

# COMPARAÇÃO ENTRE DUAS METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE PRODUTOS COMERCIAIS PLÁSTICOS

Paulo Roberto Zebellini de Sá<sup>1</sup>, Patrícia Schmid Calvão<sup>2</sup>, Hugo Mitsuo Sakamoto<sup>3</sup>, Adriana M. Catelli de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade de São Paulo

<sup>3</sup>Departamento de Ciências Sociais e Jurídicas, Centro Universitário FEI

paulo.zebellini@gmail.com; amcsouza@fei.edu.br

**Resumo:** O presente projeto teve como objetivo comparar duas metodologias de avaliação do desempenho ambiental de garrafas de polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD), para diferentes tipos de descartes (incineração, aterro, reciclagem). As ferramentas utilizadas foram a auditoria ecológica encontrada no software ANSYS GRANTA EduPack® e a avaliação de ciclo de vida (ACV) encontrada no software SimaPro.

## 1. Introdução

Por conta da crise ambiental enfrentada nas últimas décadas, proveniente da produção e consumo em massa de diversos produtos e embalagens em geral, se faz necessário o conhecimento dos impactos ambientais de cada etapa produtiva dos materiais e as tecnologias empregados na produção, a fim de se buscar soluções mais sustentáveis para os processos produtivos [1-2].

O pensamento do ciclo de vida vem como uma abordagem sistêmica para a melhor compreensão de como cada escolha afeta diretamente o que acontece em cada fase do ciclo de vida de um produto ou atividade industrial [3].

Dessa forma, a análise de ciclo de vida (ACV) tem ganhado muito destaque no meio acadêmico e nos setores de pesquisa, uma vez que ela tem se mostrado uma excelente ferramenta de comparação entre produtos e entendimento a respeito dos possíveis danos ambientais que cada produto, serviço ou tecnologia gera, desde a sua fabricação até o seu descarte.

A ACV é uma técnica que mede com precisão todos os possíveis impactos ambientais que um produto, serviço ou tecnologia gera do “berço ao túmulo”. Esta análise deve conter, cronologicamente e bem definidos: objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados [5,6]. É uma técnica relativamente trabalhosa, considerando principalmente a Análise de Inventário do Ciclo onde os dados são coletados e os procedimentos de cálculo específicos do sistema de produto estudado são definidos [7].

O objetivo desta pesquisa foi comparar o desempenho ambiental de garrafas de PP, PEAD e PEBD por meio de duas metodologias distintas: uma ACV tradicional e uma metodologia mais simplificada (Eco Audit) que visa apresentar dados sobre o impacto ambiental de cada etapa da produção de garrafas, não exigindo uma análise robusta inventário e modelagem do ciclo de vida. Esta metodologia analisa as cinco fases

da vida de um produto (material, fabricação, transporte, uso e descarte) e estima qual dessas fases demanda mais energia ou tem uma pegada de carbono maior [8].

## 2. Metodologia

A avaliação do desempenho ambiental de garrafas de PEAD, PEBD, PP realizada utilizando-se dois métodos distintos. O primeiro consistiu na realização da auditoria ecológica presente no software ANSYS GRANTA EduPack®. Os parâmetros inseridos na auditoria ecológica como quantidade de produtos, massa de cada produto e deposições finais foram convencionados e padronizados para todos os materiais, podendo ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na etapa de uso da auditoria ecológica.

Quantidade	Produto	Material	Massa(kg)	Processo primário	Processo secundário	Tipo de deposição
10000	Garrafa	Polipropileno	0,06	Extrusão Polimérica		Reciclagem
						Sub-reciclagem
						Remanufatura
						Combustão
10000	Garrafa	Polietileno de alta densidade	0,06	Extrusão Polimérica		Reciclagem
						Subciclagem
						Remanufatura
						Combustão
10000	Garrafa	Polietileno de baixa densidade	0,06	Extrusão Polimérica		Reciclagem
						Subciclagem
						Remanufatura
						Combustão
10000	Garrafa	Espuma de melamina	0,06	Extrusão Polimérica	Corte	Reciclagem
						Subciclagem
						Remanufatura
						Combustão
10000	Garrafa	Espuma de poliuretano	0,06	Extrusão Polimérica	Corte	Reciclagem
						Subciclagem
						Remanufatura
						Combustão

Para os parâmetros de transporte foi convencionada a distância total de 400 km realizados por caminhões de até 14 toneladas de capacidade de carga. Considerou-se um percurso de transporte que se iniciou na indústria de polimerização à indústria transformadora (produção das garrafas), da indústria transformadora à de produção do produto (como garrafas de água, refrigerante, shampoo, produtos de limpeza em geral e afins), desta para os centros comerciais e por fim o transporte final feito pela coleta da prefeitura, da garrafa descartada aos centros de deposição final (aterros, centros de reciclagem, etc.). Em relação à etapa do uso, assumiu-se um deslocamento total (ida e volta) aos centros comerciais de em média 6 km realizados em um carro familiar à gasolina em 120 dias por ano.

A outra metodologia utilizada foi a avaliação de ciclo de vida (ACV) realizada no software SimaPro de acordo com as normas NBR ISO 14040 (2001), NBR ISO 14044 (2009). A ACV das garrafas foi feita do berço ao túmulo, onde a fronteira do sistema se iniciou

na extração da matéria prima, passando pelo refino, polimerização, conformação da garrafa, produção do produto uso e finalizou-se na deposição final. Nesta considerou-se como possibilidades de deposição apenas o aterro, reciclagem e incineração. Também se convencionou 400 km como distâncias totais contempladas no sistema realizadas em um caminhão de 7,5 a 16 toneladas de capacidade de carga.

### 3. Resultados

Os resultados obtidos pelo método da auditoria ecológica realizado no software ANSYS GRANTA EduPack® e pela ACV no SimaPro foram compilados e podem ser observados nas figuras de 1 a 3.

Figura 1 - Comparação entre a ACV e a auditoria ecológica em relação ao consumo energético para as deposições finais e os materiais estudados.

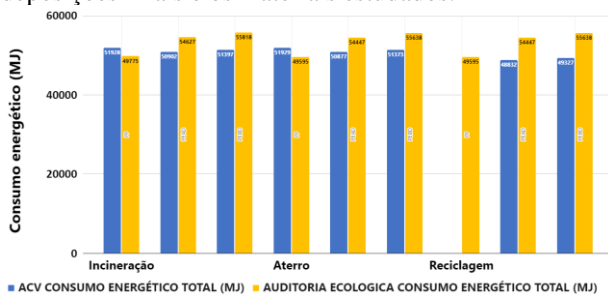


Figura 2 – Gráfico comparativo entre a ACV e a auditoria ecológica em relação à emissão de CO<sub>2</sub> para as deposições finais e os materiais estudados.

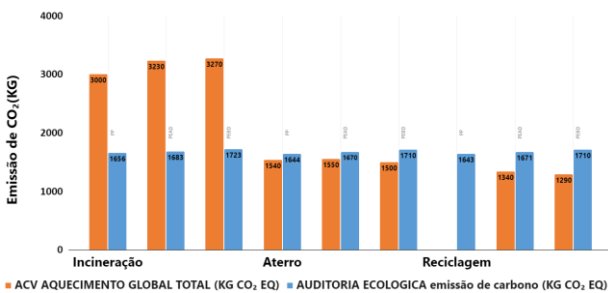
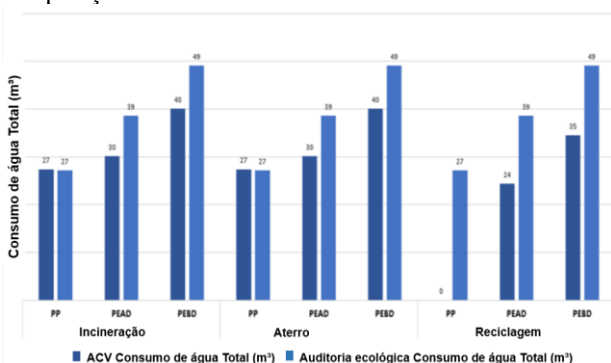


Figura 3 – Comparação entre a ACV e a auditoria ecológica em relação ao consumo de água para as deposições finais e os materiais estudados.



Comparando-se as duas metodologias de avaliação de impacto, observou-se que elas se mostraram extremamente similares em termos de resultados, porém com ressalvas como ocorreu no comparativo entre os

valores de aquecimento global na combustão (incineração). Os valores obtidos por ACV dependem da modelagem feita e dos níveis de sensibilidade dos inventários escolhidos.

Pela auditoria ecológica, tem-se uma unanimidade em relação ao PP ser o material mais ecossustentável nas três categorias de impacto. No entanto, analisando os dados obtidos pela avaliação de ciclo de vida pode-se notar que, tanto em emissão de CO<sub>2</sub> quanto em consumo energético, o PP apresenta os piores valores referentes a danos ambientais, mesmo que a diferença dele para os outros polímeros seja mínima, se mantendo como mais ecossustentável apenas na categoria de impacto uso de água.

### 4. Conclusões

Pode-se concluir que de maneira geral este trabalho mostrou que a auditoria ecológica, embora muito menos trabalhosa e limitada em questão de edição e modelagem, entrega resultados aproximados confiáveis referentes às categorias de impacto mais comentadas e pode-se observar um padrão de extrapolação para valores maiores de consumo energético, de água e de emissões de CO<sub>2</sub> da auditoria ecológica em relação à avaliação de ciclo de vida completa.

### 5. Referências

- [1] UNEP. Relatório da ONU sobre poluição plástica alerta sobre falsas soluções e confirma necessidade de ação global urgente, 2021.
- [2] V. Siracusa et al., *Food research International*, **62** (2104), 151-161.
- [3] Pensamento do ciclo de vida: negócios conscientes à caminho da sustentabilidade. Cuiabá: SEBRAE, 2017.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2017.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14044: Gestão ambiental — Avaliação do ciclo de vida — Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.
- [6] J. R. B. Chehebe. Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2002.
- [7] M. Ashby, *Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice*. 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 2013.

### Agradecimentos

À FEI por proporcionar o software e os professores qualificados para a boa realização deste projeto. Ao professor Hugo Mitsuo Sakamoto e ao Doutor Luiz Alexandre Kulay por me guiarem e me proporcionarem acesso ao software SimaPro, sem o qual não seria possível a realização da comparação entre os dois métodos.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 05/2022 a 04/2023.