

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

## SELEÇÃO DE MATERIAIS

Athos Bryan Oliveira  
João Victor Padilha  
Luiz Augusto Dembicki Fernandes  
Thiago Zagonel de Linhares

Curitiba, Dezembro de 2023

Athos Bryan Oliveira  
João Victor Padilha  
Luiz Augusto Dembicki Fernandes  
Thiago Zagonel de Linhares

## **SELEÇÃO DE MATERIAIS (MATERIAIS E MEIO AMBIENTE)**

Trabalho apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Química, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à aprovação na disciplina Resistência dos Materiais. Orientador: Prof. Dr. Haroldo de Araújo Ponte

Curitiba, Dezembro de 2023

## SUMÁRIO

SUMÁRIO	3
1. O MATERIAL E SEU CICLO DE VIDA	4
2. SISTEMA DE CONSUMO -MATERIAL E ENERGIA	5
3. ECO ATRIBUTOS	7
<a href="#">4. ECO-SELEÇÃO</a>	<a href="#">7</a>
5. ESTUDO DE CASO: Embalagem de bebida	8
<a href="#">5.1. A</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">5.1. B</a>	<a href="#">9</a>
REFERÊNCIAS	11

## **1. O MATERIAL E SEU CICLO DE VIDA**

O que se considera como ciclo de vida de um material? Como se pode trabalhar esta questão de ciclo de vida para reduzir o impacto ambiental de nossas necessidades atuais?

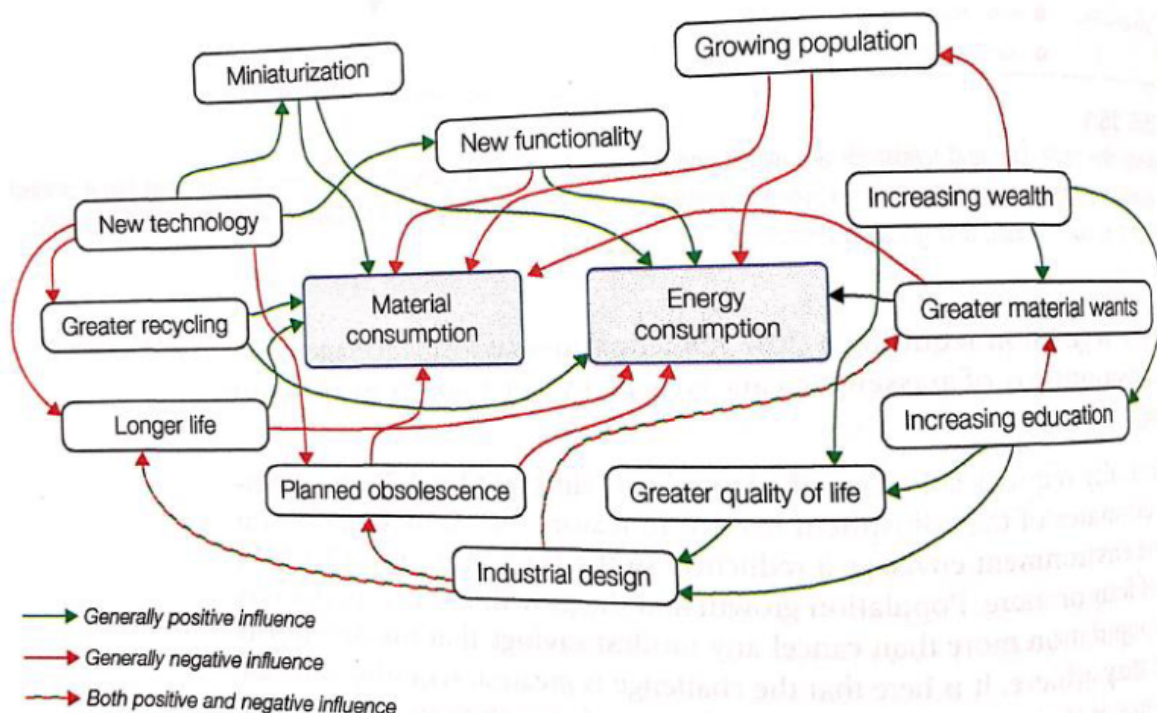
O ciclo de vida de um material é definido como todo o processo de uso de um material. Isso inclui a extração da matéria prima, os processos de manufatura, a distribuição, o uso e os processos de descarte e gestão do resíduo produzido. (US Environment Protection Agency, 2023).

Avaliar todo o ciclo de vida de um material ou produto permite avaliar o impacto ambiental associado à sua produção bem como formas de diminuir esse impacto. Uma ferramenta usada para isso é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Segundo a NBR ISO14040 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que especifica como conduzir a uma ACV, ela pode ajudar a:

1. Identificar oportunidades de diminuir o impacto ambiental de um produto em vários pontos do seu ciclo de vida.
2. Tomar decisões na indústria ou organizações governamentais, como no planejamento estratégico e para definir prioridades
3. Selecionar melhores indicadores de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição

Além disso, a avaliação do ciclo de vida oferece uma avaliação sistematizada e completa dos custos e impactos envolvidos na produção de um material, o que permite fazer comparações mais adequadas para escolher corretamente o material que causa menor impacto ambiental.

## 2. SISTEMA DE CONSUMO -MATERIAL E ENERGIA



O uso de tecnologias novas de produção pode trazer benefícios como reduzir a quantidade de material usado ou aumentar a vida útil de um produto. No entanto, essas tecnologias frequentemente são associadas a um maior uso de energia. Por isso pode ser desafiador decidir qual a melhor solução para reduzir o impacto ambiental.

Uma forma de abordar esse problema é procurar outras métricas em comum que permitam avaliar o impacto dos materiais e da energia. Uma medida frequentemente usada é a de emissão de dióxido de carbono ou de gases de efeito estufa. Pode-se estimar as emissões causadas pela produção do material e pela produção da energia e comparar qual caminho, o que usa mais material ou o que usa mais energia causa maiores emissões. Outra medida relevante que poderia ser adotada seria o consumo de água na produção do material e da energia.

Um exemplo do uso dessas medidas é o trabalho realizado por Thiel, Campion, Landis et al (2013). No estudo, os autores apresentaram uma ACV comparando construção de prédios sustentáveis (ou de baixo consumo energético) com os convencionais. Segundo os autores, os prédios sustentáveis apresentam um gasto de energia maior durante a fase de construção, apesar de permitirem uma

economia ao longo da sua vida útil. No estudo, para comparar os dois tipos de construção, os autores usaram como medidas de impacto o potencial de aquecimento global, o consumo de água, o risco de eutrofização das águas (associado à produção de painéis solares), e os riscos à saúde humana.

### 3. ECO ATRIBUTOS

A energia incorporada é definida como o total de energia usada para extrair, processar, transportar e fabricar um material ou produto. As emissões de carbono também se referem ao total de dióxido de carbono emitido em todo o processo de produção do material. A energia incorporada e as emissões de carbono do Polietileno (PE) e do PET são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Eco-atributos do PE e PET

	Energia incorporada (MJ/kg)	Emissões de carbono kg CO <sub>2</sub> /kg
PE	81,1	2,04
PET	85,0	2,35

FONTE: Cableizer, 2023

Rajagopal, Aken, Cheung et al. (2018), realizaram uma análise de ciclo de vida de diferentes materiais de embalagem para vinho. Após fazer uma análise de ciclo de vida, os autores apresentaram a energia incorporada e as emissões de carbono da produção do vidro e do aço usado nos barris para vinho. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Eco-atributos do vidro e do aço

	Energia incorporada (MJ/L)	Emissões de carbono (kg CO <sub>2</sub> /L)	Energia incorporada (MJ/kg)	Emissões de carbono (kg CO <sub>2</sub> /kg)
Vidro	7,89	0,69	12,6	1,10
Aço	0,21	0,023	64,5	7,06

FONTE: Rajagopal, Aken, Cheung et al. (2018)

### 4. ECO-SELEÇÃO

O que determina a contribuição para o impacto ambiental depende de diversos fatores na cadeia produtiva e de obsolescência do produto. O tipo de material e a forma como ele é extraído e refinado dita o quanto o produto gera consequências ao meio ambiente. Por exemplo, a obtenção de materiais e o refino

de materiais por processos com baixa emissão de carbono, renováveis, com baixos resíduos ou sem a utilização de combustíveis fósseis diminuem grandemente o impacto ambiental causado. O mesmo material pode ser produzido por diferentes processos, e por isso é importante se atentar a tudo que gira em torno da cadeia produtiva e seu ciclo de vida.

A quantidade total de energia consumida por todo ciclo de vida do produto é conhecida como “Embodied Energy”. Essa energia consumida é relacionada tanto para a energia direta gasta nos processos de obtenção do produto, como para a energia associada indiretamente ao produto por atividades secundárias, como o descarte, reciclagem, manutenção, infraestrutura e transporte.

A “Embodied Energy” pode ser dividida em dois tipos principais:

- Embodied Primary Energy: Quantidade total de energia relacionada aos processos de obtenção das matérias primas, fabricação, transporte, uso e descarte.
- Embodied Carbon: Tem o foco em quantificar as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na obtenção e fabricação dos produtos e seu consequente uso. Essa energia é calculada para obter análises relacionadas aos impactos climáticos que determinado produto causa ao meio ambiente.

## 5. ESTUDO DE CASO: Embalagem de bebida

### 5.1. A

Tabela 3 - Relação Energia de produção X Peso por litro

	Energia incorporada + Energia de formação/(MJ/kg)	Massa para 1 litro/ (g)	Energia Total / (MJ)
PE	84,1	38	3,1958 MJ
PET	87,1	62	5,4002 MJ



Vidro	20,4	433	8,8332 MJ
Alumínio	210,13	45	9,455 85 MJ
Aço	32,15	102	3,2793 MJ

FONTE: Os Autores, 2023

Assim o mais econômico, em questão de energia para produção de embalagens de um litro, é o PE de alta densidade seguido do aço carbono comum. É válido ressaltar que isso ignora qual a substância que será embalada já que o aço corrói facilmente e pode contaminar o produto.

### 5.1. B

Primeiramente é necessário calcular a quantidade de energia de reciclagem para comparar com a energia gasta para a produção de novos produtos. Logo após, realizar a diferença entre os valores para analisar o quanto a reciclagem é benéfica em relação a uma nova produção. O cálculo foi realizado pelo software “excel” a partir dos dados das tabelas fornecidas.

A tabela 4 mostra a energia incorporada de uma tonelada de material, a energia de reciclagem e o potencial de economia de energia com a reciclagem. O potencial de redução de emissões de carbono foi calculado usando os dados do “mix de energia” do Brasil, considerando que são emitidos 0,08 kg de CO<sub>2</sub> por kWh.

Tabela 4 - Valores de energia de reciclagem e a relação com a energia de produção normal.

	Energia incorporada (MJ/ton)	Energia de reciclagem (MJ/ton)	Economia de energia (MJ/ton)	Economia de energia (kWh/ton)	Redução nas emissões (kgCO <sub>2</sub> /ton)
PE	84100	27000	57100	15861	1268,9
PET	87100	28000	59100	16417	1313,3
Vidro	20400	8700	11700	3250	260,0
Alumínio	210130	33000	177130	49203	3936,3
Aço	32150	8500	23650	6569	525,6

FONTE: Os Autores, 2023

Essa energia que foi evitada de ser gasta ao realizar a reciclagem dos produtos traz um retorno econômico relativamente alto. Além disso, a diferença entre a quantidade de carbono emitida com a produção de novos produtos, e a quantidade de carbono utilizada na reciclagem, pode ser convertida em créditos de carbono em diversas legislações. As quantidades de carbono e o retorno econômico considerando um valor de U\$5,00 por tonelada de CO<sub>2</sub> para crédito de carbono estão dispostos na tabela 5.

TABELA 5 - Reduções nas emissões de carbono e retorno financeiro

	Emissões material (kgCO <sub>2</sub> /ton)	Emissões reciclagem (kgCO <sub>2</sub> /ton)	Redução nas .emissões (kgCO <sub>2</sub> /ton)	Redução total (energia + material)	Retorno econômico (US\$)
PE	2200	940	1260	2529	12644,50
PET	2700	1500	1200	2513	12566,72
Vidro	760	530	230	490	2450,01
Alumínio	12000	2600	9400	13336	66681,27
Aço	2400	670	1730	2256	11277,80

FONTE: Os Autores, 2023

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

CABLEIZER. **Energia incorporada e carbono**. 2023. Disponível em: <<https://www.cableizer.com/documentation/EEC/>>

CAMARATTA R.; VOLKMER T. M. ; OSORIO A. G. **Embodied energy in beverage packaging**. 2020. Journal of Environmental Management, Volume 260, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110172>.

RAJAGOPAL, D.; VAN AKEN, B.; CHEUNG, C. H.; FLORIN, A.; LONG, L.; SANCHEZ, M. **Life Cycle Assessment of Wine Packaging**. UCLA enviromental practicum, 2018. Disponível em: <[https://www.ioes.ucla.edu/wp-content/uploads/Final-Report\\_Fetzer-2017-18-FINAL.pdf](https://www.ioes.ucla.edu/wp-content/uploads/Final-Report_Fetzer-2017-18-FINAL.pdf)>.

THIEL, C. L.; CAMPION N.; LANDIS, A. E.; JONES, A. K.; SCHAEFER, L. A.; BILEC, M. M. A Materials Life Cycle Assesment of a Net-Zero Energy Building. Energies, v. 6, n. 2, p. 1125-1141. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/en6021125>>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Sustainable Material Management Basics**. 2023. Disponível em: <<https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-basics>>