

XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA

Avaliação ambiental do tratamento doméstico de água de chuva

Gleiciellen Moreira dos Santos¹; Eduardo Borges Cohim²

RESUMO – A região semiárida nordestina, é naturalmente caracterizada por períodos de escassez prolongados. Desse modo, porções populacionais não contem acesso a água de qualidade, necessitando encontrar alternativas para captação da água. Tratando-se da região de interessse, as formas de obtenção de água variam, dentres estas encontram-se a captação em reservatórios, principalmente cisternas com acúmulo de água de chuva. Nesse sentido, a garantia da potabilidade do recurso nem sempre é possível, necessitando de aplicações de processos de desinfecção no âmbito doméstico. Em primeira análise, a fervura mostra-se como o método de maior disseminação no cenário doméstico rural. Outra alternativa é a desinfecção por radiação solar (SODIS) denominada Aqualuz, opção menos explorada em estudos porém, promissora no tocante a impactos socioambientais. Ademais, a cloração apresenta alta taxa de utilização no contexto desinfecção, ainda que comprovadamente impacte negativamente socioambientalmente. Outro tratamento notório é apartir do filtro cerâmico, que proporciona a potabilidade da água sem maiores acometimentos à saúde. Neste sentido, para o desenvolvimento da pesquisa a metodologia implementada será a Análise de Ciclo de Vida. Objetivando analisar de forma precisa qual tratamento resulta em menores impactos socioambientais, aplicando-se no contexto do Semiárido Baiano com ênfase na região ocupada com o bioma Caatinga, o qual será alcançado através da verificação do DALY associado a cada processo

ABSTRACT– The northeastern semi-arid region is naturally characterized by prolonged periods of scarcity. Thus, portions of the population do not have access to quality water, needing to find alternatives to capture water. In the case of the region of interest, the ways of obtaining water vary, among these are the capture in reservoirs, mainly cisterns with accumulation of rainwater. In this sense, guaranteeing the potability of the resource is not always possible, requiring the application of disinfection processes at home. In the first analysis, boiling appears to be the method with the greatest dissemination in the rural domestic scenario. Another alternative is disinfection by solar radiation (SODIS) called Aqualuz, an option less explored in studies, but promising in terms of socio-environmental impacts. In addition, chlorination has a high rate of use in the disinfection context, although it has proven to have a negative socio-environmental impact. Another notorious treatment is from the ceramic filter, which provides water potability without major health problems. In this sense, for the development of the research, the methodology implemented will be the Life Cycle Analysis. Aiming to accurately analyze which treatment results in lower socio-environmental impacts, applying it in the context of the semiarid region of Bahia with emphasis on the region occupied by the Caatinga biome, which will be achieved through the verification of the DALY associated with each process.

Gleiciellen Moreira dos Santos¹) Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, gleicemoreira2000@gmail.com
Eduardo Borges Cohim²) Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, edcohim@gmail.com

Palavras-Chave – Desinfecção; Água; Avaliação de ciclo de vida; Impactos socioambientais.

INTRODUÇÃO

O Brasil, apresenta alta disponibilidade de recursos hídricos, concentrando cerca de 12% da totalidade de água doce disponível mundialmente, no qual apenas 3% concentra-se na região Nordeste (BRASIL, 2017). No entanto, mesmo apresentando este percentual, cerca de 35 milhões de habitantes não dispõe do acesso a água tratada e de qualidade (EBC, 2018). Situação na qual a região semiárida encontra-se, sendo componente de cerca de 64% da região Nordeste, caracterizando-se por índices pluviométricos baixos e altas taxas de evapotranspiração, acentuando o quadro de escassez e degradando a qualidade das águas, por meio da eutrofização, salinização e concentração de compostos não permissíveis (BRASIL, 2017). Tais características, aumentam as dificuldades de sobrevivência dos moradores, no tocante a adquirir este recurso imprescindível para a manutenção da qualidade de vida.

Diante deste cenário, o processo de captação e armazenamento de água de chuva é uma prática imperante no Semiárido. Prática evidenciada através do desenvolvimento do programa, Um Milhão de Cisternas (P1MC) desenvolvido no início dos anos 2000, visando suprir a necessidade do acesso a água da população situada em zonas rurais, mediante o armazenamento em cisternas (ASA, 2020).

Através da coleta do recurso advindo das cisternas, é imprescindível a utilização de algum tipo de desinfecção para alcançar um nível de potabilidade adequado permitindo o consumo da água armazenada. Mediante a tal fato, existem muitas opções diferentes para sistemas de tratamento de água que apresentam variáveis importantes no tocante à escolha do tipo de tratamento que venha a ser utilizado, são estas, custo, materiais necessários, conhecimento de uso e eficácia do tratamento (Walsh et al., 2020).

A desinfecção consiste na etapa do tratamento, cuja função básica consiste na inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e ou químicos. No Brasil, os processos de tratamento de maior aplicação em função do fornecimento de água com qualidade aceitável, são através do cloro, sendo o mais indicado para o processo de desinfecção da água, principalmente em pequenos serviços de abastecimento (BRASIL, 2014). Entretanto, a aplicação do ativo é objeto de muitos estudos, em detrimento da análise de subprodutos e as formas de impactos tanto sociais quanto ambientais a qual seu uso é acometido.

Além deste, outro tratamento bastante antigo e comum de ser utilizado é a fervura, principalmente em ambientes rurais. Entretanto, dependendo do combustível utilizado para realizar o processo este passa a apresentar várias desvantagens (Latif et. al, 2022), como a emissão de gases do efeito estufa possibilitando o agravamento de impactos ambientais preocupantes. Durante o processo

de queima dos combustíveis, ocorre a formação de subprodutos. Em estudo, Gioda(2018) determinou a ocorrência da formação de: monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxidos de nitrogênio, NOx (NO + NO₂), óxidos de enxofre, SOx (SO₂, SO₄²⁻), compostos orgânicos voláteis (COV) e partículas variadas. Estas partículas são denominadas material particulado (MP), apresentando alta toxicidade e influência no clima, além de acarretar problemas respiratórios a quem as inala. Poljanac(2020) cita, tosse ou dificuldade em respirar, aumento do risco de ataque de asma, ataque cardíaco, diminuição da função pulmonar, aumento da mortalidade e redução na qualidade do ar, como problemas de saúde provenientes do contato frequente com produtos da combustão incompleta.

Ademais, a desinfecção por radiação solar, Aqualuz, apresenta-se como um processo de desinfecção promissor, fazendo o uso de materiais de fácil manipulação. O desenvolvimento da tecnologia consiste em uma caixa de aço inoxidável coberta com uma lâmina de vidro, que é conectada à cisterna por meio de uma tubulação, equipada com um filtro para reduzir a turbidez (MAGALHÃES et.al, 2022). Apesar de promissor, o processo é pouco explorado na literatura, devido a aplicabilidade reduzida e em detrimento das limitações a qual o tratamento é sujeito.

Outro tratamento eficaz na desinfecção, é a filtração com o uso do filtro cerâmico. Sendo a filtração, uma das técnicas mais antigas e utilizadas para o tratamento de água no ponto de uso, considerando o local de aplicação como a região semiárida do Nordeste, o uso do filtro de cerâmica ou popularmente filtro de barro é amplamente utilizado para realizar a potabilidade da água. O uso do filtro cerâmico, no ponto de uso, é apontado por (REN; COLOSI; SMITH, 2013) como uma tecnologia de desinfecção que oferta benefícios sociais tocantes a sustentabilidade, dispondendo de alta aceitação social em virtude dos benefícios à saúde estando associados ao menor risco de recontaminação pós-tratamento, e da sensação de pertencimento e propriedade sobre a tecnologia quando inseridos no processo de fabricação do filtro, a partir do uso de mão de obra e materiais locais.

Neste sentido, o estudo em questão fará a avaliação dos métodos de desinfecção a partir da construção de uma análise de ciclo de vida (ACV), a qual permitirá obter uma visão sistêmica dos processos. Desse modo, ao fim das análises será possível concluir dentre os métodos estudados qual trará maior custo benefício, no tocante a população alvo e aos impactos socioambientais gerados durante os processos, a partir do comparativo do DALY gerado por cada método.

METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa é realizado através de uma Análise de Ciclo de Vida (ACV), norteado através das determinações presentes nas normas NBR ISO 14040 e a NBR ISSO 14044 (ABNT, 2009a; ABNT, 2009b). As quais, delimitam os processos em quatro fases: fase de definição

de objetivo e escopo; fase de análise de inventário; fase de avaliação de impactos e a fase de interpretação. Seguindo o método, o estudo foi realizado, mediante avaliação de métodos de desinfecção de água através de análise de literatura especializada, avaliação de impactos e determinação do método de melhor aproveitamento.

A região tomada como foco central de estudo, foi o semiárido baiano, com ênfase na porção rural. Território no qual a escassez de recursos hídricos se mantém presente, sendo responsável por gerar conflitos pelo uso da água, tornando necessário a avaliação de alternativas para a obtenção do recurso.

2.1 Avaliação de métodos de desinfecção

As análises permaneceram em torno de quatro tratamentos, sendo estes fervura, SODIS , cloração e filtração com filtro cerâmico em vista da maior aplicabilidade no cenário doméstico e rural. Dentro de todas as avaliações, considerou-se a aplicação da desinfecção necessária a uma unidade funcional, correspondendo a 2190 L de água, volume destinado ao consumo por pessoa em uma família de em media 3 pessoas, durante o período 365 dias. Durante o processo de desenvolvimento, toda a pesquisa foi realizada majoritariamente no âmbito teórico, devido a impossibilidade de realização dos tratamentos.

A desinfecção através da fervura encontra-se, como um dos métodos mais antigos e eficientes para fornecer a potabilidade necessária à água, possibilitando seu consumo (HERCULANO, 2012). No estudo, sua aplicação foi avaliada mediante a utilização de dois tipos de fogões; 1) fogão a gás, movido a GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), 2) fogão a lenha. Tais tecnologias encontram-se como as mais utilizadas no cenário doméstico, considerando a região a qual o estudo foi centrado, o combustível que permanece com maior utilização é a lenha, classificada como o segundo combustível mais consumido pelo setor residencial (BEN, 2021).

Neste estudo, foi avaliado quantidade utilizada de combustível para a desinfecção de 1 UN(Unidade Funcional) de água, por meio do processo de fervura utilizando os combustíveis GLP e lenha. Com a análise do fogão a gás, foi realizada a verificação da eficiência obtida no processo. A eficiência de um fogão é calculada pela razão entre o calor absorvido pela água na panela (representado pela soma entre o calor absorvido e o calor latente da água) e o poder calorífico como apresentado na Equação 1(SANGA, 2004).

$$\eta = \frac{C_{absorvido} + C_{latente}}{PC} \times 100 = \% \quad (1)$$

Considerando a população alvo do estudo, a análise do fogão a lenha foi realizada com maior abrangência. As espécies energéticas avaliadas, foram as mais utilizadas como combustível na região semiárida, totalizando 7 espécies. Sendo estas, Algarora (*Prosopis juliflora*), Angico (*Anadenanthera colubrina*), Catingueira (*Poincianella pyramidalis*), Imburana (*Commiphora leptophloeos*), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), Marmeiro (*Croton blanchetianus*), Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), as quais possuem poder calorífico correspondentes a, 4954 kcal.kg⁻¹; 4001,86 kcal.kg⁻¹; 4442 kcal.kg⁻¹; 4478 kcal.kg⁻¹; 4485 kcal.kg⁻¹; 4388 kcal.kg⁻¹; 4246,5 kcal.kg⁻¹ respectivamente (MAGALHÃES et.al, 2017 e RAMOS et.al, 2012). Para a base de analise foi tomado como parâmetro, um fogão a lenha tradicional com eficiência energética correspondente a 10% (SANGA, 2004), sendo necessários 331,55 kg, 410,43 kg, 369,77 kg, 366,79 kg, 366,22 kg; 374,32 kg; 386,79 kg; de cada tipo lenha supracitado, respectivamente, para realizar a fervura de 1 UN de água. As massas de lenha que seria necessária para o processo foram calculadas com as equações 2 e 3.

$$M_L = \frac{E_u}{PC \cdot E_f} \quad (2)$$

$$E_u = \frac{M_a \cdot C \cdot \Delta T}{1000} \quad (3)$$

No qual M_L é a massa de lenha, em Kg; E_u é a energia útil do processo, em Kcal; PC é o poder calorífico da lenha, em kcal.kg⁻¹; E_f é a eficiência energética do fogão em %; M_a é a massa de água em g; C é o calor específico da água, 1 cal/g.°C; ΔT a variação da temperatura em °C.

As emissões consideradas provenientes do processo, foram o CO e o Material Particulado($PM_{2.5}$) mensuradas em função do fator de emissão: CO em gramas por quilograma de lenhas, correspondente a 78g.kg⁻¹ (ZHANG,1999); $PM_{2.5}$ em gramas por quilogramas, 4,82 g.Kg⁻¹ (SHEN et.al, 2020).

Por meio da desinfecção por radiação solar (SODIS), a qual mostra-se passível de utilização em localidades as quais a população dispõe de menores contingentes de recursos financeiros ou não obtém acesso a rede de água tratada de forma pública e as condições climáticas favoráveis à aplicação. O processo de desinfecção SODIS inativa os patógenos através da ação direta da radiação ultravioleta A (UV-A), reagindo fotoquimicamente, impedindo a reprodução celular dos microrganismos e através da ação da radiação infravermelha proporciona a elevação da temperatura da água, causando efeito bactericida pela sensibilidade dos microrganismos a temperaturas elevadas (CARVAJAL, 2015).

Para a implementação do método, é necessário que a água alcance no mínimo 50°C sendo necessário um tempo de exposição variando entre 4 e 6 horas no mínimo (PATERNIANI et. al,2005), considerando a aplicação do tratamento em localidades nas quais a intensidade solar seja de ao menos 500W/m² (MEIERHOFER, 2002). Considerando esta necessidade, as regiões semiáridas são aptas para a implementação do método, visto que regiões localizadas nas latitudes 15°N; 15°S;35°N;35°S apresentam maior irradiação solar (MEIERHOFER, 2002).

Considerando a aplicação do tratamento por meio do método Aqualuz, desenvolvido pela empresa Safe Drinking Water for All – SDW. No estudo será considerado o uso do equipamento em formato de caixa constituído de aço inoxidável e vidro. Os efeitos do método, serão considerados para 1 L de água, em vista da unidade funcional adotada. Desse modo conhecendo-se a condutividade térmica do material, será avaliada se na região de estudo a aplicação do método mostra-se viável. Tratando-se da quantidade de energia envolvida no sistema utilizado à aplicação do Aqualuz, esta não será quantificada visto que, a fonte energética é comum ao processo da fervura no tocante ao desenvolvimento da matéria prima utilizada e não foi associado ao cálculo da demanda energética deste método. Com isto, a quantidade de energia envolvida no processo de desinfecção por radiação solar, será vinculada ao processo de produção do mecanismo, caixa de inox + vidro.

O filtro de cerâmica é composto por um conjunto de dois recipientes fabricados em argila que é equipado com uma vela filtrante por onde passa a água a partir do efeito da gravidade, ocasionando a retenção de partículas, redução da turbidez e cor e removendo microrganismos patogênicos existentes. Durante o processo de fabricação, os filtros podem ser submetidos a um processo de impregnação com prata que tem o intuito de aumentar a eficácia da desinfecção da água, eliminando patógenos microscópicos presentes nos micro poros do filtro (YAKUB; SOBOYEJO, 2012). Considerando o processo, os impactos analisados e a energia serão associados a produção e transporte do filtro, visto que no ato de filtrar não ocorre dispêndio energético ou saídas nocivas ao contexto socio ambiental.

No tocante ao processo de cloração, este será considerando para a aplicação em uma unidade funcional, a partir da utilização de 6,57g de hipoclorito de sódio a partir da média do indicado pelo Centro de Prevenção e Doenças (CDC) e Organização Mundial de Saúde (OMS), 0,003g/L, afim de atingir limites aceitáveis de cloro residual. (PREVENTION, 2019)

2.2 Avaliação de impactos ambientais

O desempenho dos processos de desinfecção é analisado através de métodos selecionados para a avaliação das categorias de impactos ambientais. Foram escolhidas a demanda de energia acumulada, norteada através do método, Cumulative *Energy Demand* CED), desenvolvido no estudo

realizado por Jungbluth e Frischknecht (2007) consistindo em avaliar o uso de energia durante o desenvolvimento do ciclo de vida de um serviço ou bem, considerando os insumos energéticos alocados direta e indiretamente durante o período de processamento.

Os impactos no tocante ao potencial de mudança climática (Pegada de Carbono), são calculados com base no IPCC 2013 GWP 100 que expressa o impacto em termos de quilogramas de dióxido de carbono-equivalente (kg CO₂-eq), considerados um dos mais utilizados para análise de impactos ambientais (MENDES; BUENO; OMETTO, 2013). Este indicador quantifica as emissões e contribuições dos principais contribuintes gasosos para mudanças climáticas em um intervalo de 100 anos, com dados atualizados (IPCC, 2013).

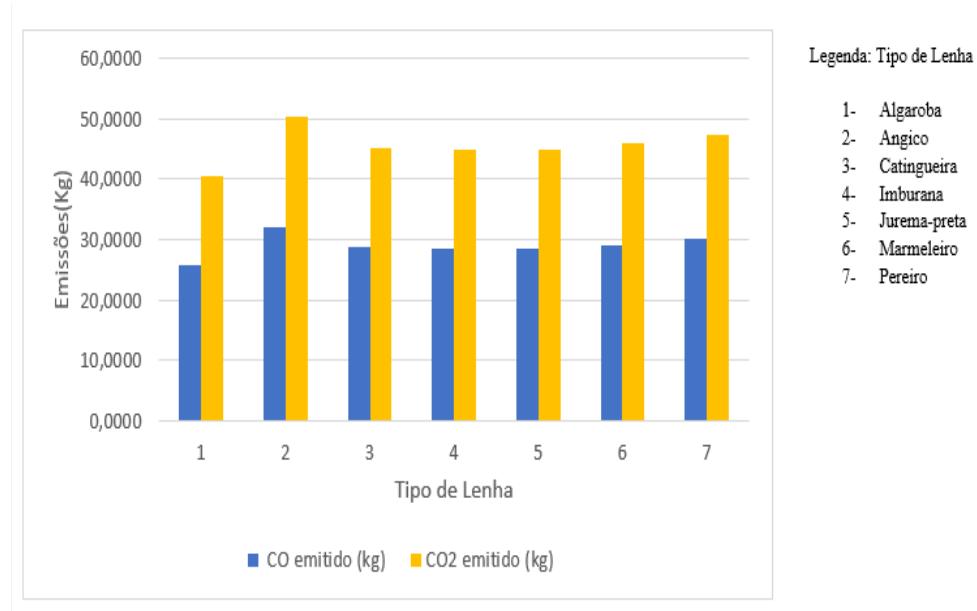
Outro método de análise é o *endpoint* que consiste em avaliar os impactos de maneira mais ampla caracterizando todo o mecanismo ambiental até o ponto final, ou seja, refere-se a um dano específico relacionado com a área mais ampla de proteção, que pode ser saúde humana, ambiente natural ou recursos naturais. (MENDES; BUENO; OMETTO, 2013). Tal método será implementando para a avaliação de potenciais danos à saúde provenientes do consumo da água, resultante do uso dos processos de desinfecção estudados, setorizados nos insumos e resíduos gerados.

As categorias relacionadas à saúde são contabilizadas através da unidade DALY (*Disability Adjusted Life Years*), que quantifica a ocorrência e durabilidade das doenças em razão dos anos de vida perdidos em decorrência da morte prematura, tal parâmetro é adotado pela OMS para a avaliação de informações relacionadas a saúde dos indivíduos (WHO, 2013). No estudo, será analisado a toxicidade humana, relacionada ao uso de insumos para a implementação dos tratamentos, assim como à subprodutos gerados, no qual, os dados foram obtidos através do inventário disponibilizado nos bancos de dados do software OpenLCA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a desinfecção através da fervura, no tocante a pegada de carbono, que se admitiu que emissões estão totalmente vinculadas ao processo de queima. Dentre as espécies de lenha estudadas, a do tipo Angico (Tabela 1), apresentou maior percentual de liberação de CO₂ (0,0230 kg de CO₂), utilizando-se como base o IPCC GWP 100 a. O processo de transporte do combustível, foi desconsiderado da análise nesta categoria de impacto devido ao cenário tomado, no qual para adquirir a lenha o processo seria realizado através da catação em proximidades da residência na qual haveria a realização do tratamento da água. No tocante ao Aqualuz, tal categoria está vinculada ao processo de produção do mecanismo responsável por realizar o tratamento.

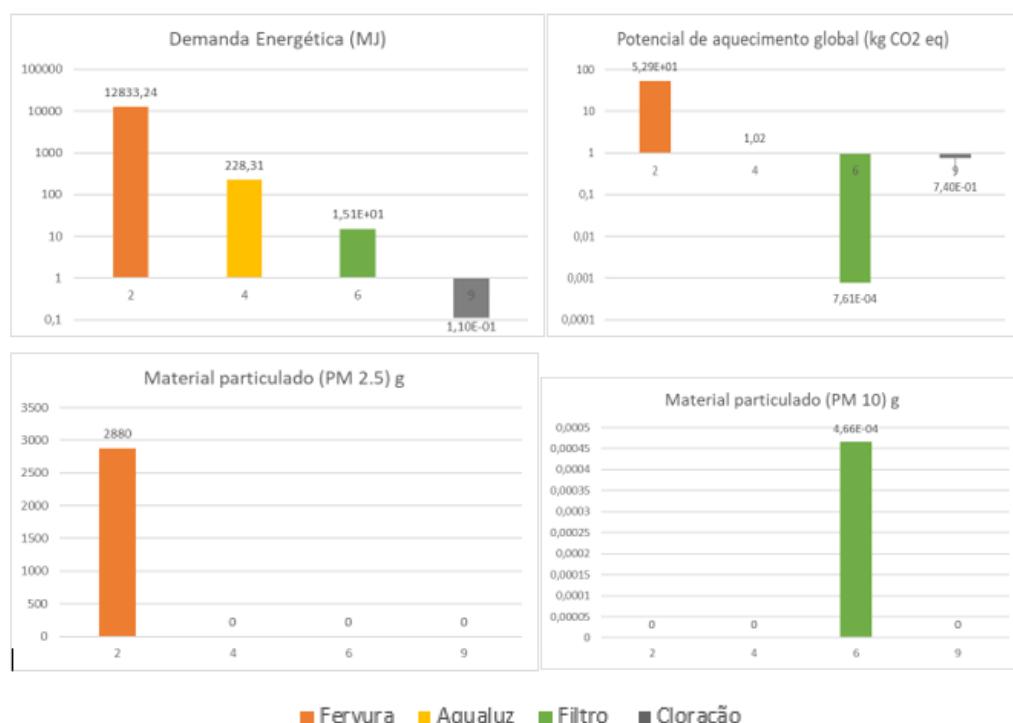
Gráfico 1 – Quantidade de CO₂ liberado em função do CO por queima de biomassa.



Fonte: Autoral

Analisando a necessidade energética dos processos, a fervura apresenta demanda característica, a qual é composta com a porção energética liberada através da queima do combustível e a gasta para a realização do processo de transporte, necessitando de em média 12833,24 MJ na qual, a totalidade energética tem matriz renovável (biomassa da lenha e energia mecânica). Relacionando a categoria de análise ao Aqualuz, a demanda energética do sistema foi composta com a necessária para a produção do sistema que proporciona o tratamento, alcançando 228,31 MJ. Ao processo de filtração, a energia gasta está inteiramente associada ao processo de produção do filtro, no qual assumiu-se o valor de 15,11 MJ por filtro, como determinado no estudo realizado por REN et.al, 2013. Tratando-se do processo de cloração, visto que assim como na filtração a etapa de desinfecção no ponto de uso não despende gasto energético, esta associasse inteiramente ao transporte e produção da matéria prima principal que foram analisadas mediante dados de outros estudos gerando que, a energia associada ao desenvolvimento do método é de 17,15 MJ. Tais resultados por categoria são mostrados no Gráfico 2.

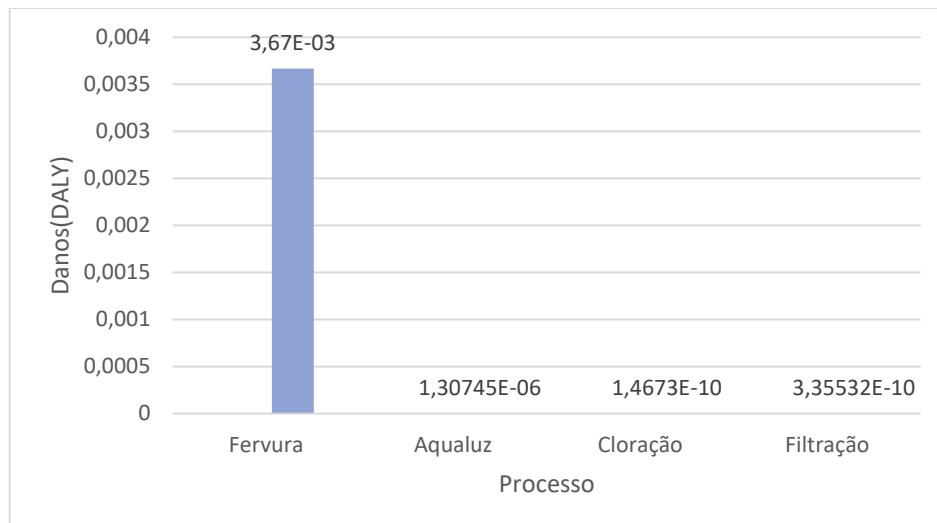
Gráfico 2: Síntese de indicadores



Fonte: Autoral

Diante da realização dos tratamentos, outra categoria de análise corresponde aos saldos acometidos à saúde dos indivíduos que os utilizam. Ao tratamento com fervura, está associado o comprometimento do trato respiratório mediante a inalação da fumaça, composta de gases e material particulado, este último apresenta maior contribuição no tocante à saúde. O processo de desinfecção solar, não acomete ônus a saúde, logo o Daly alcançado esta interligado a etapa de produção do sistema caixa de inox + vidro. Tratando-se da cloração e filtração, os saldos acometidos a saúde foram relacionados aos processos de produção e transporte, os valores foram expressos em Daly e demonstrados na tabela 2, obtidos mediante dados secundários e inventário constituído com fatores provenientes dos bancos de dados do OpenLCA

Gráfico 3: Daly associado aos processos



Fonte: Autoral

CONCLUSÃO

A realização do estudo proposto, ocorreu mediante a avaliação de quatro métodos de desinfecção (fervura, SODIS, cloração e filtração), com a finalidade de destacar qual dispõe de tratamento ambientalmente mais adequado.

A desinfecção através da fervura, se evidenciou como o método mais negativo, devido a demanda energética de maior magnitude assim como no potencial de aquecimento global. No tocante tanto a impacto na saúde quanto ambiental, a fervura apresenta maior contingente de danos totais considerando a menor eficácia com relação aos outros tratamentos, devido exposição das emissões durante o processo, com ênfase ao material particulado. Após análise de danos decorrentes das categorias selecionadas, a desinfecção através da filtração foi admitida como melhor alternativa, ainda que ocorra a liberação de material particulado durante o processo de produção, este não ocorre de maneira direta aos usuários tal qual a fervura.

Os presentes resultados deste estudo são de suma importância, objetivando ser um possível estudo de elucidação do atual estágio do país quanto ao assunto abordado. Com isso, devem ser estabelecidas melhorias em relação à análise de dados e a contabilização com maior nível de confiança da produção dos potenciais impactos ambientais, para todos tipos de métodos envolvidos no de tratamento da água. Considerando a produção, os resultados basearam-se em dados secundários uma vez que houve a impossibilidade de realização prática dos métodos de desinfecção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14044: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e Orientações. Brasil, 2009b.

AHMED, W. *et al.* Fecal indicators and zoonotic pathogens in household drinking water taps fed from rainwater tanks in Southeast Queensland, Australia. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 78, n. 1, 2012, p. 219-226.

ARANTES, L. O. Avaliação comparativa do ciclo de vida de sistemas de aquecimento solar de água utilizados em habitações de interesse social. 2008, 162 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Uberlândia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Uberlândia, 2008.

ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO - ASA. *Ações – Programa 1 milhão de cisternas*. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>. Acesso em: 06 mar. 2022.

BEN. Balanço Energético Nacional 2021: Ano base 2020. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2021

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa. Brasília: Funasa, 2014. 36 p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução

EFSA. European Food Safety Authority. Bisphenol A. Disponível em:
<https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/bisphenol>. Acesso em: 05 abr. 2022.

GIODA, A. Comparação dos níveis de poluentes emitidos pelos diferentes combustíveis utilizados para cocção e sua influência no aquecimento global. *Química Nova*, v. 41, n. 8, 2018, p. 839-848.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Revised supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto protocol.* 2013.
Disponível em: <http://www.ipcc-nrgip.iges.or.jp/public/kpsg/>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MACHADO, G.O. *et al.* Avaliação do Desempenho Energético de Fogão a Lenha Portátil. *Revista Vértices*, [S.L.], v. 17, n. 3, 2015, p. 111-125.

MEIERHOFER, R. *et al.* *Desinfecção solar da água: Guia de aplicações do SODIS.* Duebendorf: EAWAG, 2002. 88 p.

MENDES, N. C.; BUENO, C. OMETTO, A. R. Avaliação de impacto do ciclo de vida: revisão dos principais métodos. *Production*, 2013.

PATERNANI, J. E.S; SILVA, M. J. M. D. Desinfecção De Efluentes Com Tratamento Terciário Utilizando Energia Solar (Sodis): Avaliação Do Uso Do Dispositivo Para Concentração Dos Raios Solares. Nota Técnica. Vol.10 - Nº 1 - jan/mar 2005, 9-13

POLJANAC, M. Emission Of Fine Particles (Pm2.5) From Residential Biomass Combustion In Croatia And How To Reduce It. *Environmental Engineering - Inženjerstvo okoliša* , Vol. 7 No. 2, 2020. p. 84-94.

SANTOS, N. R. G. dos. *Projeto, construção e análise de desempenho de coletores solares alternativos utilizando garrafas PET.* 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

REN, D.; COLOSI, L. M.; SMITH, J. A. Evaluating the sustainability of ceramic filters for point-of-use drinking water treatment. **Environmental Science and Technology**, v. 47, n. 19, p. 11206–11213, 1 out. 2013

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Mapa de Indicadores de Água.* 2018. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua. Acesso em: 09 nov. 2020.

WHO. *WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000-2011.* Genebra: WHO, 2013. PREVENTION, C. FOR D. C. AND. Chlorine residual testing. **Centres for Disease Control and Prevention**, p. 4, 2019.



REN, D.; COLOSI, L. M.; SMITH, J. A. Evaluating the sustainability of ceramic filters for point-of-use drinking water treatment. **Environmental Science and Technology**, v. 47, n. 19, p. 11206–11213, 1 out. 2013.

YAKUB, I.; SOBOYEJO, W. O. Adhesion of *E. coli* to silver- or copper-coated porous clay ceramic surfaces. **Journal of Applied Physics**, v. 111, n. 12, 15 jun. 2012.