

## DETERMINAÇÃO DE CARGAS AMBIENTAIS ASSOCIADAS AO PROTÓTIPO DE UM FORNO SOLAR COMO ESTRATÉGIA PARA SUSTENTABILIDADE

CAMILLA PEREIRA SOARES  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

SILVIA GUILLÉN-LAMBEA

MONICA CARVALHO

### Introdução

Um dos assuntos mais discutidos atualmente ao redor do mundo são os efeitos das mudanças climáticas. No Brasil, somando-se a esse cenário o aumento do preço dos combustíveis e a alta da inflação fez com que as famílias brasileiras passassem a guardar o gás de cozinha apenas para emergências e utilizasse a lenha. O uso de lenha nas residências indica um retrocesso em saúde e qualidade de vida, pois os níveis de partículas emitidas durante o processo de combustão ficam muito acima dos estipulados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), se tornando fatores de risco para vários tipos de doenças.

### Problema de Pesquisa e Objetivo

Diante da falta de autonomia energética voltada para a alimentação, das precárias condições de saúde e da qualidade de vida, e considerando as mudanças climáticas, o objetivo deste estudo é quantificar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à construção de um forno solar do tipo caixa. O estudo possui três etapas: construir o inventário para o protótipo do forno solar, aplicar a metodologia da avaliação de ciclo de vida ao forno solar para quantificar as emissões GEE, e analisar as emissões de GEE obtidas quando o destino do produto é a reciclagem em vez do aterro sanitário.

### Fundamentação Teórica

A maioria das publicações indexadas sobre fornos e fogões solares, até o momento, apresenta avaliações termodinâmicas. No entanto, outro tipo de análise que pode ser desenvolvida adicionalmente é a ambiental, que pode focar em quantificar diferentes indicadores ecológicos. A ACV já foi aplicada a alguns tipos de fornos solares, como no trabalho de Andrianaivo e Ramasiarino (2014) que avaliou um forno solar parabólico, no de Chakma et al. (2021) que avaliou um forno solar tipo caixa com duplo espelho e no de Mendoza et al. (2019) que estudaram a sustentabilidade de fornos solares caseiros.

### Metodologia

A avaliação do ciclo de vida está normatizada pela International Organization for Standardization (ISO) em suas normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006), que no Brasil foram traduzidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nas normas de mesma numeração. Ela tem quatro etapas 1) definição de objetivos e do escopo; 2) construção do Inventário do Ciclo de Vida (ICV); 3) avaliação de impacto ambiental (escolha de um método de avaliação de impacto ambiental e aplicação ao ICV), e 4) resultados e interpretação.

### Análise dos Resultados

O impacto ambiental do forno solar em análise quando o destino é o aterro sanitário é de 160kg CO<sub>2</sub>-eq, a maior contribuição ao impacto final está associada ao aço (58% das emissões finais). Depois do aço, a maioria das emissões associadas ao forno solar está relacionada ao descarte final em aterro sanitário. Quando os materiais potencialmente recicláveis (vidro e aço) são efetivamente encaminhados para reciclagem, há uma redução de 111,60 kg CO<sub>2</sub>-eq nas emissões finais. Nas análises, o alumínio tem maior emissão de CO<sub>2</sub>-eq por kg, mas por ser usado em baixa quantidade apresentou baixo impacto.

### Conclusão

Os resultados demonstram que o forno solar tem baixas emissões referentes ao equipamento, obtendo uma redução de aproximadamente 70% das emissões de GEE quando a destinação dos componentes do equipamento é a reciclagem. Ressalta-se aqui a importância da compreensão do impacto ambiental de cada componente do dispositivo, assim como as a importância de estratégias para a destinação correta de resíduos.

### Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014a). Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura: NBR ISO 14040, Rio de Janeiro: ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014b). Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações: NBR ISO 14044, Rio de Janeiro: ABNT. Chakma, B., Serto, L., Kharpude, S., Narale, P., & Seveda, M. S. (2021). Life cycle assessment analysis, embodied energy evaluation and economic aspect study of double mirror reflector box type solar cooker for NEH region of Sikkim. International Journal of Green Energy, 1-18.

### Palavras Chave

Avaliação do ciclo de vida, fogão solar, gases de efeito estufa

### Agradecimento a órgão de fomento

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade nº 309452/2021-0, e ao Gobierno de Aragón (Espanha) pelo financiamento do Grupo de Ingeniería Térmica y Sistemas Energéticos (GITSE) referência T55\_20R.

## DETERMINAÇÃO DE CARGAS AMBIENTAIS ASSOCIADAS AO PROTÓTIPO DE UM FORNO SOLAR COMO ESTRATÉGIA PARA SUSTENTABILIDADE

**Resumo:** Diante da falta de autonomia energética voltada para a alimentação, das precárias condições de saúde e da qualidade de vida, e considerando as mudanças climáticas, pesquisas recentes vem focando em fogões e fornos solares. Ao redor do mundo, os fornos solares são uma estratégia para cozimento que já vem sendo utilizada, como saída para as dificuldades enfrentadas por algumas populações. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é quantificar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à construção de um forno solar do tipo caixa. O estudo possui três etapas: i) Construir o inventário para o protótipo do forno solar do tipo caixa por meio de visitas técnicas à UFRN; ii) Aplicar a metodologia da avaliação de ciclo de vida ao forno solar para quantificar as emissões GEE, e iii) Analisar as emissões de GEE obtidas quando o destino do produto é a reciclagem em vez do aterro sanitário (destino convencional). Os resultados demonstram que o forno solar tem baixas emissões referentes ao equipamento, obtendo uma redução de aproximadamente 70% das emissões de GEE quando a destinação dos componentes do equipamento é a reciclagem. Ressalta-se aqui a importância da compreensão do impacto ambiental de cada componente do dispositivo, assim como as estratégias para a destinação correta de resíduos.

**Palavras-chave:** Avaliação do ciclo de vida; cozinha solar; fogão solar; gases de efeito estufa; pegada de carbono; ODS 12.

**Abstract:** Faced with the lack of energy autonomy focused on food, precarious health conditions and quality of life, and considering climate change, recent research has focused on solar cookers and ovens. Around the world, solar ovens are a cooking strategy that has already been used, as a way out of the difficulties faced by some populations. In this sense, the objective of this study is to quantify the greenhouse gas (GHG) emissions associated with the construction of a box-type solar oven. The study has three stages: i) Build the inventory for the box-type solar oven prototype through technical visits to UFRN; (ii) Apply the life cycle assessment methodology to the solar oven to quantify GHG emissions, and iii) Analyze the GHG emissions obtained when the destination of the product is recycling instead of the landfill (conventional destination). The results show that the solar oven has low emissions related to the equipment, achieving a reduction of approximately 70% of GHG emissions when the destination of the equipment components is recycling. The importance of understanding the environmental impact of each component of the device is highlighted here, as well as the importance of strategies for the correct disposal of waste.

**Keywords:** Life cycle assessment; solar kitchen; solar stove; greenhouse gases; carbon footprint, SDG 12.

## INTRODUÇÃO

Os fogões e os fornos solares são dispositivos que por meio da energia solar captada, direta ou indiretamente, aquecem e/ou cozinham alimentos. O equipamento possui baixo custo, porém essa tecnologia precisa de incentivos políticos que ajudem na acessibilidade e aceitação dos consumidores (Khatri, Goyal e Sharma, 2021). Os tipos de fornos solares mais utilizados são: tipo caixa, de painéis e à concentração (Varun, Arunachala e Vijayan, 2022).

O uso de fornos solares pode ser uma estratégia para cozimento de alimentos em regiões menos favorecidas (ZUBI *et al.*, 2017). Exemplos de uso incluem uma vila na Somália, campos de refugiados na Quênia, e nas áreas tibetanas da China (SOLAR COOKERS INTERNATIONAL - SCI, 2021). A utilização de fornos solares está alinhada com todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (UNITED NATIONS – UN, 2015), promovidos desde 2015. Destaca-se o ODS 3 que se volta para a saúde e bem-estar; ODS 7 que defende a utilização de energia limpa e acessível; ODS 12 que valoriza o consumo e produção responsáveis; ODS 13 que estimula o desenvolvimento de ações contra a mudança global do clima e, por fim, ODS 15 que colabora com os desafios ambientais, econômicos e sociais da vida terrestre.

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2022) o gás de cozinha no Brasil teve um aumento de 23,2% entre março de 2021 e março de 2022, chegando a custar mais de R\$ 100, ou seja, aproximadamente 10% do salário mínimo vigente em 2022.

A lenha ganhou espaço nos lares mais pobres durante a pandemia (Bisaga e To, 2021; Ali e Khan, 2022) e permanecendo nos dias atuais, inclusive no Brasil. Como solução ao gás de cozinha, recorre-se à lenha e ao carvão vegetal para cozinhar, um retrocesso em saúde e qualidade de vida porque os níveis de partículas durante o processo de combustão ficam muito acima dos estipulados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), se tornando fatores de risco para vários tipos de doenças (Gioda, Tonietto e Leon, 2019).

A maioria das publicações indexadas sobre fornos e fogões solares, até o momento, apresenta avaliações termodinâmicas. Focando nos estudos mais recentes voltados para o forno solar tipo caixa, o estudo de Kumar *et al.* (2022) investiga o desempenho térmico de um fogão de baixo custo aprimorado para armazenar calor e usa aletas estendidas para aumentar a troca de calor, enquanto Ruivo *et al.* (2022) estudaram a curva de desempenho de regressão linear desse tipo de forno. Verma, Banerjee e Das (2022) apresentaram diretrizes para o projeto de fogões solares tipo caixa com armazenamento de calor sensível, que podem ser usadas para o cozimento diurno e noturno. O único estudo brasileiro encontrado foi o de Pereira Neto *et al.* (2021), que avaliou a eficiência de um forno solar tipo caixa feito a partir de elementos recicláveis em desuso por meio de avaliações térmicas durante testes realizados com diferentes alimentos como bolo, lasanha e pizza.

Outro tipo de análise que pode ser desenvolvida adicionalmente é a ambiental, que pode focar em quantificar diferentes indicadores ecológicos. A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia já consolidada para a quantificação de potenciais impactos ambientais, e que pode ser aplicada a produtos, processos e até serviços (Michael, Ralph e Stig, 2018). A ACV já foi aplicada a alguns tipos de fornos solares, como no trabalho de Andrianaivo e Ramasiarino (2014) que fez uma avaliação do impacto ambiental de um forno solar parabólico em Madagascar. Em Chakma *et al.* (2021), o foco de estudo foi um forno solar tipo caixa com duplo espelho, para a região do Himalaia. Mendoza *et al.* (2019) estudaram a sustentabilidade de fornos solares caseiros para uso em regiões em desenvolvimento, demonstrando os benefícios da substituição de fornos microondas por diferentes tipos de fornos solares.

Reconhecendo a falta de estudos brasileiros neste tema, este estudo tem o objetivo de quantificar as emissões de gases de efeito estufa associadas a construção de um forno solar do

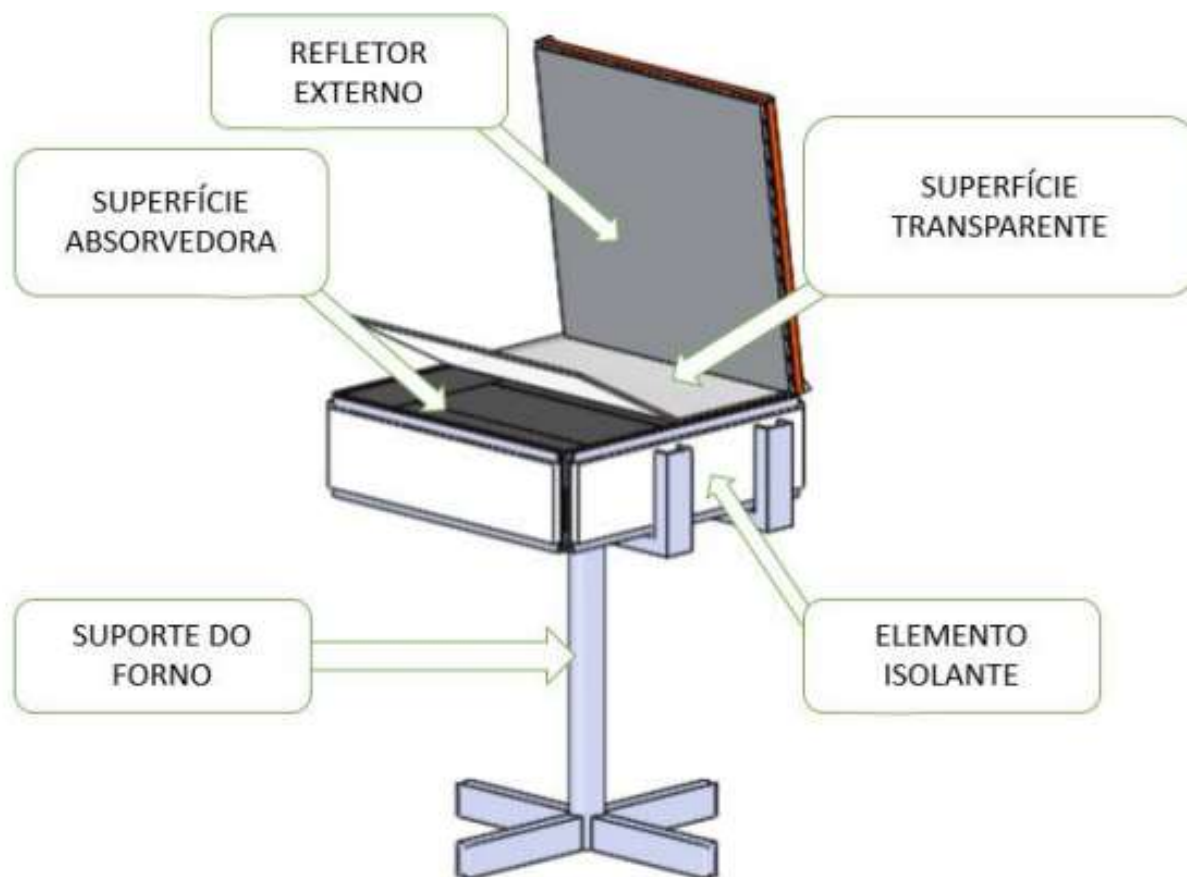
tipo caixa. Primeiramente, constrói-se o inventário para o protótipo do forno solar do tipo caixa, e em seguida aplica-se a metodologia da ACV para quantificar as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Finalmente, analisam-se os resultados quando o destino final do forno solar é a reciclagem em vez do aterro sanitário. Este é o primeiro estudo a apresentar o inventário completo da composição material do forno solar, sendo parte de um projeto mais amplo, que inclui uma dissertação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Forno solar

O forno solar utilizado neste estudo é uma adaptação de um protótipo feito na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) (Pereira Neto *et al.*, 2021). Este dispositivo foi produzido utilizando materiais oriundos de uma estante em desuso, espelhos, vidros e poliestireno expandido reutilizado. O desenho esquemático está mostrado na Figura 1.

Figura 1: Desenho esquemático do protótipo estudado.



Fonte: Traduzido de Pereira Neto *et al.*, 2021.

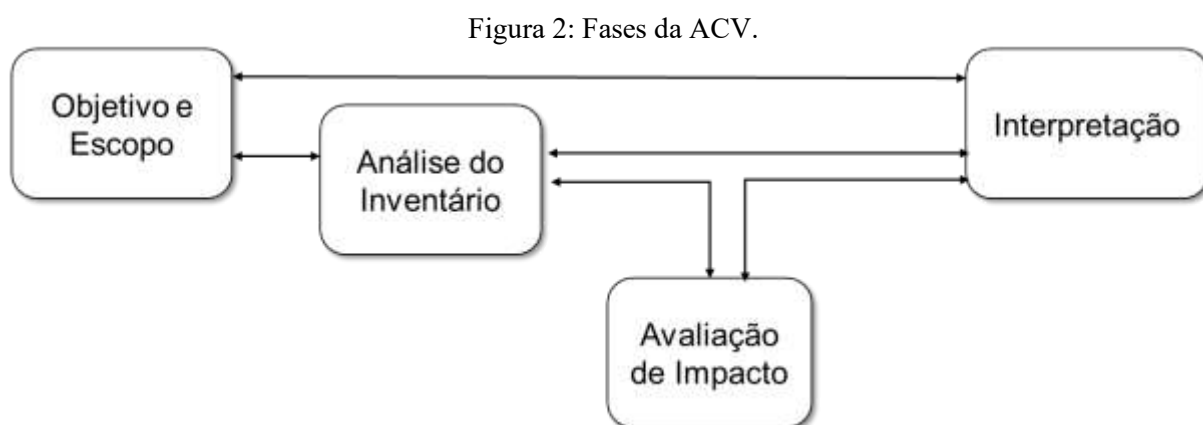
No dia 13 de junho de 2022 foi feita uma visita ao Laboratório de Máquinas Hidráulicas da UFRN, quando foi realizada a coleta de dados de cada material que compõe o forno solar. Para a pesagem foram utilizadas balanças digitais, sendo uma com capacidade de até 10 kg e outra de até 200 kg. As medidas de cada componente também foram aferidas utilizando paquímetro, régua e trena. Observou-se que a versão atual do protótipo possui altura do suporte

reduzida, por motivos de ergonomia. Também foram adicionadas rodinhas para que o equipamento pudesse ser deslocado com facilidade.

## 2.2 ACV

A ACV está normatizada pela *International Organization for Standardization* (ISO) em suas normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006), que no Brasil foram traduzidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nas normas de mesma numeração (ABNT NBR 14040, 2014; ABNT NBR 14044, 2014) (ABNT, 2014a; ABNT 2014b).

A ACV tem quatro etapas (Figura 2): 1) definição de objetivos e do escopo; 2) construção do Inventário do Ciclo de Vida (ICV); 3) avaliação de impacto ambiental (escolha de um método de avaliação de impacto ambiental e aplicação ao ICV), e 4) resultados e interpretação.



Fonte: Autoras.

A ACV foi desenvolvida com o software Simapro 9.0.0.35 (Pré-Sustainability, 2018), utilizando a base de dados Ecoinvent V3.5 (2018). Devido às preocupações com o aquecimento global, o método de avaliação de impacto ambiental selecionado foi o IPCC 2013 GWP 100a (2013), que contabiliza as emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo de um horizonte temporal de 100 anos.

O objetivo da ACV foi o de analisar o protótipo de forno solar, focando em sua composição material. O escopo compreende a extração de matéria-prima, processamento, manufatura, e descarte final.

A ACV foi realizada considerando inicialmente um cenário de descarte representativo da realidade, onde todos os materiais são encaminhados ao aterro sanitário (cenário 1). Depois considerou-se que os materiais potencialmente recicláveis (vidro e aço) são reciclados com aproveitamento de 100% e 90%, respectivamente (cenário 2).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição material do forno solar está mostrada na tabela 1. Para o refletor externo considerou-se uma camada de tinta refletiva de alumínio (50nm) sobre o vidro desta superfície.

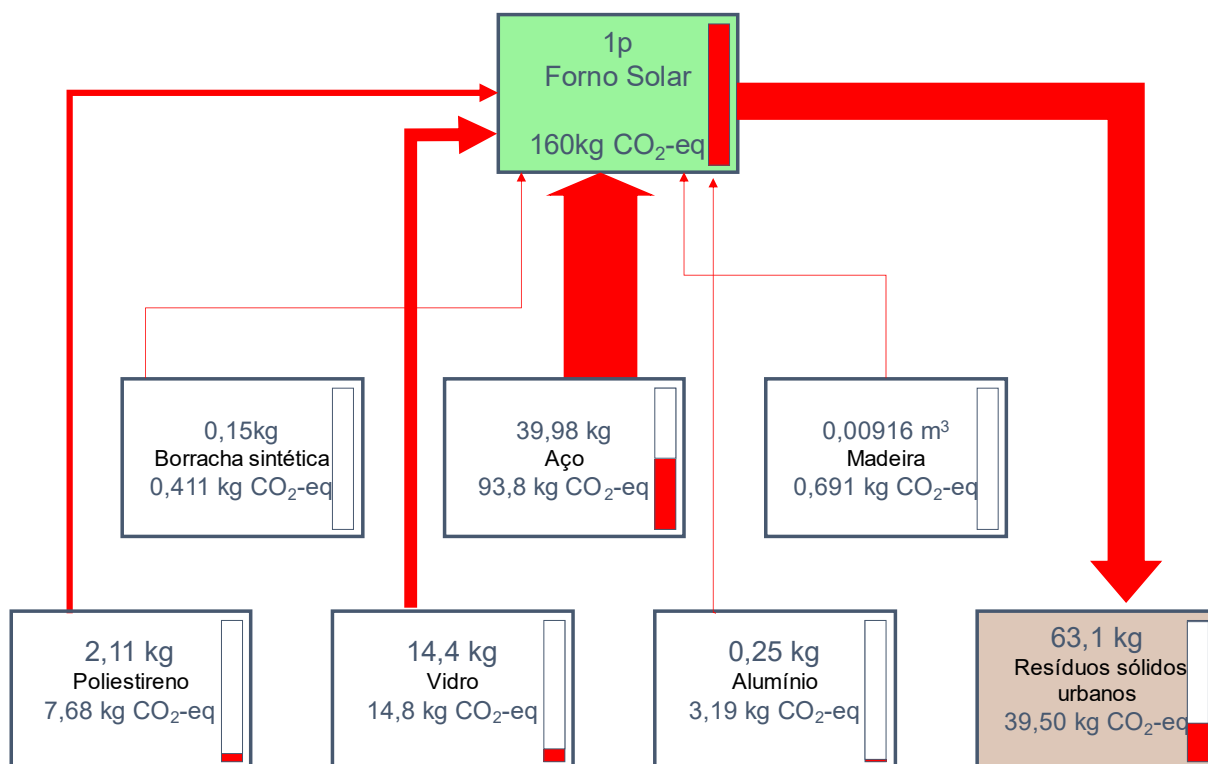
Tabela 1: Composição material do forno solar.

Material	Peso (kg)
Poliestireno Expandido	2,11
Madeira	6,42
Aço	39,98
Vidro	14,40
Borracha	0,15
Alumínio (tinta refletiva)	0,25
<b>Total</b>	<b>63,31</b>

Fonte: Autoras.

Após montagem do ICV e desenvolvimento da ACV, obtém-se as emissões de GEE relacionadas ao forno solar quando o destino final é o aterro sanitário (cenário 1). A Figura 3 mostra o diagrama de Sankey para estas emissões.

Figura 3: Emissões de GEE para o forno solar no cenário 1.

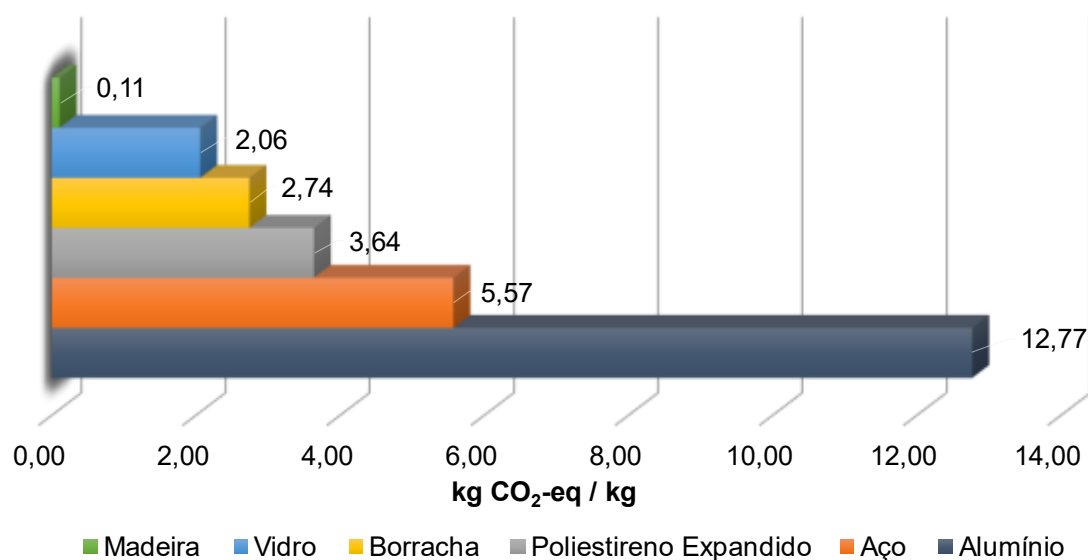


Fonte: adaptado de SimaPro (2018).

A Figura 3 é um diagrama de Sankey, no qual a espessura das setas indicativas de impacto ambiental é proporcional à sua contribuição ao impacto final. Observa-se que do ponto de vista material, as emissões associadas ao aço possuem a maior contribuição ao impacto final, equivalendo a 58% das emissões finais. Depois do aço, a maioria das emissões associadas ao forno solar está relacionada ao descarte final em aterro sanitário.

A Figura 4 mostra as emissões específicas de cada material. O alumínio é o componente que tem maior emissão de CO<sub>2</sub>-eq por kg, mas que por ser usado em baixa quantidade apresentou baixo impacto no produto em análise.

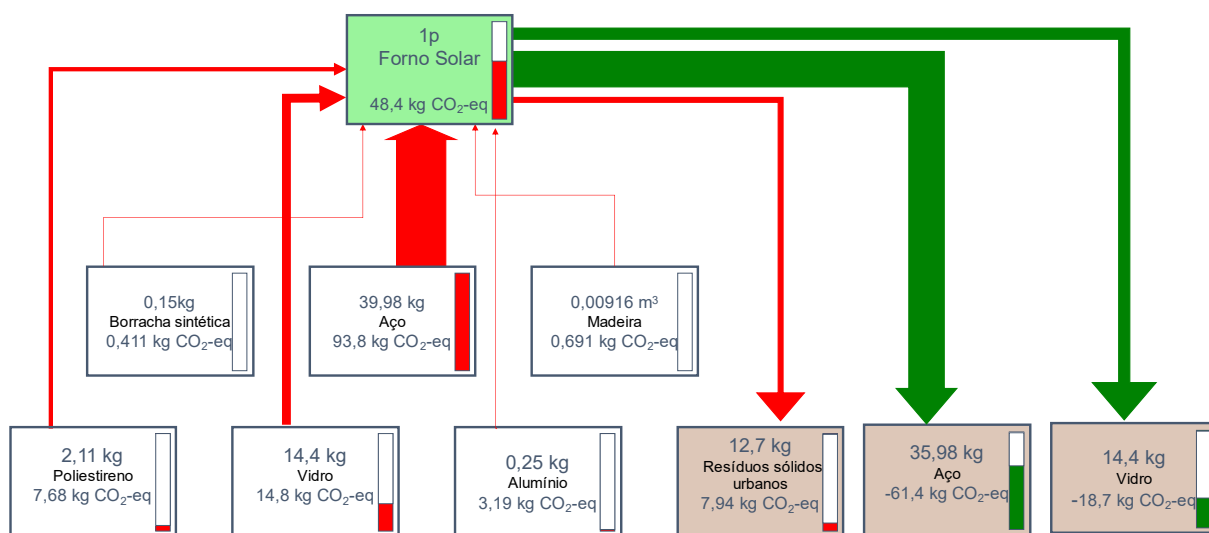
Figura 4: Emissões específicas de cada material (kg CO<sub>2</sub>-eq / kg material).



Fonte: Autoras.

No cenário 2, quando os materiais potencialmente recicláveis (vidro e aço) são efetivamente encaminhados para reciclagem, há uma redução de 111,60 kg CO<sub>2</sub>-eq nas emissões finais (Figura 5).

Figura 5: Emissões de GEE para o forno solar no cenário 2 (reciclagem de vidro e aço).



Fonte: adaptado de SimaPro (2018).

A reciclagem do vidro e do aço contribuem com emissões negativas de -18,7 kg CO<sub>2</sub>-eq e -61,4 kg CO<sub>2</sub>-eq, respectivamente. Os demais componentes (madeira, borracha, poliestireno expandido e as perdas do aço não-reciclado) não são recicláveis e são encaminhados para o aterro sanitário.

A reciclagem do vidro proporciona crédito de carbono, tendo em vista que as emissões associadas a 14,40 kg de vidro são 14,80 kg CO<sub>2</sub>-eq e quando há reciclagem, ocorrem emissões evitadas de -18,70 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Comparando-se as Figura 3 e Figura 4, observa-se que houve uma redução de 68,87% nas emissões de GEE quando o descarte final muda do aterro sanitário, cenário 1, para a reciclagem de vidro e aço no cenário 2 (de 160 kg CO<sub>2</sub>-eq para 49,80 kg CO<sub>2</sub>-eq).

Os benefícios associados à reciclagem do vidro já haviam sido discutidos e evidenciados anteriormente por Mühle, Balsam, e Cheeseman (2010) e Vinci *et al.* (2019), com comprovados benefícios em termos de eco-eficiência, custos, e emissões. Tanto a reciclagem quanto a utilização do forno solar em si estão alinhados em termos gerais com o ODS 12, relacionado ao consumo eficiente de recursos naturais (e energéticos), assim como meios de produção sustentáveis.

Reconhecendo a importância da análise do inventário do ciclo de vida como contribuição na gestão e identificação de impactos ambientais em processos produtivos, enfatiza-se aqui a relevância da apresentação detalhada de dados de inventário de ciclo de vida e resultados de ACV como forma de complementação das análises termodinâmicas já existentes. A ACV permite considerar o desempenho ambiental de diferentes produtos, procedimento cada vez mais requerido por diversos atores sociais, e para que a ACV possa ser utilizada de modo amplo e confiável, faz-se necessário que se construam inventários regionais que possam ser empregados até para *benchmarking*. Ressalta-se que a etapa de construção do inventário é a base para uma ACV, podendo ser usada na análise de processos, seleção de material, avaliação de produto, comparação de produto, e até na formulação de políticas.

#### 4 CONCLUSÕES

Este estudo apresenta o inventário de ciclo de vida detalhado de um forno solar do tipo caixa, com posterior aplicação da metodologia da ACV para quantificação das emissões de GEE.

Quando se considerou que o aterro sanitário foi o destino final do forno após o final de sua vida útil, as emissões de GEE associadas a este cenário foram de 160 kg CO<sub>2</sub>-eq. Quando foi considerado que o vidro e o aço poderiam ser reciclados, as emissões reduziram para 49,80 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Demonstrou-se neste estudo a importância de estratégias para a destinação correta de resíduos. Neste caso, a reciclagem pode contribuir com reduções importantes nas emissões de GEE quando comparada à destinação convencional (aterro sanitário).

O inventário de ciclo de vida é um tema que deve ser cada vez mais estudado e discutido, já que é essencial para aprofundar o conhecimento dos processos e consequente redução dos impactos ambientais.

Trabalhos futuros já estão em andamento, para a realização de uma comparação com um forno convencional no caso de estudo do cozimento de bolos.

#### 5 AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade nº 309452/2021-0, e ao *Gobierno de Aragón* (Espanha) pelo financiamento do Grupo de *Ingeniería Térmica y Sistemas Energéticos* (GITSE) referência T55\_20R.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014a). Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura: NBR ISO 14040, Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014b). Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações: NBR ISO 14044, Rio de Janeiro: ABNT.

Ali, J., & Khan, W. (2022). Factors affecting access to clean cooking fuel among rural households in India during COVID-19 pandemic. *Energy for Sustainable Development*, 67, 102-111.

Andrianaivo, L., & Ramasiarinoro, V. J. (2014). Life cycle assessment and environmental impact evaluation of the parabolic solar cooker SK14 in Madagascar. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(2), 191-1195. <https://doi.org/10.7763/JOCET.2014.V2.121>.

ANP, Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <https://preco.anp.gov.br/>. Acesso em: 10 mai 2022.

Bisaga, I., & LS, T. (2021). Clean Cooking in Refugee Camps and COVID-19: What Lessons Can We Learn. *Modern Energy Cooking Services Programme*. Disponível em: <https://mecs.org.uk/wp-content/uploads/2021/04/Clean-cooking-in-refugee-camps-and-COVID-19-what-lessons-can-we-learn-1.pdf> Acesso em 25 ago. 2022.

Chakma, B., Serto, L., Kharpude, S., Narale, P., & Seveda, M. S. (2021). Life cycle assessment analysis, embodied energy evaluation and economic aspect study of double mirror reflector box type solar cooker for NEH region of Sikkim. *International Journal of Green Energy*, 1-18.

Gioda, A., Tonietto, G. B., & Leon, A. P. D. (2019). Exposição ao uso da lenha para cocção no Brasil e sua relação com os agravos à saúde da população. *Ciência & saúde coletiva*, 24, 3079-3088. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232018248.23492017>. Epub 05 Ago 2019. ISSN 1678-4561.

Khatri, R., Goyal, R., & Sharma, R. K. (2021). Advances in the developments of solar cooker for sustainable development: a comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111166.

Kumar, A., Saxena, A., Pandey, S. D., & Joshi, S. K. (2022). Design and performance characteristics of a solar box cooker with phase change material: A feasibility study for Uttarakhand region, India. *Applied Thermal Engineering*, 118196. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118196>.

Mendoza, J. M. F., Gallego-Schmid, A., Rivera, X. C. S., Rieradevall, J., & Azapagic, A. (2019). Sustainability assessment of home-made solar cookers for use in developed countries. *Science of the total environment*, 648, 184-196.

Michael, Z. H., Ralph, K. R., & Stig, I. O. (2018). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*.

Mühle, S., Balsam, I., & Cheeseman, C. R. (2010). Comparison of carbon emissions associated with municipal solid waste management in Germany and the UK. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 793-801.

Pereira Neto, R. V., de Souza, L. G. M., de Lima, J. C., de Souza, L. G. V. M., & Mendes, E. V. (2021). Theoretical-experimental study of a box-type solar oven made from disused recyclable elements. *Solar Energy*, 230, 732-746.

Pré-Sustainability. Software Simapro 9.0.0.35. (2018).

Ruivo, C., Apaolaza-Pagoaga, X., Coccia, G., & Carrillo-Andrés, A. (2022). Proposal of a non-linear curve for reporting the performance of solar cookers. *Renewable Energy*, 191, 110-121. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.026>.

SOLAR COOKERS INTERNATIONAL - SCI. (2021) Disponível em: <https://solarcooking.fandom.com/wiki/Category:Countries>. Acesso em 18 mai 2022.

UN - UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. Disponível em: [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E). Acesso em: 13 maio de 2022.

Varun, K., Arunachala, U. C., & Vijayan, P. K. (2022). Sustainable mechanism to popularise round the clock indoor solar cooking–Part I: Global status. *Journal of Energy Storage*, 54, 105361.

Verma, S., Banerjee, S., & Das, R. (2022). A fully analytical model of a box solar cooker with sensible thermal storage. *Solar Energy*, 233, 531-542. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.12.035>.

Vinci, G., D’ascenzo, F., Esposito, A., Musarra, M., Rapa, M., & Rocchi, A. (2019). A sustainable innovation in the Italian glass production: LCA and Eco-Care matrix evaluation. *Journal of cleaner production*, 223, 587-595.

Zubi, G., Spertino, F., Carvalho, M., Adhikari, R. S., & Khatib, T. (2017). Development and assessment of a solar home system to cover cooking and lighting needs in developing regions as a better alternative for existing practices. *Solar Energy*, 155, 7-17.