

Fábio Waisenberg Dicezare

Análise de ciclo de vida de garrafas de vinho na cidade de São Paulo:  
consequências e oportunidades através da economia circular

São Paulo

2019

Fábio Waisenberg Dicezare

Análise de ciclo de vida de garrafas de vinho na cidade de São Paulo:  
consequências e oportunidades através da economia circular

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção de Título de Engenheiro de Materiais.

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da USP.

Prof. Dr. Cesar Roberto de Farias Azevedo

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

#### Catalogação-na-publicação

Dicezare, Fabio

Análise de ciclo de vida de garrafas de vinho na cidade de São Paulo:  
consequências e oportunidades através da economia circular / F. Dicezare --  
São Paulo, 2014.

65 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

1.Economia circular 2.Analise de ciclo de vida 3.Garrafa de vinho  
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de  
Engenharia Metalúrgica e de Materiais II.t.

## Agradecimentos

Aos meus pais, Renée e Bernardo, que sempre apoiaram minhas decisões e me proporcionaram passar por todas as fases da vida de forma saudável. Sempre com muito carinho e atenção, tentando fazer com que eu me tornasse uma pessoa boa e que pudesse trazer algo bom ao mundo e as pessoas a minha volta.

À minha irmã, Ana Clara, que sempre foi minha motivação para aprender e servir de exemplo.

À Escola da Vila, colégio construtivista no qual estudei, que me proporcionou entender o mundo de maneira crítica, sabendo valorizar o humano e me mostrando que nem tudo se resume à ganhos financeiros ao longo da vida.

À Escola de Engenharia de São Carlos – USP, onde aprendi que a preocupação com o meio ambiente é vital e que se cada um fizer sua parte e souber militar de forma correta podemos contribuir de maneira positiva para o bem-estar das futuras gerações.

À Escola Politécnica – USP, em especial o Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, onde aprendi a enxergar o mundo de forma pragmática e objetiva. A ciência dos materiais me trouxe uma abordagem nova sobre todos os processos cotidianos que nos cercam.

Ao Centro Moraes Rego – CMR, local em que construí grande amizades e valores. Aprendi a lidar com decepções, inspirar pessoas e valorizar o movimento estudantil.

## **Lista de figuras**

Figura 1: Evolução dos índices de reciclagem de vidro no Brasil, 2003/2011 (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014). ....	5
Figura 2: Destino das embalagens de vidro no Brasil (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014). ....	6
Figura 3: Linearidade na cadeia produtiva (F.Ashby, 2016).....	7
Figura 4: Obstáculos e oportunidade para a economia circular dos materiais (F.Ashby, 2016). ....	9
Figura 5: Sistema produtivo linear vs. circular.....	10
Figura 6: Diagrama da borboleta (Confederação Nacional da Indústria, 2018). ....	16
Figura 7: Escolha do nível da base de dados que será utilizada no software. ....	18
Figura 8: Página inicial do software e as opções de análises possíveis. ....	18
Figura 9: Entradas necessárias para a realização da ACV no campo “Eco Audit”....	19
Figura 10: Opções da base de dados do software para a escolha dos materiais. ....	19
Figura 11: Informações gerais sobre o vidro sodo cálcico, ilustrando o banco de informações que existe por trás do software e que é utilizado na ACV.....	20
Figura 12: Informações de reciclagem do vidro sodo cálcico, ilustrando o banco de informações que existe por trás do software e que é utilizado na ACV.....	20
Figura 13: Escolha do tipo de matéria prima que será utilizada para a produção do material.....	21
Figura 14: Escolha do tipo de disposição final que será dada ao material. ....	21
Figura 15: Fluxograma de definições da ACV segundo a NBR ISSO 14040 (ABNT, 2001). ....	24
Figura 16: Mapa que ilustra o trajeto percorrido da vinícola Aurora até o Beverino..	26
Figura 17: Ilustração do trajeto de destinação final realizado no cenário 1.....	27
Figura 18: Parâmetros utilizados para a criação da ACV do cenário 1. ....	27
Figura 19: Ilustração do trajeto de destinação final realizado no cenário 2.....	28

Figura 20: Parâmetros utilizados para a criação da ACV do cenário 2.	29
Figura 21: Ilustração do trajeto de destinação final realizado no cenário 3.	30
Figura 22: Parâmetros utilizados para a criação da ACV do cenário 3.	31
Figura 23: Gráfico comparativo da distância percorrida pelas garrafas nos três cenários.	32
Figura 24: Faixada do restaurante Beverino, localizado no bairro da Santa Cecília (centro de São Paulo).	34
Figura 25: Cozinha do estabelecimento, de frente para o salão. Local onde os pratos são montados e servidos.	34
Figura 26: Introdução do aplicativo Cataki, explica brevemente qual a funcionalidade e ferramentas propostas	35
Figura 27: Análise do ciclo de vida do cenário 1.	38
Figura 28: Análise do ciclo de vida do cenário 2.	40
Figura 29: Análise do ciclo de vida do cenário 3.	42
Figura 30: Polietileno utilizado para preservar rolhas em garrafas de vinho.	44
Figura 31: Garrafas de vinho vazias vendidas no período de uma semana, a espera de serem destinada para a reciclagem	46

## **Lista de tabelas**

Tabela 1: Percentual de recuperação de resíduos sólidos domésticos (RSD) secos no Brasil, por tipo de material, 2012 (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014) .....	4
Tabela 2: Definições e interpretações da literatura sobre economia circular. ....	11
Tabela 3: Descrição dos parâmetros utilizados igualmente entre os três cenários... <td>25</td>	25
Tabela 4: Descrição da matéria prima e da disposição final para cada cenário.....	32
Tabela 5: Pegada de <i>CO<sub>2</sub></i> e gasto energético em valores absolutos e representativos, separados por fases do ciclo de vida da garrafa de vidro de vinho no cenário 1.....	39
Tabela 6: Pegada de <i>CO<sub>2</sub></i> e gasto energético em valores absolutos e representativos, separados por fases do ciclo de vida da garrafa de vidro de vinho no cenário 2 .....	41
Tabela 7: Pegada de <i>CO<sub>2</sub></i> e gasto energético em valores absolutos e representativos, separados por fases do ciclo de vida da garrafa de vidro de vinho no cenário 3 .....	43
Tabela 8: Resumo das principais premissas em cada cenário e a emissão de <i>CO<sub>2</sub></i> calculada em cada cenário.....	43
Tabela 9: Pegada de <i>CO<sub>2</sub></i> na fase material separada por cenário. ....	44
Tabela 10: Pegada de <i>CO<sub>2</sub></i> na fase de manufatura separada por cenário. ....	45
Tabela 11: Consumo de garrafas de vinho do Beverino no período analisado .....	47
Tabela 12: Resumos das principais diferenças de pegada de <i>CO<sub>2</sub></i> (kg) entre cada cenários por fase do ciclo de vida da garrafa de vinho. ....	48
Tabela 13: Estimativa da pegada de <i>CO<sub>2</sub></i> na cidade de São Paulo por cenário de ACV.	
.....	51

## Resumo

O mercado de vinhos no Brasil apresenta grande relevância atualmente, além de possuir perspectivas altas de aumento. Considerando a alta geração de resíduos que a indústria de vinho possui, em especial as garrafas de vidro, se faz necessário entender como a gestão destes resíduos ocorre e se ela está em confluência com práticas de sustentabilidade e redução de impactos ambientais. O estudo foi realizado na cidade de São Paulo, considerado o maior mercado consumidor do país. Conceitos de economia circular foram utilizados para entender e criticar a gestão destes resíduos, com o auxílio da metodologia de análise do ciclo de vida, realizada a partir do software educacional CES EduPack 2019. O restaurante de vinhos naturais biodinâmicos Beverino foi utilizado como caso de estudo, a fim de ilustrar a realidade do consumo e gestão deste produto. Utilizando as informações coletadas no restaurante foram desenvolvidos três cenários para a avaliação do ciclo de vida das garrafas de vinho. Os parâmetros alterados foram a matéria prima, a logística e a disposição final das garrafas de vinho. Estimativas de impacto de gasto energético e de emissão de  $CO_2$  foram realizadas para a cidade de São Paulo, a fim de compreender o efeito da implementação dos conceitos de economia circular.

## Palavras chave

Garrafa de vinho; Economia circular; Análise de ciclo de vida

## Abstract

The Brazilian wine market has great relevance today, besides having high prospects of increase. Considering the high generation of waste that the winery industry has, especially the glass bottles, it is necessary to understand how the management of this waste occurs and if it is in confluence with sustainability practices and policies of environmental impacts reduction. The study was conducted in the city of São Paulo, considered to have the largest consumer market in the country. Circular economy concepts were used to understand and criticize the management of these wastes, with the aid of the life-cycle assessment methodology, based on the educational software CES EduPack 2019. The restaurant Beverino was used as a case study to illustrate the reality of consumption and management of this product. Using the information collected in the restaurant, three scenarios were developed to evaluate the life cycle of wine bottles. The altered parameters were the raw material, the logistics and the final disposal of the wine bottles. Estimates of the impact of energy expenditure and  $CO_2$  emissions were made for the city of São Paulo, in order to understand the effect of the implementation of circular economy concepts.

## Key-words

Wine bottle; Circular economy; Life-cycle assessment

## Sumário

1.	Introdução .....	2
2.	Revisão bibliográfica .....	3
2.1.	Cenário brasileiro de garrafas de vidro .....	3
2.2.	Economia circular.....	7
3.	Metodologia.....	17
3.1.	CES Edupack 2019 .....	17
3.2.	Análise do ciclo de vida (ACV) .....	23
3.3.	Visita ao Restaurante Beverino.....	33
4.	Resultados .....	37
4.1.	Análise do ciclo de vida da garrafa de vinho (ACV) – Cenário 1 .....	38
4.2.	Análise do ciclo de vida da garrafa de vinho (ACV) – Cenário 2 .....	40
4.3.	Análise do ciclo de vida da garrafa de vinho (ACV) – Cenário 3 .....	42
4.4.	Embalagem e proteção da rolha .....	44
4.5.	Caso Beverino.....	46
5.	Discussão.....	48
6.	Conclusões .....	52
7.	Bibliografia .....	54

## 1. Introdução

Embora 95% da produção nacional de vinho concentre-se no estado do Rio Grande do Sul, o maior mercado consumidor encontra-se na região Sudeste, especificamente na cidade de São Paulo. As embalagens utilizadas para o vinho são, em sua maioria, garrafas de vidro, um material que no âmbito da economia circular apresenta vantagens devido a sua alta capacidade de reciclagem.

Soma-se a esse cenário o fato de que segundo dados do (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014) apenas 45% do vidro utilizado no Brasil é reciclado e que para garrafas de vinho essa porcentagem pode ser de até 90%. Portanto, é levantada a hipótese da possibilidade de um aumento significativo na reciclagem das garrafas de vidro através de medidas socioeducativas e logísticas. Além disso, soluções que viabilizem o reuso de garrafas possui extrema importância, levando em consideração que o reuso possui impacto muito maior na diminuição da geração resíduos sólidos e da geração de impactos ambientais.

Esse trabalho tem por objetivo estudar o ciclo de vida de garrafas de vinho na cidade de São Paulo usando o software educacional de auditoria ambiental - CESEdupack 2019. Os resultados desta análise foram discutidos com o intuito de melhorar o destino e reuso das garrafas segundo teorias de economia circular.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Cenário brasileiro de garrafas de vidro

Segundo a Organização Internacional da vinha e do vinho (OIV), 70,6% da produção mundial de vinho tem origem na Europa, 16,1% na América, 4,5% na Ásia, 5,1% na Oceania e 3,7% na África. Os países que mais produzem são França, Itália, Espanha, Estados Unidos, Argentina e Austrália, respectivamente. No Brasil, 95% da produção está concentrada no estado do Rio Grande do Sul. O estado possui aproximadamente 12,8 mil unidades produtoras de uva, 620 estabelecimentos vinificadores e 46,3 mil pessoas envolvidas nestas atividades. O restante da produção nacional se encontra em Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Santa Catarina e São Paulo. O maior mercado consumidor de vinhos do Brasil se encontra na região sudeste, em especial no estado de São Paulo. Nos últimos três anos o consumo de vinho no brasil teve aumento de 15,85% e em 2019 deve chegar a 340 milhões de litros consumidos, entre vinhos de mesa, vinhos finos e espumantes (Instituto Brasileiro do Vinho (Ibravin)). A taxa de aumento do consumo e os valores de consumo fazem com que esse tema se torne uma preocupação no que diz respeito aos resíduos produzidos.

Portanto, é necessário entender qual o cenário em que a cidade de São Paulo se encontra em relação aos resíduos produzidos, em especial ao vidro. Para isso o plano de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade de São Paulo (PGIRS) será estudado. O PGIRS é um instrumento da política nacional de resíduos sólidos, este instrumento estabelece para todos os atores envolvidos com os resíduos sólidos quais ações devem ser tomadas para que no tempo determinado os objetivos da política nacional de resíduos sólidos sejam atingidos. A diretriz fundamental que norteia o PGIRS em escala de prioridades é a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada apenas para os rejeitos. Portanto, é necessário aprofundar e entender melhor como essas diretrizes funcionam e são estabelecidas na cidade de São Paulo, desde o ponto de vista teórico dos resíduos até a produção real de resíduos na cidade.

Dentre as classificações de resíduos sólidos, existem os resíduos sólidos domiciliares secos (RSD Secos). Estes são classificados como recicláveis ou reutilizáveis. Constituem-se de materiais como papel, papelão, vidro, metais

(ferrosos e não ferrosos) e plásticos (moles e duros). Este tipo de resíduo representa certa de 1/3 dos resíduos coletados em domicílios. A Tabela 1 ilustra os dados de recuperação de resíduos sólidos domiciliares secos do Brasil, por tipo de material para o ano de 2012. Dos resíduos sólidos recuperados, o maior percentual de recuperação se dá com o alumínio (98,5%), seguido de papelão (72,7%), plástico (56,8%), vidro (49,9%) e aço (49,2%) (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014).

*Tabela 1: Percentual de recuperação de resíduos sólidos domésticos (RSD) secos no Brasil, por tipo de material, 2012 (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014).*

	total (ton/dia)	% da massa total	% recuperada
Plástico	2.841,0	13,5	56,8
Alumínio	711,0	2,9	98,5
Aço	1.698,0		49,2
Papel/papelão	9.827,0	13,1	72,7
Vidro	2.926,0	2,4	49,9
Total	18.003,0	31,9	

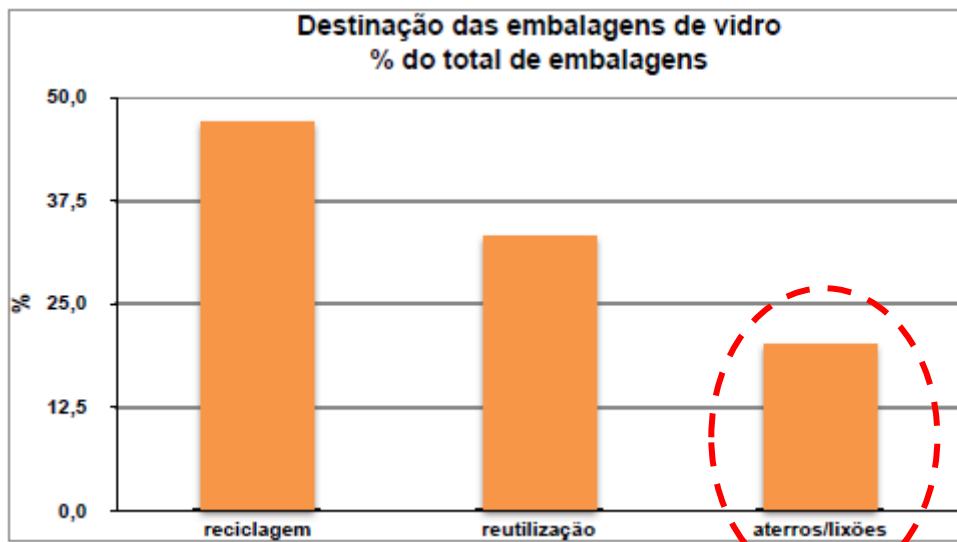
Neste projeto, o material foco de estudo será o vidro. O vidro também é um material residual da construção civil e dos serviços de transporte. A ampla capacidade de reciclagem do vidro, que possui a capacidade de ser 100% reciclado e por diversos ciclos é o que torna este material foco do estudo. A Figura 1 mostra a evolução dos índices de reciclagem do vidro no Brasil e de acordo com a projeção, no ano de 2019 o índice de reciclagem do vidro alcançaria patamares de 60%. O setor de vidros é composto por 4 segmentos, embalagens, vidros planos, utensílios domésticos e vidros técnicos ou vidros especiais. Afunilando novamente, o foco de estudo deste projeto será seu uso como embalagens. Este segmento representa certa de 43% do volume consumido.

*Figura 1: Evolução dos índices de reciclagem de vidro no Brasil, 2003/2011 (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014).*



Além da alta capacidade de reciclagem, o vidro também apresenta um fator de muito interesse, sua alta capacidade de ser reutilizado. Isso ocorre com maior frequência com embalagens, em especial as de bebidas (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014). O terceiro afunilamento que será feito neste projeto é o estudo de embalagens de bebidas. Considerando o total de embalagens de vidro encaminhadas para reciclagem e as reutilizadas, atingem-se índices acima de 70% de reaproveitamento. A Figura 2 ilustra a destinação final das embalagens de vidro no Brasil. Ainda é muito preocupante o fato de cerca de 20% da embalagens terem como destino aterros e lixões, tanto do ponto de vista dos impactos ambientais gerado quanto das oportunidades que surgem desse montante (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014).

*Figura 2: Destino das embalagens de vidro no Brasil (Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos, 2014).*



A partir das informações levantadas acima, é evidente que este tipo de produto possui uma alta capacidade de se enquadrar em sistemas circulares de uso, a partir do reuso e da reciclagem. Portanto, trata-se de um material com alto potencial de ser introduzido em sistemas que respeitem os conceitos de economia circular.

## 2.2. Economia circular

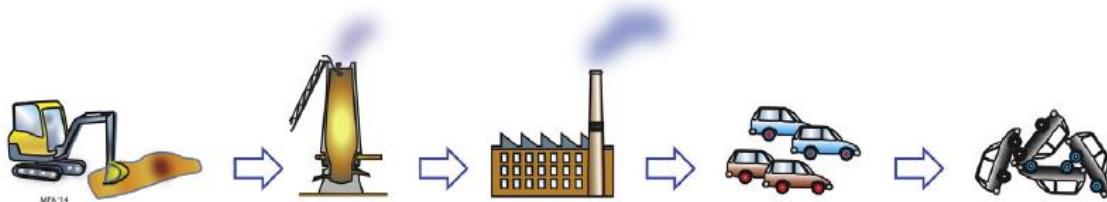
Atualmente, a grande parte dos materiais utilizados segue uma cadeia linear muito simples:

*Retirar do ambiente → Produzir um produto → Utilizar o produto → Disposição final*

Esta cadeia linear não é sustentável a partir do momento que os recursos que utilizamos são finitos quantitativamente. Não é recente o discurso de que devemos reparar, reutilizar e reciclar os materiais contidos nos produtos, porém nem sempre é palpável ou economicamente viável empregar qualquer um dos “três R’s” na cadeia produtiva. Não se trata de reinserir os materiais dentro da cadeia, mas sim de repensar a cadeia, redesenhando-a de forma que seja viável economicamente e que ainda contenha efeito ambiental (F.Ashby, 2016).

Antes da revolução industrial os materiais possuíam valor agregado maior do que da mão de obra. Neste estágio da economia a mão de obra certificava que os materiais utilizados em produtos tivessem manutenção, reparos e melhorias. Desta forma, a eficiência dos materiais era muito grande. Após a revolução industrial, os métodos de manufatura se desenvolveram muito, baixando os custos de mão de obra e de matéria prima. Assim se tornou mais vantajoso utilizar os materiais apenas uma vez, já que depois de certo tempo o custo daquele material seria cada vez menor. Deste modo a utilização dos materiais se tornou linear, sem retorno ao ciclo produtivo, vide Figura 3 (F.Ashby, 2016).

*Figura 3: Linearidade na cadeia produtiva (F.Ashby, 2016).*



Com o crescimento da população e por consequência o crescimento da demanda por produtos, a ideia de uma cadeia produtiva linear começa a não ser tão vantajosa, já que a oferta pelos materiais é finita. A partir disso, a tendência de custo dos materiais é de aumento, forçando maior eficiência na utilização dos materiais (F.Ashby, 2016).

Os materiais na economia circular são vistos como bens de valor que podem retornar de modo positivo à cadeia produtiva e não como resíduos sem valor. Uma analogia interessante é pensar no capital que é utilizado e depois reinvestido na mesma cadeia do mercado financeiro, sempre gerando valor. Materiais em forma de resíduos não são uma opção viável dentro dos conceitos de economia circular. Ao invés disso, o uso dos materiais deve ser menos degradante, materiais podem ganhar usos secundários ou serem re inseridos dentro da cadeia produtiva a partir da reciclagem. A maior quantidade de materiais que puder ser mantida dentro da cadeia de utilização, dentro da caixa de valores, melhor é (F.Ashby, 2016).

A economia circular significa mais do que somente a reciclagem eficiente de materiais, significa alterar a ideia de *consumir* materiais para a ideia de *utilizar* materiais. Isso implica uma maneira completamente diferente de lidar com os materiais, desde a concepção dos produtos até os usos que serão empregados (F.Ashby, 2016).

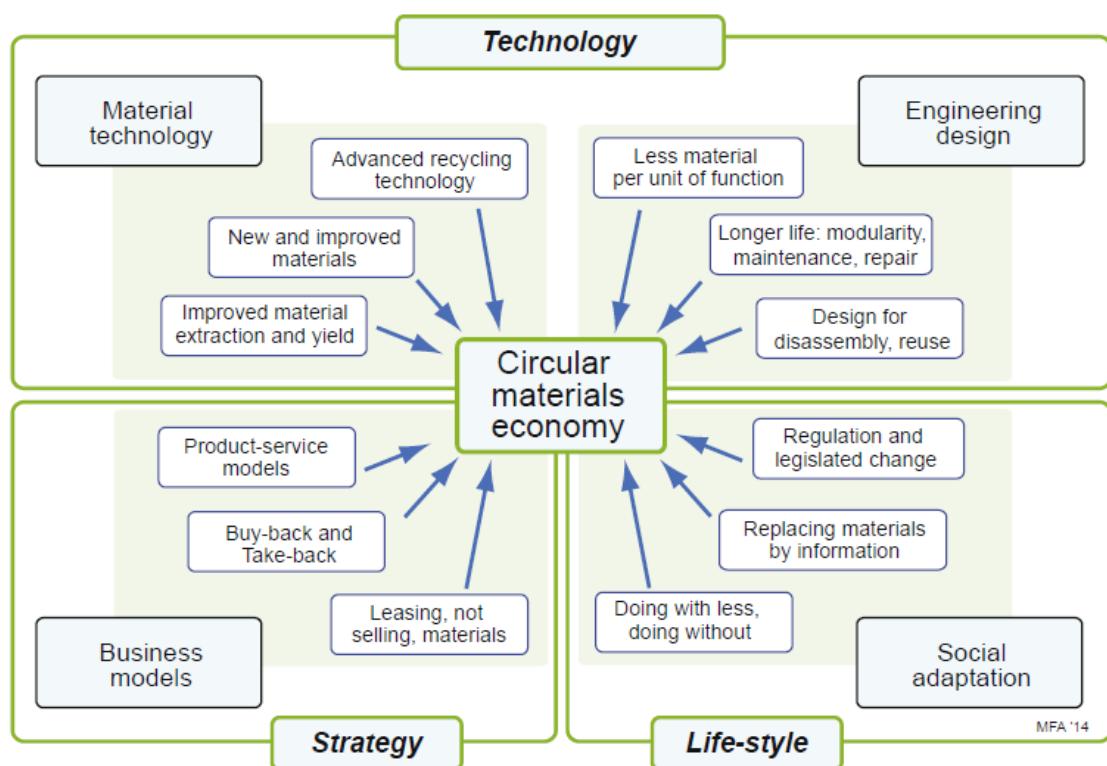
Eficiência de materiais significa dar mais usos para materiais com menos processamento. A eficiência de materiais faz com que se mantenha a maior quantidade de materiais dentro da cadeia de valor e não como resíduo. Para isso existem quatro estratégias necessárias para alcançar a economia circular de materiais (F.Ashby, 2016):

- Melhores materiais: Materiais mais tecnológicos e melhores.
- Melhoria de design e alongamento do ciclo de vida do material
- Modelos de negócio visando a economia circular
- Mudança de comportamento: Regulamentação e mudança de hábitos de consumo

A cadeia industrial linear extrai matérias prima, adiciona valor tornando-a em um produto, vende este produto e após o uso encara este produto como um resíduo. Durante o século 19 e 20 os materiais apresentaram uma rápida diminuição de custos, desencorajando a circularidade das cadeias produtivas. A partir do século 21 os materiais e energia utilizadas nas cadeias lineares começaram a ficar mais escassos e voltaram a ter um custo mais alto, a partir desse momento repensar a cadeia produtiva de modo circular passou a ser

atrativo e necessário a longo prazo. A Figura 4 ilustra os obstáculos, oportunidades e descreve o conceito de economia circular dos materiais (F.Ashby, 2016). No campo da estratégia existem oportunidades de mercado que auxiliam na implementação de práticas de economia circular dos materiais, em especial políticas de devolução de produtos já utilizados, que despertam no consumidor sentimento de responsabilidade ambiental e possível recompensa financeira. No campo do estilo de vida existem oportunidades acerca do desenvolvimento de soluções que introduzem uma nova concepção de produto, contendo menos materiais ou até não contendo materiais específicos que possuíam utilidade secundária. No campo da tecnologia, soluções de engenharia podem ser introduzidas através de novos processos que considerem o reuso de materiais, assim prolongando o período útil de vida dos produtos.

*Figura 4: Obstáculos e oportunidade para a economia circular dos materiais (F.Ashby, 2016).*



Um paralelo interessante é a comparação e utilização dos ciclos naturais dos elementos como “benchmark” para a prática de economia circular de materiais na indústria. A ideia é fazer com que os ciclos das cadeias produtivas industriais possuam o mesmo equilíbrio que os ciclos naturais têm, tanto do

ponto de vista energético quanto do consumo do material em si. Ou seja, as cadeias produtivas industriais podem e devem ser tão sustentáveis quanto os ciclos naturais (F.Ashby, 2016).

O conceito de economia circular foi inicialmente proposto em 1990, por Pearce & Turner. O autor formaliza o conceito de economia circular a partir de uma crítica do sistema produtivo linear, utilizando como base a primeira e segunda lei da termodinâmica. A partir da primeira lei, nenhuma matéria ou energia poderia ser criada ou destruída, portanto, os recursos naturais retornariam ao meio ambiente na forma de resíduos. A partir da segunda lei, que define que só pode existir o aumento da entropia no universo, a interpretação foi de que por mais que existisse um esforço para, nunca seria possível reciclar ou devolver os materiais utilizados com 100% de eficiência para o meio ambiente (Vasileios Rizos, 2017).

A Figura 5 ilustra a diferença entre o sistema produtivo linear e o sistema produtivo circular, base para os conceitos e ferramentas desenvolvidos acerca da economia circular.

*Figura 5: Sistema produtivo linear vs. circular.*



A Tabela 2 descreve diferentes definições e interpretações sobre a economia circular. O conceito de economia circular engloba múltiplas oportunidades e necessidades, transformação de resíduos em recursos para serem reinseridos nas cadeias produtivas (Preston, 2012); Reciclar, limitar e reutilizar insumos a fim de consumir a menor quantidade possível de matéria prima virgem (European Environment Agency, 2014); Extração máxima de valor

dos produtos a partir da concepção de processos circulares em substituição a processos lineares (Mitchell, 2015); Reformulação de processos ao longo do ciclo de vida do produto, a partir de soluções inovadoras (PatriziaGhisellini, 2016); Redução do consumo de recursos naturais visando o bem estar social (French Environment and Energy Management Agency, 2014); Restaurar e regenerar recursos, design de novos modelos de negócio e fluxos eficazes que valorizem o capital natural e social (Ellen MacArthur Foundation, 2013) (Ellen MacArthur Foundation, 2013) (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

*Tabela 2: Definições e interpretações da literatura sobre economia circular.*

Fonte	Definição/Interpretação
(Preston, 2012)	“A economia circular é uma abordagem que transformaria a função dos recursos na economia. Resíduos de fábricas se tornariam um insumo valioso para outro processo - e os produtos poderiam ser consertados, reutilizados ou melhorados em vez de descartados ”.
(European Environment Agency, 2014)	A economia circular “refere-se principalmente a aspectos de recursos físicos e materiais da economia - concentra-se em reciclar, limitar e reutilizar os insumos físicos para a economia e usar resíduos como um recurso que leva à redução do consumo de recursos primários”.
(Mitchell, 2015)	Uma economia circular é uma alternativa a uma economia linear tradicional (fazer, usar, dispor) na qual mantemos os recursos em uso pelo maior tempo possível, extraíndo o valor máximo deles enquanto em uso, depois recuperando e reutilizando produtos e materiais.
(PatriziaGhisellini, 2016)	A reformulação radical de todos os processos ao longo do ciclo de vida dos produtos, conduzidos por atores inovadores, tem o potencial de não apenas alcançar a recuperação de materiais ou energia, mas também de melhorar todo o modelo econômico e de vida.
(French Environment and Energy Management Agency, 2014)	O objetivo da economia circular é reduzir o impacto ambiental do consumo de recursos e melhorar o bem-estar social.

(Ellen MacArthur Foundation, 2013)

(Ellen MacArthur Foundation, 2013)

(Ellen MacArthur Foundation, 2015)

A economia circular é “um sistema industrial que é restaurativo ou regenerativo por intenção e design. Ele substitui o conceito de ‘fim de vida’ por restauração, muda para o uso de energia renovável, elimina o uso de produtos químicos tóxicos, prejudica a reutilização e visa a eliminação de resíduos através do design superior de materiais, produtos, sistemas e, dentro disso, modelos de negócios”. O objetivo geral é “permitir fluxos eficazes de materiais, energia, trabalho e informação para que o capital natural e social possa ser reconstruído”.

---

É possível identificar oito processos ferramentais de aplicação na economia circular classificados em três categorias diferentes. Deve-se enfatizar que as categorias de processos circulares não são mutuamente exclusivas. Muitos de seus elementos são frequentemente interligados. Enquanto em alguns casos as empresas podem adotar uma estratégia que envolve múltiplos processos circulares, outras podem adotar apenas um tipo de processo. Por exemplo, a produção industrial pode ser vinculada tanto à utilização de recursos de energia renovável como às práticas de reuso de materiais.

- Usar menos recursos;
  - Reciclar;
  - Uso eficiente de recursos;
  - Fontes de energia renováveis;

Segundo a (United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation, Development and World Bank, 2003), “A reintrodução de materiais residuais em processos de produção para que eles possam ser reformulados em novos produtos”. Por muitas décadas, essa tem sido a forma mais tradicional de implementar os princípios da economia circular, capturando o valor dos produtos e materiais existentes e diminuindo o uso de materiais primários (Vasileios Rizos, 2017).

Outro processo que pode levar ao uso de menos recursos é a eficiência do uso destes recursos. Este processo está ligado ao conceito de produção mais limpa, que se concentra em alcançar a eficiência dos recursos materiais e

energéticos nos processos e pode envolver tanto o uso cuidadoso de recursos e a substituição de recursos que são perigosos ou têm um curto período de vida. Produção mais limpa refere-se a melhorias nos processos e produtos de produção industrial. No caso dos processos, pode se referir à conservação de matéria-prima, redução de insumos de materiais, redução do consumo de energia e água, prevenção de substâncias tóxicas nos processos e redução de emissões e resíduos tóxicos. No caso do produto, pode se referir à redução de impactos (ambientais, de saúde e segurança) ao longo de todo o ciclo de vida do produto (da extração da matéria-prima à disposição final) (Friedrich Hinterberger, 2001).

O uso crescente de fontes de energia renováveis é um requisito fundamental para a transição para uma economia circular. A combustão de combustíveis fósseis para geração de energia não é, por definição, restaurativa. Os efeitos colaterais negativos são múltiplos, incluindo poluição, emissões de gases de efeito estufa e dependência de importação (Vasileios Rizos, 2017).

- Manter o valor dos materiais e produtos;
  - Manutenção, reformulação e reutilização de produtos e materiais;
  - Extensão da vida do produto;

Manutenção, reformulação e reutilização são todas as formas pelas quais os produtos usados são recuperados após o seu uso e recebem uma "próxima vida". Na manutenção, as peças "centrais" dos produtos são restauradas para manter o valor agregado dos materiais. A reutilização de um produto é a reutilização direta e/ou a revenda do produto inteiro ou de parte dele. Todos esses processos têm o potencial de melhorar e aumentar a receita dos negócios, já que permitem uma segunda ou terceira renda (ou mais) vendendo o produto (JRC Scientific and Technical Reports, 2011).

Como no caso da manutenção, a extensão da vida do produto requer uma ênfase maior na fase de projeto do ciclo de vida do produto. Isso se traduz, por exemplo, na padronização de componentes em termos de tamanho ou material. No setor da construção, a extensão da vida útil do produto é utilizada projetando componentes padronizados que podem ser reutilizados em novos edifícios ou

reaproveitados e usados em infraestrutura ou em outro setor industrial (ARUP, 2016).

- Alterar os padrões de uso;
  - Produtos como serviços;
  - Modelos de compartilhamento;
  - Mudança dos padrões de consumo;

Produtos como serviços refere-se ao conceito de oferecer o produto como um serviço, que desafia a abordagem tradicional de negócios de venda de produtos tangíveis. Pode ser implementado através de práticas de leasing, aluguel, pagamento por uso ou modelos de negócios baseados em desempenho (Vasileios Rizos, 2017).

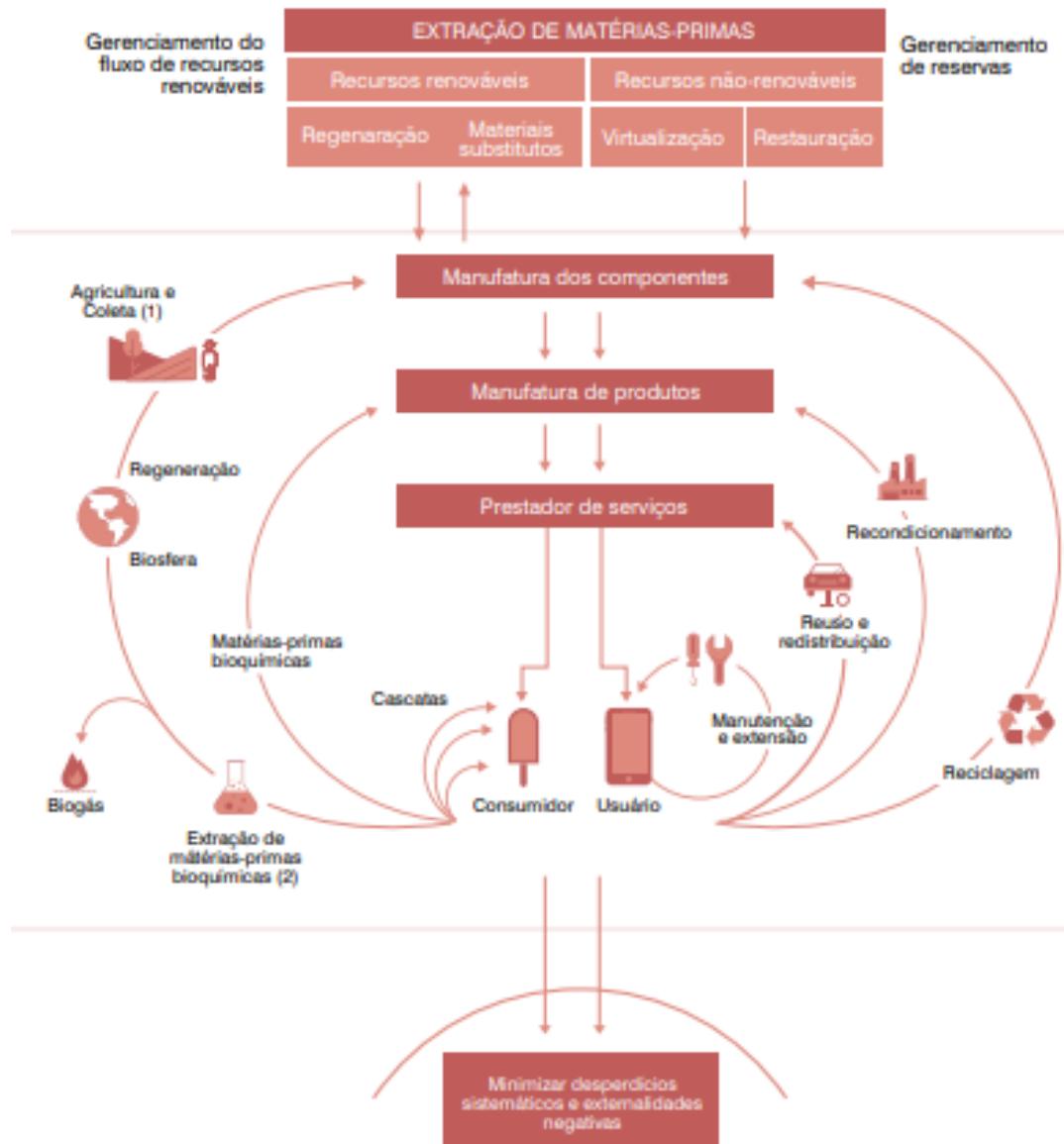
Os modelos de compartilhamento estão intrinsecamente ligados ao conceito de economia circular, uma vez que buscam reduzir a subutilização de produtos e, assim, apoiar o uso mais eficiente dos recursos (Vasileios Rizos, 2017). Os modelos de compartilhamento são muito utilizados nos serviços de compartilhamento de carros e hospedagem e são facilitados pelos avanços da tecnologia digital. Às vezes, eles são chamados de "consumo colaborativo", pois são frequentemente implementados por meio de plataformas sociais. A suficiência baseia-se no princípio da moderação geral do consumo de recursos, concentrando-se na redução da demanda, alterando o comportamento do consumidor por meio da educação. Para que o produto como serviço e o compartilhamento de modelos econômicos prosperem, é necessária uma mudança na mentalidade do consumidor, longe da necessidade de possuir um produto, como um carro (N.M.P. Bocken, 2016).

Avanços tecnológicos, bem como informações aprimoradas para os consumidores, podem resultar em uma mudança nos padrões de consumo. Por exemplo, muitos consumidores escolhem produtos ou serviços que fornecem a utilidade ao invés dos materiais. Exemplos incluem livros digitais, smartphones, músicas e lojas online. As empresas podem fornecer seus produtos usando canais virtuais (por exemplo, vendendo produtos digitais através de lojas on-line) e se comunicando com clientes através de anúncios na Web, e-mails e mídias sociais. Essas mudanças podem, por sua vez, levar à economia de recursos e

ganhos de produtividade. Deve-se ter em mente, no entanto, que também há preocupações sobre a escala dos benefícios de sustentabilidade que poderiam ser possibilidades por esses produtos e serviços devido aos efeitos rebote e ao alto consumo de energia dos data centers, por exemplo (Vasileios Rizos, 2017).

Além dos oito processos descritos acima, uma interessante abordagem da economia circular são os diagramas de materiais e energia. Estes levam em consideração tanto os aspectos do ciclo biológico quanto técnico. O “diagrama da borboleta”, desenvolvido pela Fundação Ellen MacArthur, ilustra o conceito de circularidade, a fim de manter os materiais e produtos sempre dentro da escala útil do seu ciclo de vida. A Figura 6 representa as etapas circulares dentro do ciclo de vida dos produtos. Bem como a escala útil de vida dos produtos dentro dos ciclos biológicos e técnicos (Abadia, 2019). O lado esquerdo do diagrama da borboleta representa o lado biológico. Este lado apresenta fluxos reversos relacionados aos renováveis e ao aproveitamento em cascata, onde a regeneração pode ser atingida através de uma abordagem de gestão territorial e de paisagem, integrando as atividades econômicas com os ecossistemas naturais (Confederação Nacional da Indústria, 2018). O lado direito representa o lado técnico, ligado a bens duráveis e às perspectivas econômica e industrial. O ciclo técnico envolve a gestão de estoques de materiais finitos. Nele, materiais técnicos são recuperados e, principalmente, restaurados (Abadia, 2019).

Figura 6: Diagrama da borboleta (Confederação Nacional da Indústria, 2018).



### 3. Metodologia

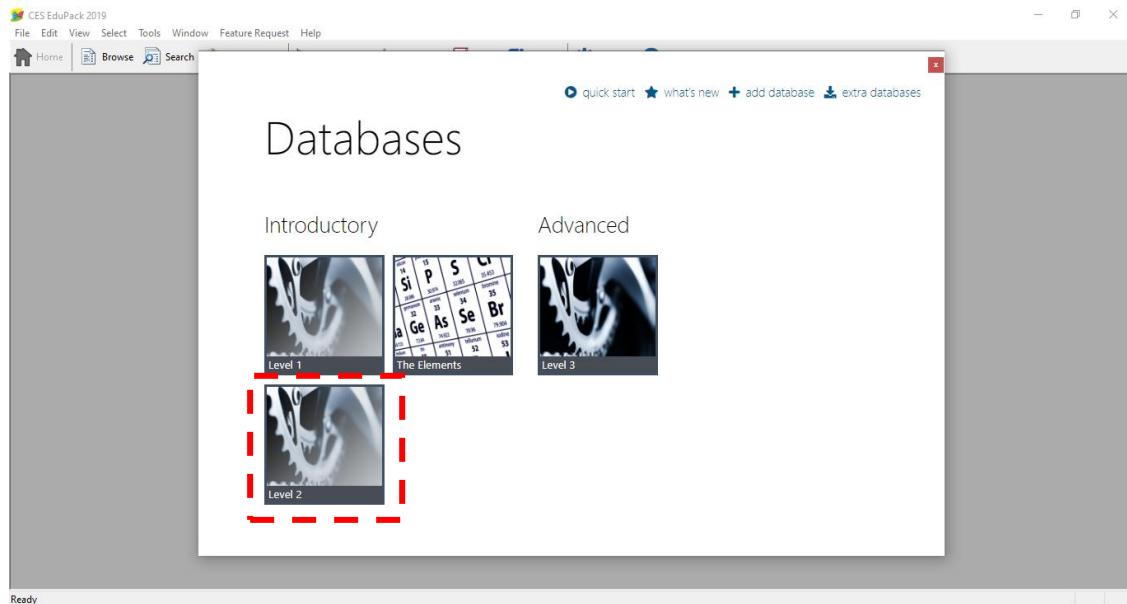
#### 3.1. CES Edupack 2019

O Cambridge Engineering Selector, CESEduPack, é um pacote de software educacional feito para auxiliar na escolha de materiais e no design de produtos. Desenvolvido por Mike Ashby e David Cebon no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Cambridge, o software é comercializado pela Granta-Ansys. O software utiliza uma extensa base de dados que é atualizada todos os anos, sendo possível adicionar bases de dados específicas se necessário. O CES EduPack é um programa criado com fins educativos na área de materiais e auxilia profissionais das áreas de engenharia, design e ciências ambientais. O programa possui três níveis de materiais, cada nível possui uma complexidade maior de detalhes e ramificações dos materiais. Para realizar as análises de ciclo de vida propostas neste trabalho iremos utilizar o nível 2. O nível se refere diretamente ao banco de dados que será utilizado.

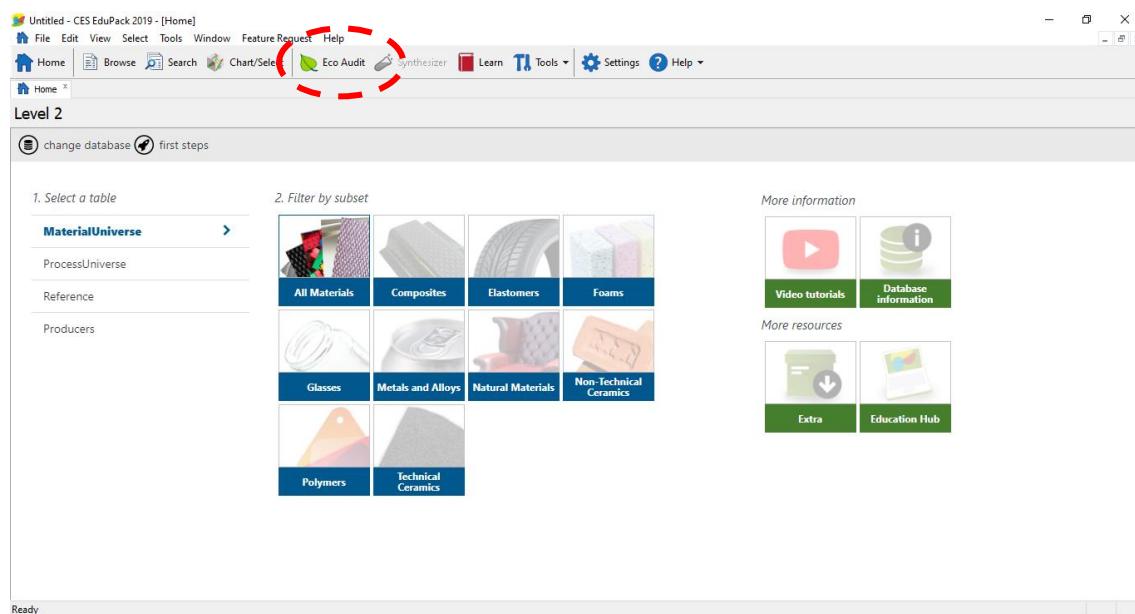
No software, os parâmetros necessários para a análise do ciclo de vida (ACV) são separados em três campos, descrição dos materiais, manufatura e disposição final, transporte e uso. A descrição dos materiais deve conter o tipo de material, o peso, o método de fabricação e a disposição final deste. No campo de transporte deve ser informado qual a distância percorrida pelo produto e qual o meio de transporte utilizado. Além disso é possível informar dados sobre a matriz energética utilizada, porém foi considerado como premissa básica que a fase de uso das garrafas de vinho não traz nenhum impacto ambiental. O país em que a ACV será realizada também é uma informação necessária, já que cada país possui uma matriz energética diferente e isso pode impactar diretamente nas emissões de  $CO_2$ .

A Figura 7 ilustra a escolha do nível da base de dados, necessária ao abrir o programa. A Figura 8 ilustra a página inicial do software e quais as opções de uso, neste caso foi selecionado o campo “Eco Audit” para a realização da ACV. A Figura 9 ilustra quais entradas são necessárias para a realização da ACV. As Figura 10, Figura 11 e Figura 12 ilustram as opções de materiais e sua segmentação dentro do software, além das informações técnicas gerais e de reciclagem do material. A Figura 13 ilustra a seleção de matéria prima que pode

ser desde matéria prima virgem, porcentagens de material reciclado e matéria prima proveniente de reuso. A escolha do tipo de matéria prima é fundamental para o cálculo do impacto ambiental gerado na fase material. Já na última fase do ciclo de vida do produto o parâmetro de escolha mais impactante é a disposição final, essa escolha está ilustrada na Figura 14. Esse parâmetro é fundamental para calcular o potencial de recuperação ambiental no fim da vida do produto.



*Figura 7: Escolha do nível da base de dados que será utilizada no software.*



*Figura 8: Página inicial do software e as opções de análises possíveis.*

Material, manufacture and end of life						
Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life

Transport		
Name	Transport type	Distance (km)

Use	
Product life:	<input type="text" value="1"/> Years
Country of use:	<input type="text" value="World"/>
<b>Static mode</b>	
<input type="checkbox"/> Product uses the following energy:	<input type="checkbox"/> Product is part of or carried in a vehicle:
Energy input and output:	<input type="text" value="Electric to thermal"/>
Power rating:	<input type="text" value="0"/> W
Usage:	<input type="text" value="0"/> days per year
Usage:	<input type="text" value="0"/> hours per day
<b>Mobile mode</b>	
Fuel and mobility type:	<input type="text" value="Diesel - ocean shipping"/>
Usage:	<input type="text" value="0"/> days per year
Distance:	<input type="text" value="0"/> km per day

Figura 9: Entradas necessárias para a realização da ACV no campo “Eco Audit”.

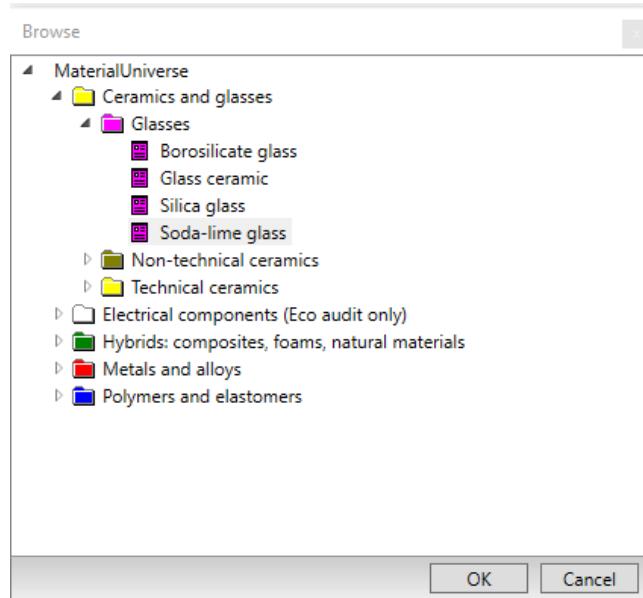


Figura 10: Opções da base de dados do software para a escolha dos materiais.

Untitled - CES EduPack 2019 - [MaterialUniverse\Ceramics and glasses\Glasses]

File Edit View Select Tools Window Feature Request Help

Home Browse Search Chart>Select Eco Audit Synthesizer Learn Tools Settings Help

Browse Database: Level 2 Change... Table: MaterialUniverse Subset: Glasses

Soda-lime glass

Datasheet view: All properties Show/Hide

Ceramics and glasses > Glasses >

**Description**

**Image**

**Caption**

1. Wine bottles. © iStockphoto 2. Building windows. © John Fernandez 3. Building windows. © John Fernandez

**The material**

Soda lime glass is the glass of windows, bottles and light bulbs, used in vast quantities, the commonest of them all. The name suggests its composition: 13-17% NaO (the "soda"), 5-10% CaO (the "lime") and 70-75% SiO2 (the "glass"). It has a low melting point, is easy to blow and mold, and it is cheap. It is optically clear unless impure, when it is typically green or brown. Windows today have to be flat and that was not - until 1950 - easy to do; now the float-glass process, solidifying glass on a bed of liquid tin, makes 'plate' glass cheaply and quickly.

**Composition (summary)**

73% SiO<sub>2</sub>/1% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/17% Na<sub>2</sub>O/4% MgO/5% CaO

Figura 11: Informações gerais sobre o vidro sodo cárlico, ilustrando o banco de informações que existe por trás do software e que é utilizado na ACV.

Untitled - CES EduPack 2019 - [MaterialUniverse\Ceramics and glasses\Glasses]

File Edit View Select Tools Window Feature Request Help

Home Browse Search Chart>Select Eco Audit Synthesizer Learn Tools Settings Help

Browse Database: Level 2 Change... Table: MaterialUniverse Subset: Glasses

Soda-lime glass

Datasheet view: All properties Show/Hide

**Material recycling: energy, CO<sub>2</sub> and recycle fraction**

Recycle	ⓘ ✓
Embodied energy, recycling	ⓘ * 8,25 - 9,1 MJ/kg
CO <sub>2</sub> footprint, recycling	ⓘ * 0,504 - 0,555 kg/kg
Recycle fraction in current supply	ⓘ 23 - 25 %
Downcycle	ⓘ ✓
Combust for energy recovery	ⓘ ✗
Landfill	ⓘ ✓
Biodegrade	ⓘ ✗
Toxicity rating	ⓘ Non-toxic
A renewable resource?	ⓘ ✗

**Environmental notes**

Silica, the prime ingredient of glass, is the commonest compound in the earth's crust, though it is harder to find it in a form sufficiently pure to make glass. Nonetheless, the ingredients of glass are ubiquitous, and the material is readily recycled at the end of its life.

**Supporting information**

**Design guidelines**

Soda lime glass is an exceptionally versatile material. It is easily cast, rolled, blow-molded, pressure molded or drawn to a great variety of shapes. It can be cut, polished, and toughened. It is an exceptionally durable material, surviving weathering and normal handling with no trace of degradation, sometimes for hundreds of years.

**Typical uses**

Windows, bottles, containers, tubing, lamp bulbs, lenses and mirrors, bells, glazes on ceramics.

Figura 12: Informações de reciclagem do vidro sodo cárlico, ilustrando o banco de informações que existe por trás do software e que é utilizado na ACV.

**Eco Audit Project**

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Garrafa	Soda-lime glass	Virgin (0%)	0,45	Glass molding	Landfill
1	Embalagem	Polyethylene (PE)	Virgin (0%)	0,083	Polymer extrusion	Landfill
1	Rolha	Cork	Typical %	0,02	Incl. in material value	Landfill
1	Rótulo	Cellulose polymers (CA)	Reused part	0,005		Landfill

Figura 13: Escolha do tipo de matéria prima que será utilizada para a produção do material.

**Eco Audit Project**

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Garrafa	Soda-lime glass	Virgin (0%)	0,45	Glass molding	Landfill
1	Embalagem	Polyethylene (PE)	Virgin (0%)	0,083	Polymer extrusion	Landfill
1	Rolha	Cork	Virgin (0%)	0,02	Incl. in material value	Landfill
1	Rótulo	Cellulose polymers (CA)	Virgin (0%)	0,005		Landfill

Figura 14: Escolha do tipo de disposição final que será dada ao material.

A partir da introdução dos dados o programa gera informações acerca de gastos energéticos e de pegada de  $CO_2$  para cada fase do ciclo de vida do produto: material, manufatura, transporte, uso, disposição e potencial de recuperação. Para cada fase e para cada material são detalhados os gastos energéticos em MJ e a pegada de  $CO_2$  em kg.

### 3.2. Análise do ciclo de vida (ACV)

A ACV estuda a interação entre um produto e o ambiente, utilizando a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida do produto. A ACV de um produto compreende todas as etapas do ciclo de vida do produto, desde a retirada de matéria prima da natureza, passando por todas as fases de produção e uso até a disposição final do produto. Trata-se, portanto, de uma técnica de gestão empregada para avaliar os impactos ambientais dos produtos (Chehebe, 2002).

A NBR ISO 14040 (ABNT, 2001) define a análise do ciclo de vida (ACV) como: “Compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.”. A partir desta definição será realizado o estudo em questão.

Segundo a NBR ISO 14040 (ABNT, 2001) os principais objetivos do ACV são descrever quais as matérias-primas utilizadas e emissões ocorridas durante a vida de um produto e realizar a análise de quais impactos ambientais foram causados por estes dois fatores. Portanto, a ACV permite que sejam identificadas oportunidades de melhoria dos aspectos ambientais considerando as múltiplas fases do ciclo de vida dos produtos, contribuindo para a diminuição do consumo de recursos naturais e geração de resíduos.

A Figura 15 ilustra o fluxo de informações necessários e quais as etapas da ACV. A ACV deve incluir a definição do objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação dos resultados. As aplicações diretas da ACV incluem o desenvolvimento e melhoria do produto, planejamento estratégico, elaboração de políticas públicas, marketing e outras aplicações.

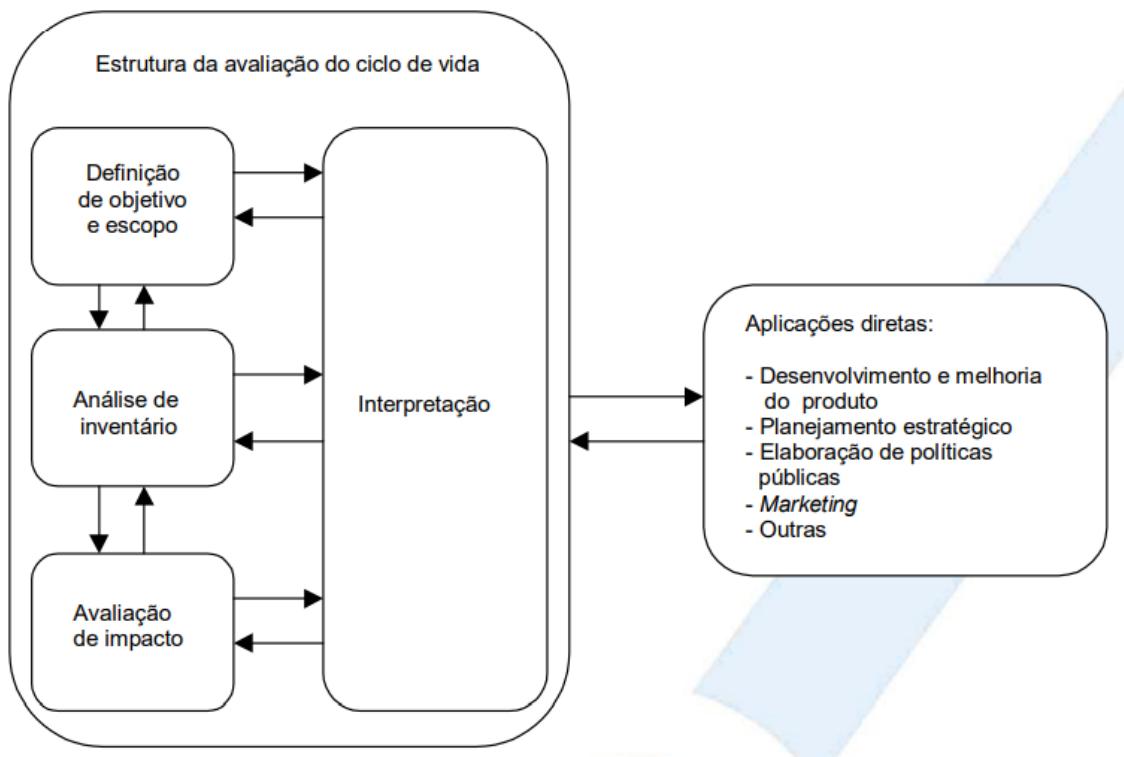


Figura 15: Fluxograma de definições da ACV segundo a NBR ISO 14040 (ABNT, 2001).

Ademais da estrutura da avaliação do ciclo de vida do produto, as aplicações diretas são o foco deste estudo. Este tipo de análise permite que o método seja utilizado de modo iterativo, a depender das interpretações dos resultados. Com base nessa metodologia que será desenvolvida a análise em questão.

É necessário explicitar as fases que serão realizadas no ACV, de acordo com a NBR ISO 14040 (ABNT, 2001). Abaixo estão descritos os parâmetros que serão utilizados neste estudo. O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos da introdução de práticas de economia circular a partir da análise do ciclo de vida de garrafas de vidro de vinho.

O estudo será realizado no Brasil, mirando a produção no Rio Grande do Sul e o consumo na cidade de São Paulo. A base de dados será o nível 2 do programa CES EduPack 2019. A maior limitação deste estudo se encontra na estimativa da distância percorrida pelas garrafas na cidade de São Paulo, já que será considerado um caso específico (Beverino) para propor soluções de melhoria.

A coleta de dados foi realizada a partir de uma visita a campo e a partir de estimativas de locomoção utilizando três pontos: Produção do vinho e engarrafamento, local de consumo, local da disposição final da garrafa de vidro. Foi considerado que as garrafas de vidro não emitem  $CO_2$  e que não houve nenhum gasto energético em uso.

Neste estudo, serão analisados os dados de emissão de  $CO_2$  e gasto energético nas fases de retirada de matéria prima, produção das garrafas, transporte, uso e disposição final. Além disso, será analisada a recuperação potencial que cada tipo de disposição final possui.

A fim de entender quais fatores são decisivos na pegada de  $CO_2$  das garrafas, serão analisados três cenários. A Tabela 3 descreve quais os parâmetros que foram utilizados para todos os cenários.

*Tabela 3: Descrição dos parâmetros utilizados igualmente entre os três cenários.*

Atributo	Descrição	Valor	Unidade
Local	País	Brasil	-
Tempo de uso	-	10	anos
Material	Vidro sodo cálcico	0,45	kg
	Polietileno	0,083	kg
	Cortiça	0,02	kg
	Celulose	0,005	kg

A distância de transporte do material e a disposição final das garrafas serão os parâmetros alterados entre os cenários. Os cenários foram desenvolvidos com o objetivo de ilustrar as emissões de  $CO_2$  e o gasto energético que seria realizado nos cenários em que as garrafas são destinadas à aterros sanitários (cenário 1), à reciclagem (cenário 2) e ao reuso (cenário 3). Não foi considerado o consumo de energia realizado no processo de higienização das garrafas de reuso.

Para os três cenários foi considerado que a origem dos vinhos seria a vinícola Aurora, maior vinícola do Brasil. Esta vinícola se localiza na Rua Olavo Bilac, 500, RS. Outra consideração única para os três cenários foi a de que o

consumo seria realizado no Beverino, na Rua General Jardim, 702. A Figura 16 ilustra o trajeto primário, entre a vinícola e o restaurante.

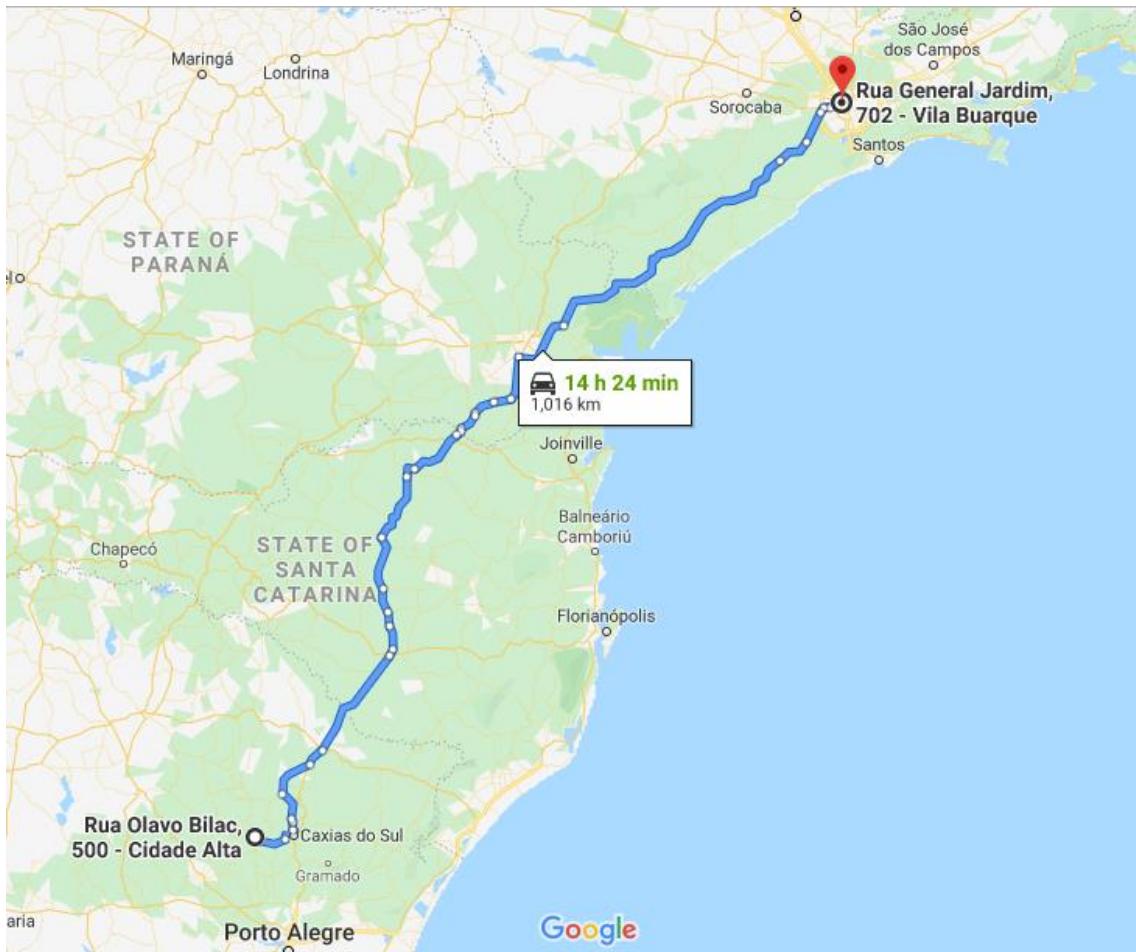


Figura 16: Mapa que ilustra o trajeto percorrido da vinícola Aurora até o Beverino.

No cenário 1 foi considerado como destino final primário o Transbordo Ponte Pequena, localizado na Avenida do Estado, número 300 e como destino final o aterro sanitário de Caieiras (Rodovia dos Bandeirantes, Km 33), um dos locais para o qual os resíduos do transbordo são destinados. A Figura 17 ilustra o trajeto entre o restaurante, o transbordo e o aterro sanitário. Neste cenário foi considerado o uso de 100% de matéria prima para a produção das garrafas de vidro, como mostrado na Figura 18.

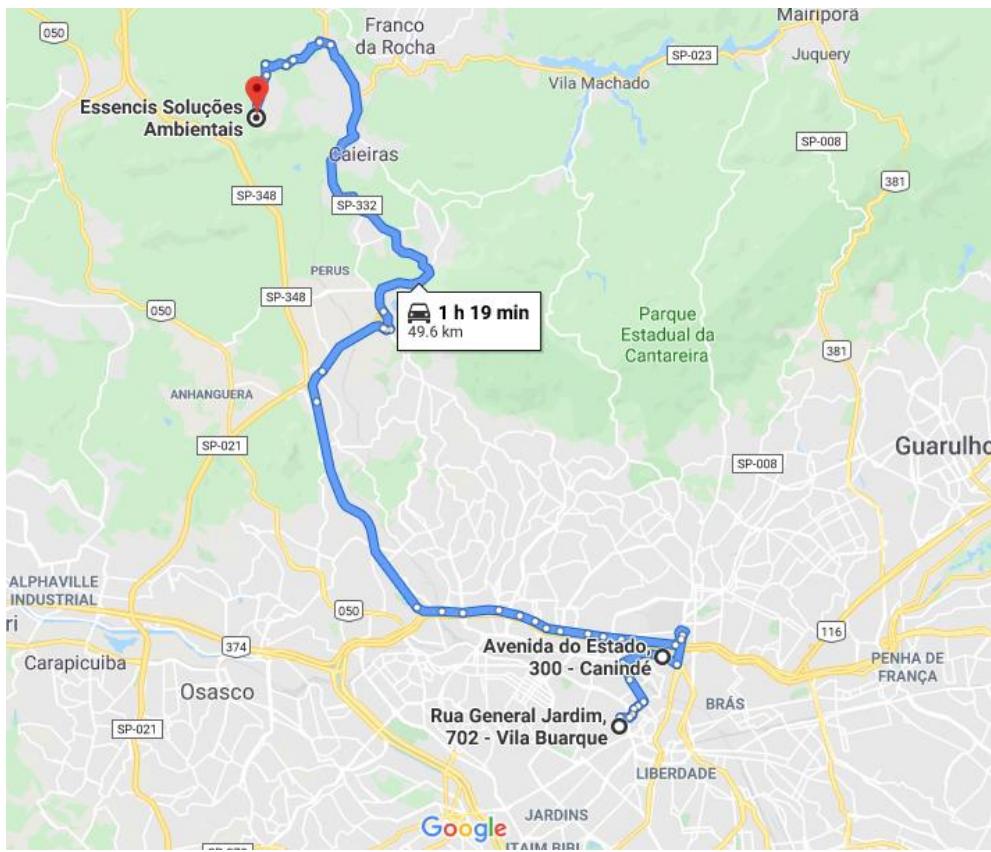


Figura 17: Ilustração do trajeto de destinação final realizado no cenário 1.

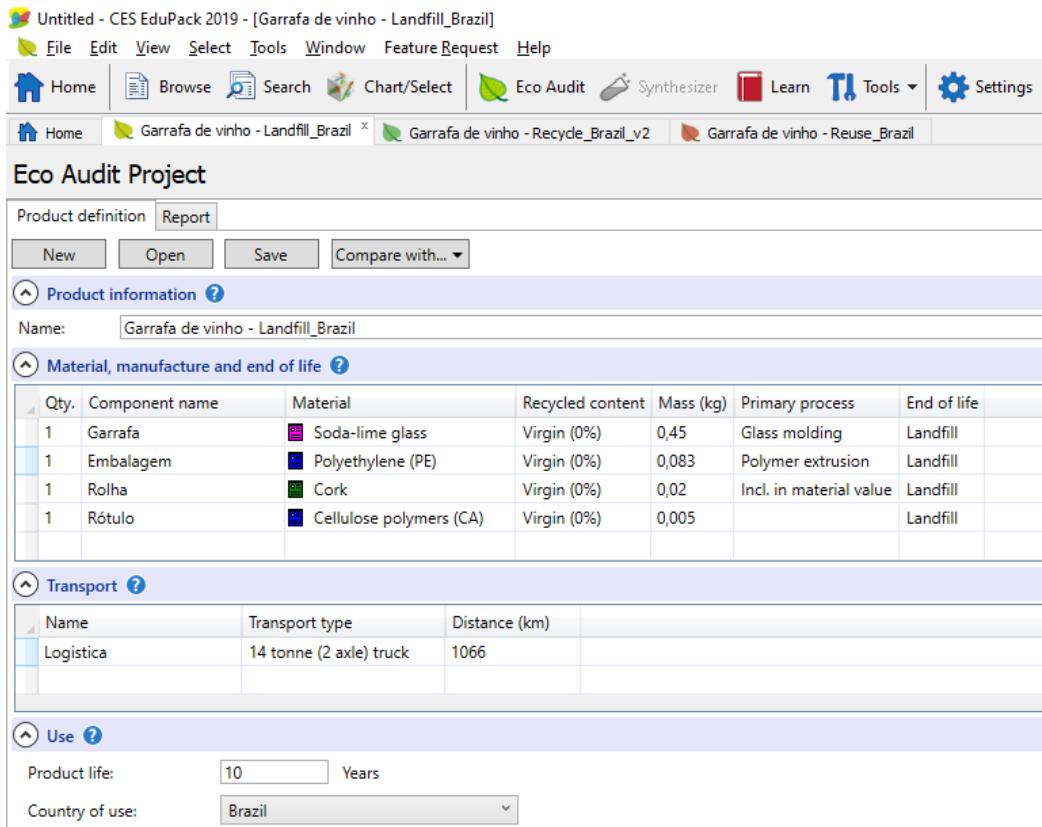
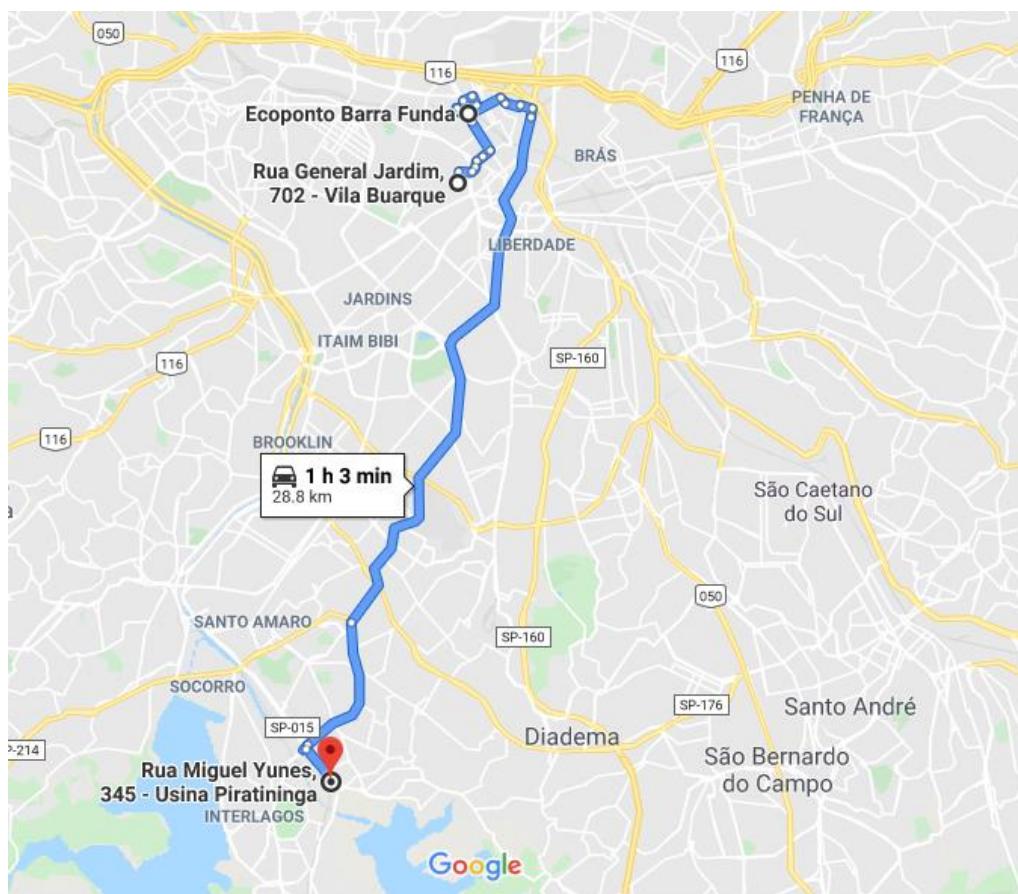


Figura 18: Parâmetros utilizados para a criação da ACV do cenário 1.

No cenário 2 foi considerado que o destino final primário da garrafa seria o Ecoponto da Barra Funda, na Rua Solon, e que o destino final seria a Central mecanizada de triagem Carolina Maria de Jesus, na Rua Miguel Yunes, 345, município de São Paulo. A Figura 19 ilustra o trajeto realizado entre o restaurante, o Ecoponto e o centro de triagem de resíduos sólidos. A Figura 20 ilustra os parâmetros considerados na ACV gerada pelo CES EduPack 2019 para o cenário 2. Neste cenário foi considerada uma proporção de 60% de matéria prima proveniente da reciclagem do vidro e a disposição final da garrafa como reciclagem.



*Figura 19: Ilustração do trajeto de destinação final realizado no cenário 2.*

Untitled - CES EduPack 2019 - [Garrafa de vinho - Recycle\_Brazil\_v2]

File Edit View Select Tools Window Feature Request Help

Home Browse Search Chart/Select Eco Audit Synthesizer Learn Tools Settings

Home Garrafa de vinho - Landfill\_Brazil Garrafa de vinho - Recycle\_Brazil\_v2 Garrafa de vinho - Reuse\_Brazil

### Eco Audit Project

Product definition Report

New Open Save Compare with... ▾

**Product information**

Name: Garrafa de vinho - Recycle\_Brazil\_v2

**Material, manufacture and end of life**

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Garrafa	Soda-lime glass	60,0%	0,45	Glass molding	Recycle
1	Embalagem	Polyethylene (PE)	Virgin (0%)	0,083	Polymer extrusion	Landfill
1	Rolha	Cork	Virgin (0%)	0,02	Incl. in material value	Landfill
1	Rótulo	Cellulose polymers (CA)	Virgin (0%)	0,005		Landfill

**Transport**

Name	Transport type	Distance (km)
Logistica	14 tonne (2 axle) truck	1045

**Use**

Product life: 10 Years

Country of use: Brazil

Figura 20: Parâmetros utilizados para a criação da ACV do cenário 2.

O terceiro cenário foi elaborado de forma que as garrafas retornariam do restaurante até o centro de produção do vinho e engarrafamento, a vinícola Aurora no RS. A Figura 21 ilustra o trajeto realizado entre o restaurante e a vinícola, semelhante ao trajeto inicial. A Figura 22 ilustra os parâmetros considerados na ACV gerada pelo CES EduPack 2019 para o cenário 3.

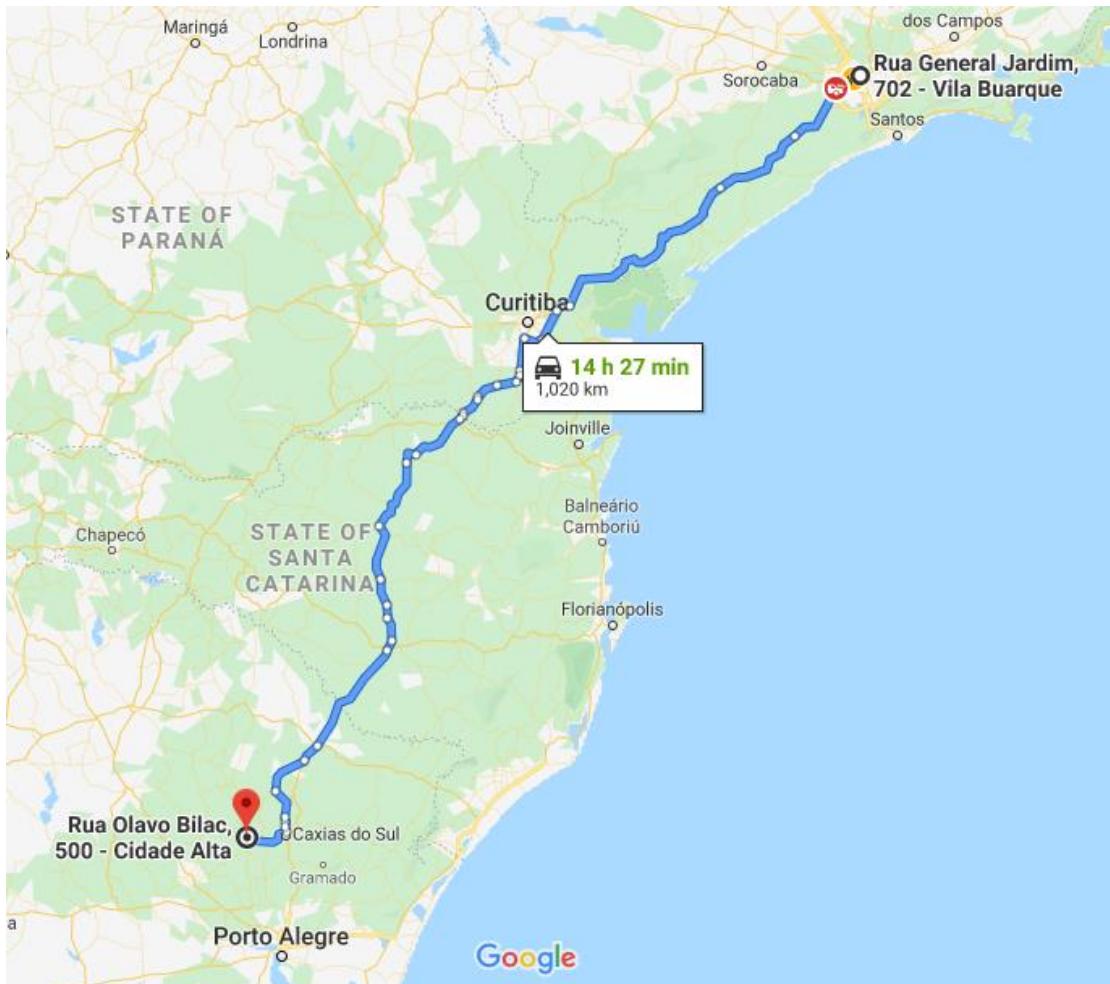


Figura 21: Ilustração do trajeto de destinação final realizado no cenário 3.

Untitled - CES EduPack 2019 - [Garrafa de vinho - Reuse\_Brazil]

File Edit View Select Tools Window Feature Request Help

Home Browse Search Chart>Select Eco Audit Synthesizer Learn Tools Settings

Home Garrafa de vinho - Landfill\_Brazil Garrafa de vinho - Recycle\_Brazil\_v2 Garrafa de vinho - Reuse\_Brazil

## Eco Audit Project

Product definition Report

New Open Save Compare with... ▾

**Product information ?**

Name: Garrafa de vinho - Reuse\_Brazil

**Material, manufacture and end of life ?**

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Garrafa	Soda-lime glass	Reused part	0,45	Not applicable	Reuse
1	Embalagem	Polyethylene (PE)	Virgin (0%)	0,083	Polymer extrusion	Landfill
1	Rolha	Cork	Virgin (0%)	0,02	Incl. in material value	Landfill
1	Rótulo	Cellulose polymers (CA)	Virgin (0%)	0,005		Landfill

**Transport ?**

Name	Transport type	Distance (km)
Logistica	14 tonne (2 axle) truck	2036

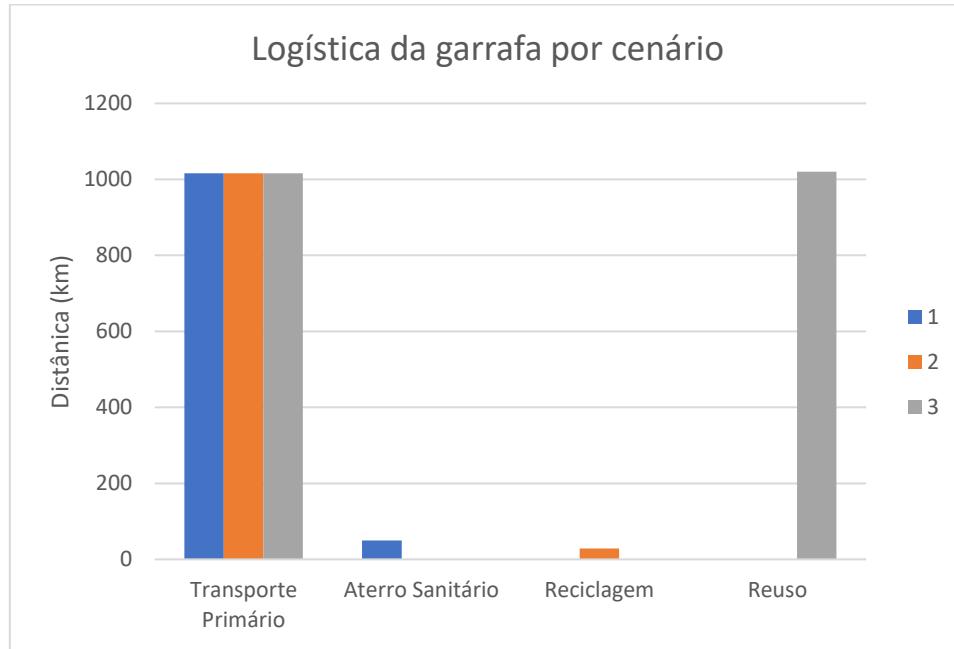
**Use ?**

Product life: 10 Years

Country of use: Brazil

Figura 22: Parâmetros utilizados para a criação da ACV do cenário 3.

A fim de tornar a comparação dos cenários mais clara e objetiva, os dados de transporte para os três cenários em questão em função do tipo de disposição final foram resumidos na Figura 23. Além da diferença de distância percorrida pela garrafa, a fonte de matéria prima e disposição final dos cenários também variou, de acordo com a Tabela 4.



*Figura 23: Gráfico comparativo da distância percorrida pelas garrafas nos três cenários.*

*Tabela 4: Descrição da matéria prima e da disposição final para cada cenário.*

Cenário	Matéria Prima	Disposição Final
1	100% virgem	Aterro Sanitário
2	60% reciclada	Reciclagem
3	Reuso	Reuso

### 3.3. Visita ao Restaurante Beverino

Foram realizadas duas visitas ao Beverino, com o objetivo de promover duas visões distintas do local, uma como consumidor e uma para coleta de informações técnicas que pudessem nutrir as análises de ciclo de vida. A visita como consumidor foi realizada numa noite de quinta-feira, dia em que o estabelecimento não se encontra com a lotação máxima e que seria possível se conectar com os funcionários e entender integralmente qual a dinâmica oferecida pelo restaurante. Esta visita tinha como objetivo buscar informações quanto à comunicação oferecida pelo restaurante em relação aos vinhos biodinâmicos e das implicações disso no valor do produto. A segunda visita foi realizada numa manhã de segunda feira, dia e horário em que o restaurante não estava funcionando. Tendo em vista o objetivo e escopo definidos na ACV do item 3.2. as informações coletadas foram sobre a origem das garrafas, o armazenamento e o destino final das garrafas. Além disso, foram coletados dados quantitativos a fim de realizar estimativas de mercado futuras. As informações coletadas foram utilizadas para compor os parâmetros utilizados da ACV na fase de transporte e disposição final das garrafas de vidro.

O restaurante se localiza na Vila Buarque, próximo à estação Santa Cecilia de metro, na Rua General Jardim, número 702. O estabelecimento funciona das quartas feiras aos sábados, das 14hs à meia noite. Trata-se de um restaurante que tem como foco principal a degustação de vinhos naturais biodinâmicos, que são vinhos com fermentação natural e sem a adição de sulfito. Os vinhos têm origem na Europa, América do Sul, África do Sul e no sul do Brasil. Os vinhos importados são comprados de revendedores que lidam com o processo de importação. A Figura 24 ilustra brevemente a dimensão do restaurante e a concepção de arquitetura. Trata-se de um faixada discreta e simples, que se mistura com os estabelecimentos da rua e entra em harmonia com a arquitetura do bairro. É importante notar que por mais que a concepção e valor do estabelecimento estejam no oferecimento de vinhos biodinâmicos, uma categoria pouco conhecida pelo consumidor médio da cidade de São Paulo, não existe uma grande comunicação desse produto. Ou seja, não existem artefatos físicos no restaurante que destaquem o produto com intensidade, vide Figura 25.

*Figura 24: Faixada do restaurante Beverino, localizado no bairro da Santa Cecília (centro de São Paulo)*



*Figura 25: Cozinha do estabelecimento, de frente para o salão. Local onde os pratos são montados e servidos.*



Além dos vinhos biodinâmicos, que seriam o maior atrativo do restaurante, todos os alimentos são de origem orgânica e produzidos em culturas familiares que respeitam as safras e necessidades do solo. Os pratos servidos no restaurante possuem preparos sofisticados que agregam bastante valor. Alguns alimentos já possuem muito valor por serem produtos importados, como queijos.

Ao fazer a visita ao estabelecimento e entender melhor quais as ferramentas utilizadas para isso, portas se abriram e um interessante grupo foi descoberto. O Beverino, na busca por uma solução de destinação às garrafas, descobriu o aplicativo Cataki (Figura 26).

*Figura 26: Introdução do aplicativo Cataki, explica brevemente qual a funcionalidade e ferramentas propostas*



Trata-se de um aplicativo aberto nas lojas de aplicativos, gratuito, que conecta carroceiros a pessoas e estabelecimentos em locais onde não existe ou existe restrita rede de coleta de produtos recicláveis. Na maioria dos casos, ou existem poucos horários de coleta ou a coleta não chega aos locais. A partir do contato entre o catador e a pessoa é realizado um acordo para que o catador busque os materiais recicláveis e de o destino correto a eles. A frequência e o valor são combinados caso a caso, levando em consideração todas as variáveis envolvidas nesse tipo de acordo, como localização, quantidade de resíduos, tipo de resíduo e etc. O Cataki é uma iniciativa do movimento "Pimp My Carroça" que luta pelo reconhecimento dos catadores(as) de materiais recicláveis. O movimento utiliza grafite e ativismo para promover seu trabalho. No caso do

Beverino, o catador se chama Roberto e quase sempre ele destina os materiais, em especial as garrafas, para Pães de Açúcar que possuem caçambas destinadas a esse tipo de material. O acordo entre o Beverino e ele é de R\$80,00 mensais.

Além de garantir que as garrafas sejam destinadas ao local correto para a reciclagem, esse tipo de atitude promove uma classe muito pouco valorizada e esquecida pela sociedade. Trata-se de um modelo que envolve tanto aspectos da sustentabilidade e do meio ambiente quanto a esfera socioeconômica. A utilização do aplicativo Cataki é importante para discutir quais as soluções que estabelecimentos encontram para realizar a destinação correta de seus resíduos, porém este fato não foi considerado na elaboração da ACV.

#### 4. Resultados

O objetivo deste capítulo é calcular a pegada de  $CO_2$  das garrafas de vidro de vinho e realizar a análise do ciclo de vida desse produto. Com o auxílio do CES EduPack 2019, os gráficos e tabelas de pegada de  $CO_2$  e análise do ciclo de vida para os três cenários foram gerados. Cada cenário possui suas próprias características e considerações.

#### 4.1. Análise do ciclo de vida da garrafa de vinho (ACV) – Cenário 1

A Figura 27 e Tabela 5 contém os dados referentes ao ciclo de vida do produto, retirados do CES EduPack 2019, para o cenário 1. Nota-se que as duas fases que mais impactam o ciclo de vida são a fase material e a fase de manufatura, tanto em gasto energético quanto em emissão de  $CO_2$ . A energia consumida no ciclo de vida da garrafa foi de 17,3 MJ neste cenário, enquanto a emissão de  $CO_2$  foi de 0,9 kg.

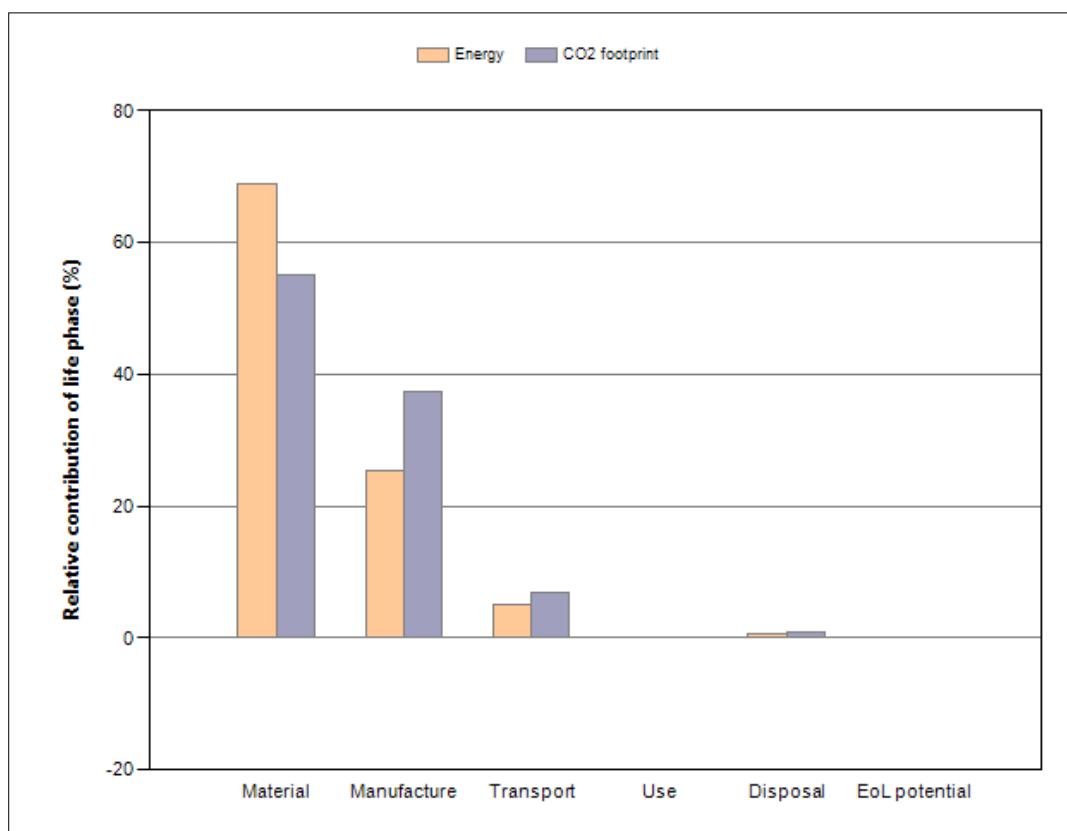


Figura 27: Análise do ciclo de vida do cenário 1.

*Tabela 5: Pegada de CO<sub>2</sub> e gasto energético em valores absolutos e representativos, separados por fases do ciclo de vida da garrafa de vidro de vinho no cenário 1.*

Fase	Energia (MJ)	Energia (%)	Pegada de CO <sub>2</sub> (kg)	Pegada de CO <sub>2</sub> (%)
<b>Material</b>	11,9	68,8	0,5	55
<b>Manufatura</b>	4,4	25,4	0,4	37,3
<b>Transporte</b>	0,9	5,1	0,1	6,8
<b>Uso</b>	0,0	0	0,0	0
<b>Disposição final</b>	0,1	0,6	0,0	0,8
<b>Total (primário)</b>	17,3	100	<b>0,9</b>	100
<b>Potencial de fim de vida</b>	0,00		0,00	

#### 4.2. Análise do ciclo de vida da garrafa de vinho (ACV) – Cenário 2

A Figura 28 e Tabela 6 contém os dados referentes ao ciclo de vida do produto, retirados do CES EduPack 2019, para o cenário 2. As fases material e de manufatura são as que geram maior gasto energético e de emissão de  $CO_2$ . Neste cenário é possível observar que existe uma recuperação significativa, devido ao uso de reciclagem como disposição final da garrafa. O único material considerado na reciclagem é o vidro da garrafa, tanto a embalagem, rolha e o rótulo estão direcionados para o aterro sanitário. Observa-se que a energia consumida no ciclo de vida da garrafa neste cenário foi de 16,65 MJ, 0,65MJ a menos que no cenário 1, devido ao uso de matéria prima reciclada (60%) e devido à recuperação energética ocorrida no final da vida do produto. A emissão de  $CO_2$  no ciclo de vida de uma garrafa foi de 0,86 kg, 0,04 kg a menos que no cenário 1, devido à recuperação ocorrida no final da vida do produto.

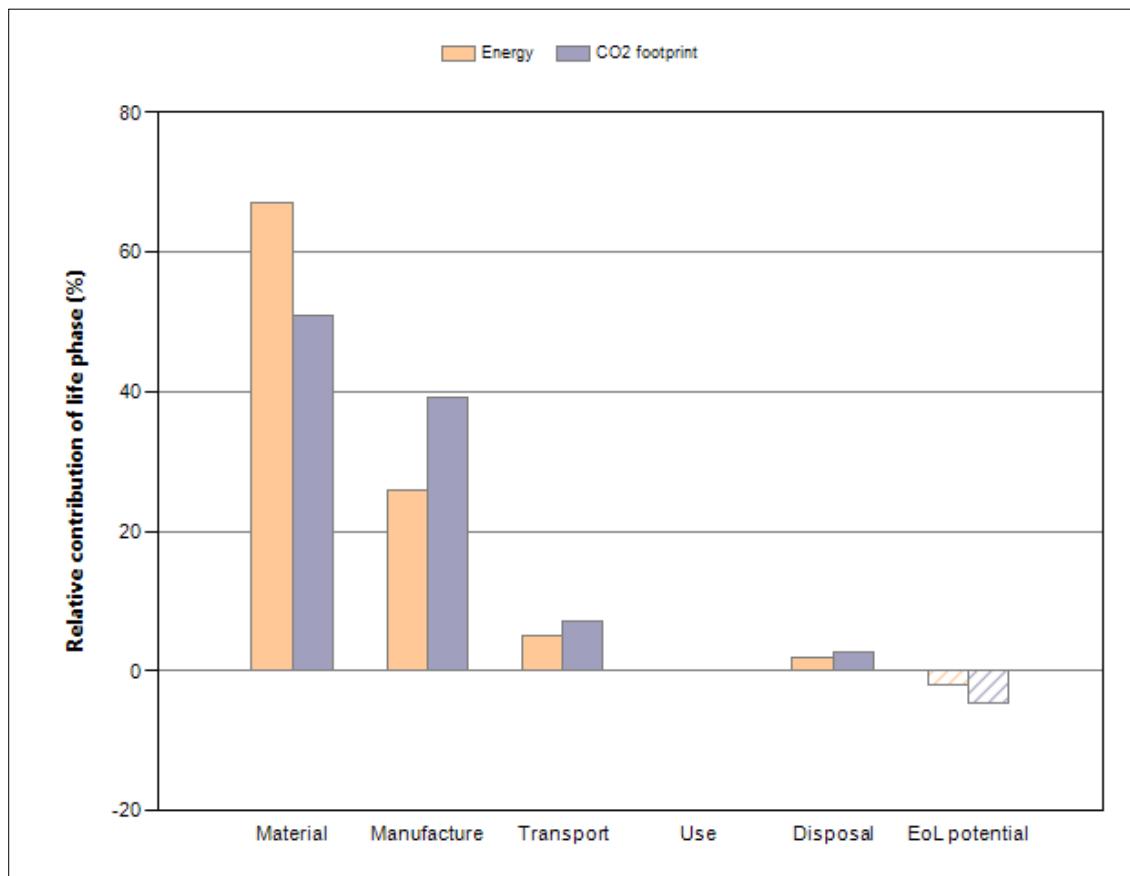


Figura 28: Análise do ciclo de vida do cenário 2.

*Tabela 6: Pegada de CO<sub>2</sub> e gasto energético em valores absolutos e representativos, separados por fases do ciclo de vida da garrafa de vidro de vinho no cenário 2.*

Fase	Energia (MJ)	Energia (%)	Pegada de CO <sub>2</sub> (kg)	Pegada de CO <sub>2</sub> (%)
<b>Material</b>	11,4	67	0,5	51
<b>Manufatura</b>	4,4	25,9	0,4	39,3
<b>Transporte</b>	0,9	5,1	0,1	7,1
<b>Uso</b>	0,0	0	0,0	0
<b>Disposição final</b>	0,3	2	0,0	2,6
<b>Total (primário)</b>	17,0	100	0,9	100
<b>Potencial de fim de vida</b>	-0,35		-0,04	
<b>Total</b>	16,65		<b>0,86</b>	

#### 4.3. Análise do ciclo de vida da garrafa de vinho (ACV) – Cenário 3

A Figura 29 e Tabela 7 contém os dados referentes ao ciclo de vida do produto, retirados do CES EduPack 2019, para o cenário 3. A fase material continua sendo fase de maior representatividade no ciclo de vida da garrafa, porém a segunda maior fase, agora muito expressiva, foi a fase de transporte. Esse fato se deve à logística de reuso considerada no cenário. Trata-se de aproximadamente o dobro de distância percorrida pela garrafa em todo o ciclo de vida. Ao final, uma garrafa representou em todo seu ciclo de vida o gasto de 9,5 MJ e emissão de 0,3 kg de  $CO_2$ .

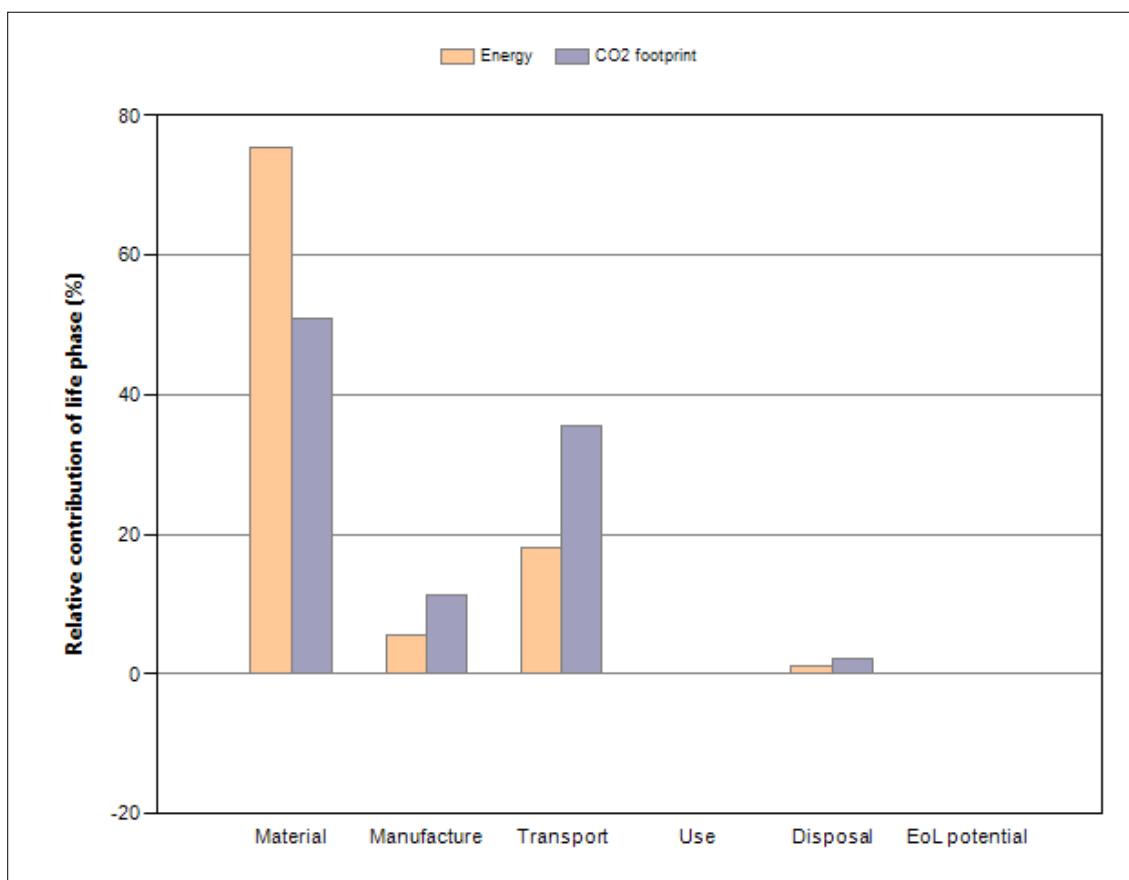


Figura 29: Análise do ciclo de vida do cenário 3.

*Tabela 7: Pegada de CO<sub>2</sub> e gasto energético em valores absolutos e representativos, separados por fases do ciclo de vida da garrafa de vidro de vinho no cenário 3.*

Fase	Energia (MJ)	Energia (%)	Pegada de CO2 (kg)	Pegada de CO2 (%)
<b>Material</b>	7,2	75,4	0,2	50,9
<b>Manufatura</b>	0,5	5,4	0,0	11,2
<b>Transporte</b>	1,7	18	0,1	35,6
<b>Uso</b>	0,0	0	0,0	0
<b>Disposição</b>	0,1	1,2	0,0	2,3
<b>Total (primário)</b>	9,5	100	<b>0,3</b>	100
<b>Potencial de fim de vida</b>	0,00		0,00	

A Tabela 8 indica quais foram as principais premissas consideradas na elaboração de cada cenário e qual foi a emissão de CO<sub>2</sub> por garrafa para todo o ciclo de vida da garrafa de vinho por cenário.

*Tabela 8: Resumo das principais premissas em cada cenário e a emissão de CO<sub>2</sub> calculada em cada cenário.*

Cenário	Matéria Prima	Disposição Final	Pegada CO2/ garrafa (kg)
1	100% virgem	Aterro Sanitário	0,9
2	60% reciclada	Reciclagem	0,86
3	Reuso	Reuso	0,3

#### 4.4. Embalagem e proteção da rolha

Para preservar as rolhas e para gerar maior agregação de valor às garrafas de vinho, é utilizado um acabamento de Polietileno ao redor das bocas das garrafas, vide Figura 30. A maioria das garrafas comercializadas contém essa embalagem. É importante entender que todos os materiais da garrafa foram considerados na ACV, portanto podemos discutir quais impactos que esse material acarreta o impacto ambiental final da garrafa de vinho.



*Figura 30: Polietileno utilizado para preservar rolhas em garrafas de vinho.*

Além disso, é possível separar o impacto que cada material gera em gastos energéticos e de pegada de  $CO_2$  em cada fase do ciclo de vida do produto. A Tabela 9 contém os dados de emissão de  $CO_2$  na fase material a Tabela 10 na fase de manufatura.

*Tabela 9: Pegada de  $CO_2$  na fase material separada por cenário.*

Componente	Material	Pegada de CO2 (kg)		
		1	2	3
Garrafa	Sodo cálcico	0,34	0,28	0
Embalagem	Polietileno	-0,15	0,15	0,15
Rolha	Cortiça	0,004	0,004	0,004
Rótulo	Celulose	0,017	0,017	0,017
<b>Total</b>		<b>0,52</b>	<b>0,45</b>	<b>0,18</b>

*Tabela 10: Pegada de CO<sub>2</sub> na fase de manufatura separada por cenário.*

<b>Componente</b>	<b>Processo</b>	<b>Pegada de CO<sub>2</sub></b>	
		<b>1 e 2</b>	<b>3</b>
Garrafa	Vidro moldado	0,31	0
Embalagem	Polímero extrudado	0,04	0,04
Total		0,35	0,04

A diferença de pegada de CO<sub>2</sub> nas fases material e de manufatura entre os cenários 1 e 2 em comparação com o terceiro cenário segue a mesma linha que já havia sido apresentada anteriormente, em que o cenário 3 apresenta severa diminuição de impacto ambiental. É necessário destacar a relevância da emissão de CO<sub>2</sub> que o Polietileno, utilizado como embalagem para a rolha, gera nos três cenários. Trata-se de um material secundário na concepção da garrafa de vinho, porém o polímero possui representativa pegada de CO<sub>2</sub> tanto na fase material quanto na fase de manufatura em relação aos materiais primários da garrafa.

#### 4.5. Caso Beverino

Do ponto de vista da sustentabilidade das garrafas, todas elas são armazenadas para serem destinadas à centros de coleta de produtos recicláveis, vide Figura 31. Existe uma preocupação acerca do destino das garrafas pela parte do restaurante. O conceito do restaurante se desenvolve em relação aos vinhos naturais biodinâmicos que possuem menor utilização de produtos químicos e fermentação natural. Portanto, faz parte do conceito vendido pelo restaurante a preocupação com os impactos que esse produto gera, no momento da produção e no momento do descarte.

*Figura 31: Garrafas de vinho vazias vendidas no período de uma semana, a espera de serem destinada para a reciclagem*



Não se trata de um alto consumo de garrafas (Tabela 11), porém o principal ponto a ser entendido neste caso é que mesmo que o estabelecimento se encontre em um bairro de fácil acesso na cidade de São Paulo, a maior cidade do Brasil, existem diversas dificuldades quanto ao destino das garrafas.

*Tabela 11: Consumo de garrafas de vinho do Beverino no período analisado*

<b>Período</b>	<b>Garrafas/periód</b>
25 a 29 de Setembro	92
2 a 6 de Outubro	84
9 a 13 de Outubro	63
16 a 20 de Outubro	94

São consumidos em média (considerando garrafas de 750ml) 65 litros de vinho por semana. Por ano, seriam consumidos 3.300 litros de vinho. Os números de consumo semanais obtidos na visita possibilitam que seja realizada uma estimativa e discussão acerca da escalabilidade de medidas e ferramentas oferecidas pela prefeitura para gerenciar a coleta de resíduos sólidos.

## 5. Discussão

A Tabela 12 resume as diferenças da pegada de  $CO_2$  entre os cenários, por fase do ciclo de vida da garrafa de vinho. As fases que demonstraram maior diferença foram as fases de matéria prima e manufatura e de transportes. Com o uso de matéria prima reciclável, a diminuição da pegada de  $CO_2$  no cenário 2 em relação ao primeiro cenário foi de 12%, na fase material. Porém as maiores diferenças, portanto, a maior diminuição de impacto ambiental, ocorreu em relação ao terceiro cenário. A diminuição da pegada de  $CO_2$  na fase material, no terceiro cenário, foi de ~60%. No quesito manufatura a diminuição foi ainda maior, de aproximadamente 90%. A elevada pegada de  $CO_2$  na fase de transporte do cenário 3 (+100%), em comparação com os cenários 1 e 2, ocorreu devido ao aumento da distância percorrida pela garrafa, um custo logístico que se torna extremamente relevante em soluções de reuso, principalmente em países nos quais os produtos precisam percorrer grandes distâncias, como o Brasil. Contudo, a análise das diferenças de pegada de  $CO_2$  total (somando a potencial recuperação) entre os cenários permite constatações claras. A reciclagem gerou diminuição na pegada de  $CO_2$  de 9%, em relação ao cenário com disposição final em aterro sanitário. Já o reuso acarretou diminuição de 63% em relação ao cenário de destinação em aterro sanitário e de 60% em relação ao cenário de reciclagem.

*Tabela 12: Resumos das principais diferenças de pegada de  $CO_2$  (kg) entre cada cenários por fase do ciclo de vida da garrafa de vinho.*

Fase	Pegada de CO2 (kg)			Delta		
	Cenário	1	2	3	1 - 2	1 - 3
<b>Material</b>	0,52	0,45	0,18	-12%	-66%	-61%
<b>Manufatura</b>	0,35	0,35	0,04	0%	-89%	-89%
<b>Transporte</b>	0,06	0,06	0,12	-2%	92%	95%
<b>Uso</b>	0,00	0,00	0,00	-	-	-
<b>Disposição</b>	0,01	0,02	0,01	202%	0%	-67%
<b>Total (primário)</b>	0,94	0,89	0,34	-5%	-63%	-61%
<b>Potencial de fim de vida</b>	0,00	-0,04	0,00	-	-	-
<b>Total + Pot. fim de vida</b>	0,94	0,85	0,34	-9%	-63%	-60%

Existem duas comparações claras entre os cenários, a representatividade dos valores gastos com transporte e o impacto que a mudança do método de disposição final causa. A partir dos dados gerados pelo EduPack e dos cenários que foram estipulados, é possível perceber que existem recomendações acerca do ciclo de vida das garrafas de vinho de vidro:

- Quanto menor for o uso de materiais que são constituídos por materiais de origem fóssil, menor será a pegada gerada na fase de manufatura. Muitos desses materiais são utilizados como acabamentos (embalagens e afins) e podem ser substituídos a partir de soluções criativas e mais ecológicas (como escrever na garrafa as informações necessárias e não utilizar plásticos como embalagens).
- Soluções logísticas que diminuam a distância percorrida pelo produto até chegar no consumidor final são fundamentais para a diminuição do gasto que ocorre nessa fase.
- Alterar o tipo de transporte utilizado, por exemplo de rodoviário para fluvial ou de pequenos veículos para grandes veículos compartilhados, é de grande valia para a diminuição do gasto na fase de transportes.
- Quanto maior for o retorno do produto para a cadeia, maior será a recuperação da energia gasta no ciclo de vida de novos materiais. O retorno à cadeia, seja via reciclagem ou reuso, diminui a demanda por produtos constituídos apenas por matéria prima virgem.

A combinação dessas recomendações possui alta sinergia. Por exemplo, alterar o meio de transporte e pensar em soluções logísticas está intrinsecamente conectado com a reutilização das garrafas. É importante que as soluções “verdes” possuam direcionamento, a fim de realmente gerarem impacto de diminuição no gasto energético e de pegada de  $CO_2$  gerada no ciclo de vida da garrafa de vinho.

Segundo (Barber, 2010), por mais que exista um mercado consumidor que se preocupa com o meio ambiente e sempre busca consumir de um modo sustentável, deve existir a comunicação certa para que os produtos “verdes” sejam vendidos pelo preço correto e que esse mercado seja aquecido. Existem consumidores dispostos a pagar por produtos como o vinho biodinâmico, mas para

que ocorra a conversão monetária deve existir uma comunicação eficiente e clara.

Levando em consideração o contexto brasileiro de iniciativas que favorecem a preservação do meio ambiente, em especial na cidade de São Paulo, é bastante clara a preocupação e movimentação que o Beverino realiza em prol de atitudes que beneficiam o meio ambiente. Porém, é necessário fazer uma reflexão acerca desse fato. Um estabelecimento que consome produtos de origem orgânica e natural e destina todos seus produtos recicláveis para os locais corretos incentivando uma classe menos favorecida, no contexto da cidade de São Paulo, é considerado como um exemplo de sustentabilidade. Porém, essas iniciativas não deveriam ser taxadas como medidas extraordinárias e sim como medidas típicas que geradores de resíduos deveriam tomar. A falta de incentivo e ferramentas que permitam um consumo sustentável por parte dos órgãos do governo, como coletas seletivas mais abrangentes e incentivos à reciclagem, fazem com que as medidas tomadas pelo Beverino sejam consideradas fora do padrão. No contexto estudado, todos os esforços possíveis já são realizados, a questão que nos cerca é a acessibilidade de iniciativas em prol do meio ambiente para a grande massa de consumo no Brasil.

As análises de ciclo de vida foram realizadas considerando o Beverino como base, porém é necessário entender que a responsabilidade socio ambiental e a localização do Beverino não correspondem ao padrão dos estabelecimentos brasileiros. Para ilustrar a ACV das garrafas de vinho no Brasil, o Beverino compre seu papel. Pois se trata de um estabelecimento com consumo contínuo localizado no maior mercado do Brasil. No que diz respeito a acessibilidade logística, financeira e responsabilidade ambiental, o Beverino é um caso que se enquadra muito pouco em relação aos estabelecimentos comuns do mercado paulista.

Segundo o IBGE, em 2019 a população da cidade de São Paulo será de 12.252.023 de pessoas e a do Brasil é de 210.147.125 pessoas. Considerando, o consumo per capita da cidade de São Paulo (2,75L/pessoa), o consumo total seria de 33,7 milhões de litros de vinho, aproximadamente 45 milhões de garrafas ao ano (Instituto Brasileiro do Vinho (Ibravin)). Considerando que o restaurante Beverino consome, em média, 4.400 garrafas de vinho por ano, o

caso estudado representaria 0,009% do consumo da cidade de São Paulo. A baixa representatividade em volume consumido ressalta ainda mais a discussão acerca das dificuldades de implementação de políticas de reciclagem na cidade de São Paulo além de tornar soluções logísticas de reuso quase impensáveis nos moldes atuais.

Utilizando os dados de análise de ciclo de vida que calculam a pegada de  $CO_2$  emitida por uma garrafa de vinho, é possível mensurar qual o impacto que políticas de reciclagem e, principalmente, de reuso, baseadas em conceitos de economia circular, poderiam trazer. A Tabela 13 ilustra os cálculos de impacto que seriam possíveis a partir da implementação de políticas de reciclagem e reuso para todas as garrafas na cidade de São Paulo. O cenário mais otimista presume que seriam deixados de emitir 26,7 mil toneladas de  $CO_2$  em um ano. Para efeitos de comparação, esse valor é próximo da produção de  $CO_2$  de 18 mil carros em um ano, cerca de 0,2% do total de emissão de  $CO_2$  da frota de carros de cidade de São Paulo. Trata-se de um número expressivo considerando o valor e volume do mercado de vinhos e do mercado de automóveis.

*Tabela 13: Estimativa da pegada de  $CO_2$  na cidade de São Paulo por cenário de ACV.*

<b>Garrafas na cidade de São Paulo</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
	Aterro Sanitário	Reciclagem	Reuso
<b>44.924.084</b>	<b>Matéria prima 100% virgem</b>	<b>Matéria prima 60% reciclagem</b>	<b>Reuso</b>
<b>Pegada de <math>CO_2</math>/garrafa (kg)</b>	0,9	0,8	0,3
<b>Total (kg)</b>	42.138.791	38.180.979	15.453.885
<b>Economia final (kg)</b>		<b>3.957.812</b>	<b>- 26.684.906</b>

## 6. Conclusões

A utilização do software educacional CES EduPack 2019 proporcionou que as análises de ciclo de vida fossem realizadas de forma satisfatória e aplicável para os fins propostos.

A ACV de garrafas de vinho na cidade de São Paulo mostrou que existem oportunidades com alto potencial de diminuir os impactos ambientais causados pelas garrafas de vinho de vidro. A adoção de soluções que visam a circularidade de garrafas, seja pela reciclagem ou pelo reuso, traz ganhos de alta escala na redução de gasto energético e de pegada de  $CO_2$ .

Através da revisão bibliográfica apresentada, da ACV realizada na cidade de São Paulo e dos dados coletados no restaurante Beverino é possível elaborar proposições para os processos observados:

- Escolha de materiais que possuam menor impacto ambiental através de soluções criativas de agregação de valor para a garrafa, valor este que deve ser corretamente comunicado ao consumidor.
- Comunicação correta e intensa do valor agregado que garrafas de vinho provenientes de matéria prima de origem reciclada e, principalmente, de reuso possuem, visando o apoio da classe consumidora para a implementação das políticas circulares. Entender qual o perfil do consumidor é fundamental para saber direcionar os esforços de comunicação e desenvolver resultados efetivos.
- Soluções logísticas que diminuam a distância percorrida pelas garrafas de vinho, incorporando integralmente políticas de reuso na operação.
- Cobrança aos órgãos responsáveis de instrumentos que possibilitem que a destinação das garrafas de vinho seja feita aos locais apropriados, independentemente da localização dos locais de consumo.

Algumas ressalvas são necessárias, à medida que existem oportunidades de expansão do estudo realizado. Visitas aos locais responsáveis pelas fases do ciclo de vida da garrafa de vinho trariam valores mais próximos dos reais na análise do ciclo de vida. Aumentar o escopo do estudo para abranger o consumo de vinho em todo território nacional. Realizar pesquisas com consumidores para entender se a adoção de outros materiais e formas como embalagem de vinho

seriam viáveis, a fim de elaborar mais cenários. Refinamento das informações de logística de reuso, a fim de entender quais as principais dificuldades existentes em sua implementação (por exemplo, a necessidade de cuidados excessivos com as garrafas para evitar que sejam quebradas).

## 7. Bibliografia

- Abadia, L. G. (2019). *MODELOS DE NEGÓCIO ALINHADOS AOS PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS*. São Paulo.
- ABNT. (Novembro de 2001). Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. *NBR ISO 14040*.
- ARUP. (2016). *The Circular Economy in the Built Environment*. Fonte: ARUP.
- Barber, N. (2010). “Green” wine packaging: targeting environmental consumers. *International Journal of Wine*.
- Biwei Su, A. H. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 215-227.
- Chehebe, J. R. (2002). *Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Comitê intersecretarial para a política municipal de resíduos sólidos. (2014). *Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo (PGIRS)*. São Paulo.
- Confederação Nacional da Indústria. (2018). *Economia circular : oportunidades e desafios para a indústria brasileira /*. Brasília.
- Danieli Landi, M. G. (2019). Analyzing the environmental sustainability of glass bottles reuse in an Italian wine consortium. *Procedia CIRP*, 399-404.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy, Opportunities for the Consumer Goods Sector. <https://tinyurl.com/ztnrg24>.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. <https://tinyurl.com/hzfrxvb>. Fonte: <https://tinyurl.com/hzfrxvb>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition'. <https://tinyurl.com/zt8fhxw>.
- European Commission. (2015). Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. *Communication from the Commission to the European*

*Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.*

European Environment Agency. (2014). Resource-efficient Green Economy and EU policies. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*.

European Environment Agency. (2016). Circular Economy in Europe - Developing the knowledge base. *EEA Report No. 2/2016*.

F.Ashby, M. (2016). *Materials and Sustainable Development*. Butterworth-Heinemann.

French Environment and Energy Management Agency. (2014). Economie Circulaire: Notions.

Friedrich Hinterberger, F. S. (2001). Eco-Efficiency of Regions: Toward Reducing Total Material Input. *7th European Roundtable on Cleaner Production*.

Heck, P. (2006). Circular Economy related international practices and policy trends: Current situation and practices on sustainable production and consumption and international Circular Economy development policy summary and analysis. *Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)*.

Instituto Brasileiro do Vinho (Ibravin). (s.d.).

JRC Scientific and Technical Reports. (2011). Supporting Environmentally Sound Decisions for Waste Management - A technical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA) for waste experts and LCA practitioners. *JRC Scientific and Technical Reports* - <https://tinyurl.com/zwen5p2>.

Mitchell, P. (2015). Employment and the circular economy - Job Creation through resource efficiency in London. *Report produced by WRAP for the London Sustainable Development Commission, the London Waste and Recycling Board and the Greater London Authority*.

N.M.P. Bocken, S. S. (2016). Towards a sufficiency-driven business model: Experiences and opportunities. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 41-61.

- PatriziaGhisellini, C. S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 11-32.
- Preston, F. (Março de 2012). A Global Redesign? Shaping the Circular Economy. *Chatham House*.
- Rocchi, B., & Stefani, G. (2006). Consumers' perception of wine packaging: a case study. *Department of Agricultural and Resource Economics, University of Florence, Italy*.
- Sébastien Sauvé, S. B. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 48-56.
- Ton Bastein, E. R. (2013). Opportunities for a Circular Economy in the Netherlands. *Report commissioned by the Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment*.
- United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation, Development and World Bank. (2003). Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003.
- Vasileios Rizos, K. T. (2017). The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts.