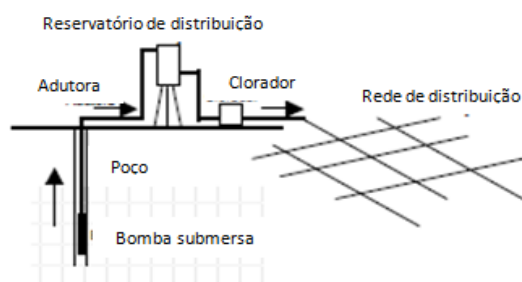


Figura 1-a. Esquema dos SAA simplificados de Alagoinhas

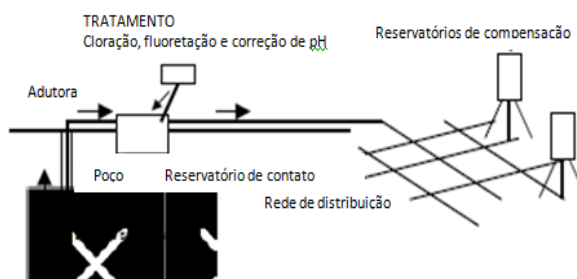


Figura 1-b. Esquema dos componentes do SAA Sobocó

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE de Alagoinhas possui 58.554 ligações de água e abastece 99% da população urbana, em janeiro de 2015 foram gastos com a captação e tratamento de água, e operação do SAAE 509.800Kwh, sendo o custeio de energia elétrica um item bastante representativo. O fato de o sistema operar ininterruptamente 24h/dia justifica esse gasto. Atualmente o SAAE opera com um índice de perdas da ordem de 41,6% (SAAE, 2015). Esse valor não é muito diferente da média nacional, mas é bastante elevado se comparado com sistemas de países desenvolvidos. De qualquer forma esse é um valor que deve ser reduzido para garantir um melhor desempenho do sistema como um todo.

Com a proposta de minimizar os impactos ambientais decorrentes da operação do sistema de abastecimento de água de Alagoinhas, serão propostos cinco cenários para comparação de acordo com alterações nos fluxos de entrada e saída. O cenário de referência corresponde às condições atuais do sistema estudado que possui um índice de perda física de 41,6%. No primeiro cenário, admitiu-se que o índice de perdas no sistema passaria a ser 31,2% (redução de 25%). Já o segundo cenário, mais otimista, considerou-se que as perdas de água no sistema seriam de 20%, de acordo a meta do Plano Estadual de Recursos Hídricos para o ano de 2020. O terceiro cenário, mais conservador, admitiu apenas a redução em 15% no consumo de energia elétrica. Para o quarto cenário admitiu-se 31,2% de perdas, juntamente com uma redução de 15% do consumo de energia elétrica, e no quinto cenário a redução de 20% nas perdas de água e de 15% no consumo de energia elétrica.

O modelo aplicado a esse estudo é a ACV atribucional, uma vez que o sistema avaliado pode ser observado/medido e liga os processos individuais dentro da tecnosfera ao longo do fluxo de matéria, energia e serviços. A técnica de avaliação é baseada na NBR ISO 14040 (2009a) e NBR ISO 14044 (2009b). Como objetivo do trabalho, temos a avaliação dos potenciais impactos ambientais associados ao ciclo de vida do berço ao portão do SAA de Alagoinhas, e para isso a unidade funcional adotada será 1m³ de água efetivamente consumida. O método utilizado para a seleção, classificação e caracterização das emissões e outros impactos ambientais, foi o método CED (Cumulative Energy Demand) e o método IPCC (2013) 100 anos. A escolha dos métodos se justifica pelo fato de que o uso de energia contribui para o esgotamento de recursos e a degradação ambiental. Além disso, o estudo de inventários do uso de energia reduz os esforços na coleta de dados necessários para um ICV completo (GUANAIS, 2014).

A fronteira do sistema foi delimitada pela captação da água bruta até a distribuição de água na porta do consumidor que incluem os seguintes aspectos: consumo de energia elétrica, utilização de produtos químicos, tubos substituídos e transporte. Para isso foram avaliados apenas os encargos energéticos decorrentes da fase de operação, sendo excluída, portanto, as fases de implantação e fim de vida. Segundo Racoviceanu et al (2007), o impacto ambiental decorrente dessas etapas é menor que 5%, considerado insignificante. Amores et al. (2013) consideraram que os tubos têm um valor significativo sobre os impactos dos sistemas urbanos de água, além disso o material de fabricação desses tubos possuem grandes encargos energéticos. Por isso a substituição dos tubos utilizados na rede de distribuição de água foi considerada nesse estudo.

Os dados coletados para o estudo (volume produzido, quantidade de produtos químicos utilizados) foram do mês de janeiro de 2015, e foram cedidos pelo SAAE de Alagoinhas. Para o volume de água efetivamente consumido foi considerado o volume produzido menos as perdas físicas do sistema de distribuição. O dado do

consumo de energia elétrica foi obtido através da conta emitida pela Coelba (concessionária de energia elétrica). O fato do consumo energético não estar discriminado pelas etapas do tratamento, faz com que seja feito um inventário único de todas as etapas. A tabela 1 apresenta uma relação com os principais dados utilizados para a avaliação energética e das emissões de gases de efeito estufa do SAA de Alagoinhas.

Tabela 1 - Volume produzido, consumo energético e produtos químicos utilizados no tratamento de água no SAAE - Janeiro de 2015.

DADOS	QUANTIDADES	UNIDADES
Volume produzido	1.149.891	m ³
Perdas físicas	41,60%	-
Consumo energia	509.800	Kwh
Cal hidratada	8.300	Kg
Cloro gasoso	1.015	Kg
Ácido Fluocilísico	2.019	Kg

Não foi inventariado o hipoclorito de sódio, pois esse insumo não possui banco de dados no Ecoinvent® 3.0. A informação do local de fabricação dos produtos químicos foi obtida nas notas fiscais de compra dos produtos disponíveis no escritório local do SAAE de Alagoinhas. Esses dados estão listados na Tabela 2 a seguir. As distâncias consideradas para os transportes foram do local de fabricação dos insumos para o escritório local.

Tabela 2 - Dados do local de fabricação dos produtos químicos utilizados no tratamento de água do sistema estudado.

PRODUTO QUÍMICO	FORNECEDOR	DISTÂNCIA (Km)	LOCAL
Cal hidratada	Quality Cal	231	Euclides da Cunha – BA
Cloro gás	Aqua Servic	76,3	Camaçari – BA
Ácido Fluocilísico	Pluriquímica	93,1	Simões Filho - BA

O total em ton.Km dos transportes dos produtos químicos foi de 2.182,72 ton.Km.

O local de fabricação dos tubos considerado foi a fabricação mais próxima do sistema estudado. Foram considerados os tubos em PVC fabricados pela empresa Tigre tubos e conexões, localizada na cidade de Camaçari-Ba que está a 76,3 km do sistema. Para as informações da massa dos tubos substituídos devido a danos na rede de distribuição, admitiu-se a mesma consideração feita por Guanais (2014), onde se prevê uma taxa anual de substituição de 3% da extensão total da rede e assumiu-se uma condição média dos tubos de 75 mm e o material de composição o policloreto de vinila (PVC). Para a massa dos tubos, considerou-se o valor encontrado no catálogo da Tigre (2013) que é 1,54Kg/m. O cálculo da massa da tubulação substituída é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3- Cálculo da massa de tubos substituídos.

TUBULAÇÃO	UNIDADE
Comp. da tubulação	425.000 m
Massa por metro	1,54 Kg/m
Taxa de substituição	3%
Comp. substituído	12.750 m
Massa	1.636,25 Kg

Para os dados das informações da energia embutida e emissão de dióxido de carbono equivalente da produção dos produtos químicos e tubos, e transporte dos materiais foram utilizados dados secundários oriundos do banco de dados do Ecoinvent®. Partiu-se do pressuposto que todos os transportes foram de caminhão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de energia foi selecionado como um indicador de impacto para propor cenários de redução das perdas de água no sistema de abastecimento de água potável e, conseqüentemente, de emissão de CO₂ em todo o ciclo de vida do sistema. Os resultados dos inventários do ciclo de vida foram usados para identificar os insumos com o maior impacto ambiental. A Tabela 4 apresenta o resultado da análise de inventário referente ao SAA de Alagoinhas.

Tabela 4 - Inventário Ciclo de Vida para 671.536,34m³ de água consumida/mês.

	QUANTIDADE	UNID	CED (KWh)	KWh/m ³	KgCO ₂ eq	KgCO ₂ eq/m ³
Eletricidade	509.800	Kwh	739.210	1,45	108.587,4	0,213
Cal hidratada	8.300	Kg	17,928	2,16 x10 ⁻³	4,0919	0,000493
Cloro gasoso	1.015	Kg	10,15	0,01	2,0503	0,00202
Ácido Fluocilísico	2.019	Kg	464,37	0,23	100,34	0,0497
Transporte	2.182,72	t.Km	5,50	2,52 x10 ⁻³	1,20	0,00055
Tubulação	1.636,25	Kg	33.576,82	0,05	3.364,40	0,00501
Total SAA Alagoinhas			1 168.473,23	1,74	181.986,35	0,271

A fim de comparar de forma consistente os insumos do sistema analisado, a estimativa do fluxo de energia e emissão de CO₂eq foi normalizada para a unidade funcional, ou seja, a quantidade de água potável efetivamente consumida mensalmente, expressa em metros cúbicos, selecionada de acordo com o objetivo principal do estudo. Os resultados dessa correlação para o CED e as emissões de CO₂eq. do SAA Alagoinhas estão apontadas na Tabela 4 acima.

Na categoria de demanda de energia acumulada, o sistema consumiu 1,74 KWh/m³ de água efetivamente consumida. Com esse resultado pode se afirmar que a energia incorporada na água consumida mensalmente em uma residência com quatro pessoas seria de 25,06 kWh, considerando o consumo de água per capita médio nesse SAA, igual a 120L. Esse valor representa mais de 21% do consumo mensal de energia em uma residência média em Feira de Santana no ano de 2013, que é igual a 118 kWh de acordo com os dados do SEI (2014). Em todas as etapas analisadas do SAA de Alagoinhas o valor do CED foi devido principalmente do consumo de energia elétrica responsável por 1,45 KWh/m³, seguido pelo valor de 0,023 KWh/m³ que é devido à substituição ao ácido fluocilísico.

Num estudo desenvolvido por Mass (2009), o resultado encontrado para o KWh/m³ de energia incorporada para poços de pequena capacidade (<1.000m³/dia), como é o caso dos poços do sistema estudado, foi de 2,18KWh/m³. Segundo dados do Plano Municipal de Saneamento Básico de Alagoinhas (2004), O maior número de poços (44,7%) apresentou vazão situada entre 20 e 40m³/h, enquanto 27,7% apresentaram vazão inferior a 20m³/h

A demanda acumulada de energia devido ao consumo de energia elétrica neste estudo pode ser atribuída à topologia do sistema onde há a necessidade de bombeamento para a captação e distribuição, praticamente não sendo empregada energia na etapa de tratamento. Diferentemente do sistema de tratamento de água da cidade de Feira de Santana, onde há a transposição de um obstáculo topográfico que requer uma altura manométrica

total superior a 120 mca. Além disso, o consumo de energia para o bombeamento das EETAs I e II, e bombeamento de água tratada para as redes de distribuição faz com que o resultado encontrado para o KWh/m³ de demanda de energia acumulada seja de 3,51. Vale ressaltar que Guanais (2014) utilizou o mesmo software, só que a com versão 2.0 do Ecoinvent. Os impactos ambientais resultantes do consumo de eletricidade não dependem apenas da quantidade de eletricidade consumida, mas também da matriz de eletricidade utilizada no banco de dados para os insumos inventariados.

Os resultados do valor da demanda de energia para o transporte dos produtos químicos e dos tubos nas etapas de tratamento e distribuição respectivamente foram insignificantes, visto que a distância média do local de produção dos insumos inventariados foi de 192,5 Km.

Para a categoria de impacto escolhida no método IPCC (2013) 100 anos as emissões de GEE do SAA de Alagoinhas foi de 0,271 KgCO₂eq/m³ de água efetivamente consumida. Ou seja, o sistema emite cerca de 1168.473,23 de KgCO₂eq/mês. Assumindo um consumo de 120L de água por pessoa dia resulta em aproximadamente 0,98 Kg CO₂eq./per capita mês. Deste valor 83% das emissões totais do sistema foram devido ao consumo de energia elétrica. Guanais (2014) encontrou para o SIAA de Feira de Santana o valor de 0,47 KgCO₂eq/m³.

Como o sistema estudado possui um nível elevado de perdas de água e o consumo de eletricidade foi identificado como o maior contribuinte para o CED e as emissões de GEE do SAA de Alagoinhas, os cenários de simulação foram estabelecidos a fim de minimizar de forma mais eficaz esses impactos. Cinco cenários de melhoria foram analisados em relação ao cenário de referência. No primeiro cenário ao reduzir as perdas de água para 31,2%, a quantidade de água captada para consumir 1 m³ de água potável seria reduzida de 1,71 m³ para 1,45 m³, consequentemente, haveria uma redução no consumo de energia elétrica, produtos químicos e combustíveis durante as fases. As emissões de GEE diminuiriam 15,3% (0,23 KgCO₂eq/m³) e a demanda acumulada de energia seria de 1,49KWh/m³. Já no segundo cenário, que apresenta um sistema mais eficiente, com 20% de perdas de água, houve uma redução de 26% nas emissões de GEE e na demanda de energia acumulada. O cenário 03 considera apenas a redução no consumo de energia elétrica, e pode ser alcançada com a troca dos conjuntos motobombas por outros mais eficientes. Neste cenário, o valor das emissões de GEE seria de 0,239 KgCO₂eq/m³ e a energia 1,541,54KWh/m³.

Já para o cenário quatro, onde seria incrementado ao cenário 01 (31,2% perdas de água) uma redução de 15% do consumo de energia elétrica, as emissões de GEE passariam a ser 0,203 KgCO₂eq/m³ e a demanda acumulada de energia seria de 1,30KWh/m³. O quinto e último cenário é o mais confiante, os valores percentuais das emissões e da energia diminuiriam aproximadamente 35%, chegando aos valores 0,174 e 1,12 respectivamente. Os cinco cenários de melhoria analisados em relação ao cenário de referência, e os resultados comparativos estão apresentados no gráfico 1 abaixo.

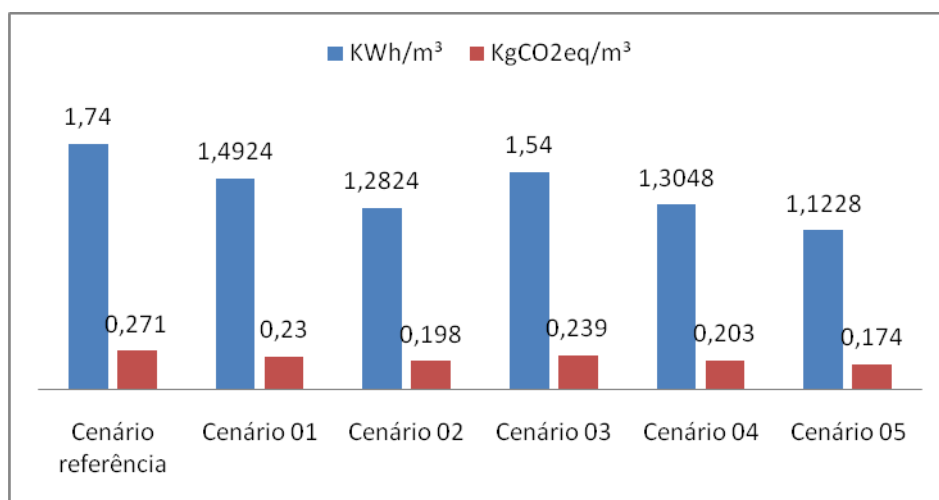


Gráfico 1- Gráfico comparativo dos Cenários propostos. FONTE: elaborado pelos autores.

CONCLUSÕES

A avaliação energética e de gases do efeito estufa no sistema de abastecimento de água da cidade de Alagoinhas apontou o consumo de energia elétrica como o principal contribuinte do impacto gerado para a produção de 1m³ de água. A condição atual do sistema, que apresenta 41,6% de perdas de água, também é um fator relevante para o aumento dos encargos ambientais associados às fases de captação, tratamento e distribuição de água, tanto pelo aumento do consumo produtos químicos, quanto pela maior demanda de eletricidade.

Como não houve acesso aos valores detalhados do consumo de energia em cada etapa do processo (captação, tratamento e distribuição), não foi possível identificar qual a etapa que mais demanda esse insumo. Os impactos associados ao transporte, como já mencionado anteriormente podem ser desconsiderados, pois seu valor ficou na ordem 10⁻³.

Sugeriu-se a simulação de cenários de melhorias, com o intuito de diminuir os impactos causados ao meio ambiente no fornecimento de 1m³ de água. Os resultados desta análise podem ser utilizados para facilitar a implementação de uma avaliação ambiental, para apoio à decisão dos gestores. Uma vez que a ACV nesse sistema, mostrou ser uma ferramenta de grande valia na avaliação das emissões de dióxido de carbono equivalente e da demanda acumulada de energia do SIAAFSA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALAGOINHAS. LEI 1.837. **Plano Municipal de Saneamento Ambiental**. 8 de dezembro de 2006.
2. AMORES, M. José. **Environmental assessment of urban water cycle on Environmental assessment of urban water cycle on Mediterranean conditions by LCA approach**. Journal of Cleaner Production, 2013. 43: 84-92
3. BRASIL, Ministério de Minas e Energia, **Balanço Energético Nacional - BEN**. 2013. In: <<
https://ben.epe.gov.br/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf>>
4. BRASIL, Ministério de Minas e Energia, **Balanço Energético Nacional - BEN**. 2014. In: <<
https://ben.epe.gov.br/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf>>
5. BUCKLEY, C. Friedrich, E., e BLOTTNITZ, von Harro. **Life-cycle assessments in the South African water sector: A review and future challenges**. Pollution Research Group, School of Chemical Engineering, University of KwaZulu-Natal, Durban 4041, South Africa. 2011.
6. GUANAIS, A. L. da S. R. **Avaliação energética e das emissões de gases de efeito estufa do sistema integrado de abastecimento de água de Feira de Santana**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, programa de Pós-graduação, 2014.
7. MAAS, C. **Greenhouse Gas and Energy Co-benefits of Water Conservation**. Polis Research Report.2009.
8. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT-MEA. **Ecosystem and Human Well-being**. Synthesis. Island Press. Washington DC. 2005.
9. PORTELA, Laís; COHIM, Eduardo.. **Avaliação da intensidade energética em sistemas de abastecimento de água: o caso de feira de santana**, 2013.
10. PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico) Caderno 5. Ano 2009. **Uso Racional de água e energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**.
11. RACOVICANU, A. et al. **Life Cycle Energy Use and Greenhouse Gas Emissions Inventory for Water Treatment System**, Journal of Infrastructure Systems, ASCE, 2007.
12. SNIS (2012) **DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTOS** – 2012. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. In:<<
<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=103>>>
13. UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION.- UNESCO. **Programa de Avaliação Mundial da Água das Nações Unidas – Água para um mundo sustentável**. Gabinete do Programa de Avaliação Global da Água Divisão de Ciências Hídricas. Perugia, Itália, 2015.