

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**Gabriel Marinho dos Santos Barbosa**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
NA PRODUÇÃO DE AZEITE DE OLIVA**

**Caçapava do Sul  
2023**

**Gabriel Marinho dos Santos Barbosa**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
NA PRODUÇÃO DE AZEITE DE OLIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Mateus Guimarães da Silva  
Co-orientadora: Mariana Ribeiro Santiago

**GABRIEL MARINHO DOS SANTOS BARBOSA**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
NA PRODUÇÃO DE AZEITE DE OLIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 30 de Janeiro de 2023.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Mateus Guimarães da Silva  
Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dra. Carolina Ferreira de Matos Jauris  
(UNIPAMPA)

---

Eng. Gilcinieri Ribeiro Marques



Assinado eletronicamente por **GILCINIERI RIBEIRO MARQUES, Aluno**, em 09/02/2023, às 11:32, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CAROLINA FERREIRA DE MATOS JAURIS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/02/2023, às 00:40, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MATEUS GUIMARAES DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/02/2023, às 15:21, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1052715** e o código CRC **F0F51730**.

“A educação é a arma mais poderosa que  
você pode usar para mudar o mundo”.

Nelson Mandela

## RESUMO

A olivicultura encontra-se em ascensão no Brasil, mais especificamente no estado do Rio Grande do Sul. O avanço desta atividade econômica vem sendo viabilizado devido às condições edafoclimáticas do Pampa gaúcho serem constatadas como adequadas para o cultivo de oliveiras. Sabe-se que toda atividade no âmbito do agronegócio gera impacto ambiental o que torna necessário o desenvolvimento de um sistema sustentável que minimize a exploração descontrolada dos recursos naturais. Por se tratar de uma cultura emergente no país, existe hoje um gargalo na literatura que oriente os produtores na gestão dos resíduos gerados nesta produção. A metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que permite a avaliação do potencial impacto ambiental de um produto ou sistema. Utilizando-se desta metodologia, o objetivo deste trabalho é avaliar o ciclo de vida da destinação final dos resíduos sólidos oriundos da produção do azeite de oliva no Rio Grande do Sul, em quatro cenários: queima de biomassa, compostagem, aterro sanitário e disposição direta no solo. As empresas de extração de azeite de oliva Azeites do Pampa Agroindústria (Bagé) e Tecnoplanta Florestal (Caçapava do Sul) contribuíram para este trabalho com informações referentes às diferentes valorizações do resíduo de azeitona. Os quatro cenários foram escolhidos pelo fato de serem destinações realizadas atualmente ou que já foram utilizadas. O cenário de disposição do solo, de maneira geral, obteve o melhor desempenho ambiental, exceto no potencial de eutrofização que apresenta o pior resultado se comparado aos outros sistemas. Por sua vez, a compostagem apresentou o pior desempenho ambiental, onde o grande responsável pelo resultado negativo vem das horas trabalhadas pelo maquinário, assim tendo grande consumo de diesel. Ao avaliar a sensibilidade dos resultados através da equivalência do consumo de diesel nos cenários do aterro, queima de biomassa e compostagem, o resultado foi outro, onde a compostagem e a queima de biomassa apresentaram o melhor resultado na questão do potencial de eutrofização. Além disso, com a análise de sensibilidade, a compostagem e a queima de biomassa deixaram de ser os mais nocivos na categoria de mudanças climáticas, enquanto que, o cenário de disposição em aterro sanitário tornou-se o mais nocivo nessa categoria.

**Palavras-Chave:** bagaço de azeitona, azeite de oliva, olivicultura, openLCA.

## ABSTRACT

Olive growing is on the rise in Brazil, more specifically in the state of Rio Grande do Sul. The advancement of this economic activity has been made possible due to the edaphoclimatic conditions of Pampa gaúcho are found to be suitable for the cultivation of olive trees. It is known that every activity in the agribusiness sphere generates environmental impact, which makes it necessary to develop a sustainable system that minimizes the uncontrolled exploitation of natural resources. Because it is an emerging crop in the country, there is currently a bottleneck in the literature that guides producers in the management of the residues generated in this production. The Life Cycle Assessment (LCA) methodology is a tool that allows the evaluation of the potential environmental impact of a product or system. Using this methodology, the objective of this work is to evaluate the life cycle of the final destination of solid residues from the production of olive oil in Rio Grande do Sul, in four scenarios: biomass burning, composting, landfill, and direct disposal in the soil. The olive oil extraction companies Azeites do Pampa Agroindústria (Bagé) and TecnoPlanta Florestal (Caçapava do Sul) contributed to this work with information regarding the different valorizations of the olive residue. The four scenarios were chosen because they are destinations that are currently used or have already been used. The soil disposal scenario, in general, obtained the best environmental performance, except in the eutrophication potential, which presents the worst result when compared to the other systems. In turn, composting presented the worst environmental performance, where the major responsible for the negative result comes from the hours worked by the machinery, thus having high diesel consumption. When evaluating the sensitivity of the results through the equivalence of diesel consumption in the scenarios of landfill, biomass burning and composting, the result was different, where composting and biomass burning presented the best result on the issue of eutrophication potential. Furthermore, with the sensitivity analysis, composting and biomass burning ceased to be the most harmful in the climate change category, while the landfill disposal scenario became the most harmful in this category.

**Keywords:** olive pomace, olive oil, olive growing, openLCA.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e familiares, pelo suporte e apoio mesmo com a distância.

Aos professores e profissionais que me ensinaram e me guiaram durante esses cinco anos.

Aos meus orientadores pela ajuda, paciência e dedicação durante todo o trabalho.

À Tecnoplanta Florestal, a Prosperato e a Azeites do Pampa Agroindústria, pela disponibilidade e informações concedidas durante todo o trabalho.

À minha namorada, por toda a ajuda, pelas palavras de incentivo e todo apoio recebido.

Aos meus amigos, por toda a ajuda, momentos juntos e por tornarem esses cinco anos mais leves.

E à minha avó, por todos os conselhos, abraços, sorrisos e por me ensinar a forma mais pura de amor, sendo a pessoa mais bondosa que eu pude conhecer.

Todos foram muito importantes para a minha formação como profissional e como ser humano.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fases de uma ACV	19
<b>Figura 2</b> - Aba de Análise de Impacto	25
<b>Figura 3</b> - Aba de Sistema de Produto	26
<b>Figura 4</b> - Fluxograma do processo de produção do azeite de oliva	28
<b>Figura 5</b> - Fluxograma do processo de queima da biomassa de azeitona	29
<b>Figura 6</b> - Fluxograma da disposição de bagaço de azeitona no solo	30
<b>Figura 7</b> - Fluxograma do processo de compostagem	31
<b>Figura 8</b> - Fluxograma do processo de disposição de resíduos em aterro sanitário	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Produção de azeite no mundo	15
<b>Tabela 2</b> - Maiores importadores de azeite do mundo	17
<b>Tabela 3</b> - Composição da água-ruça, do bagaço e do composto de azeitona	33
<b>Tabela 4</b> - Composição do caroço de azeitona	33
<b>Tabela 5</b> - Entradas e saídas do processo de extração de azeite de oliva	34
<b>Tabela 6</b> - Entradas e saídas da disposição do resíduo em aterro sanitário	36
<b>Tabela 7</b> - Entradas e saídas do processo de compostagem	37
<b>Tabela 8</b> - Entradas e saídas do processo de queima de biomassa	38
<b>Tabela 9</b> - Entradas e saídas do processo de disposição de bagaço no solo	38
<b>Tabela 10</b> - Resultados dos impactos ambientais	39
<b>Tabela 11</b> - Resultados dos impactos ambientais com valores de diesel igualados entre DB, DC e DA	42

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Justificativa</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivos</b>	<b>13</b>
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	14
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Olivicultura</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Produção de azeite de oliva</b>	<b>15</b>
2.2.1 Produção de azeite de oliva no mundo	15
2.2.2 Produção de azeite de oliva no Brasil	16
<b>2.3 Legislação sobre resíduos sólidos</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Resíduos sólidos produzidos na extração do azeite de oliva</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Metodologia da avaliação do ciclo de vida</b>	<b>20</b>
2.6.1 Definição do objetivo e do escopo	20
2.6.2 Análise do inventário	20
2.6.3 Avaliação do impacto	21
2.6.4 Interpretação do ciclo de vida	21
<b>2.7 Tecnologias alternativas de tratamento e disposição de resíduos da produção de azeite</b>	<b>22</b>
<b>2.8 Estudos de ACV sobre tratamento de resíduos da produção de azeite</b>	<b>23</b>
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Definição do objetivo e do escopo</b>	<b>27</b>
3.1.1 Cenários avaliados	28
3.1.1.1 Queima em caldeira	28
3.1.1.2 Disposição no solo	29
3.1.1.3 Compostagem e adubação vegetal	30
3.1.1.4 Aterro sanitário	31
<b>3.2 Análise de inventário</b>	<b>32</b>

3.2.1 Inventário do processo de extração de azeite de oliva	34
3.2.2 Inventário da disposição em aterro sanitário	34
3.2.3 Inventário da compostagem do bagaço de azeitona	37
3.2.4 Inventário da queima de biomassa de azeitona	37
3.2.5 Inventário da disposição dos resíduos no solo	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>39</b>
4.1 Avaliação e interpretação dos impactos	39
4.1.1 Análise de sensibilidade	41
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE A</b> – Modelo de questionário para Tecnoplanta Florestal.	47
<b>APÊNDICE B</b> – Modelo transcrito de questionário para Tecnoplanta Florestal.	48
<b>APÊNDICE C</b> – Resposta da Tecnoplanta Florestal ao questionário.	49
<b>APÊNDICE D</b> – Resposta transcrita da Tecnoplanta Florestal ao questionário.	49
<b>APÊNDICE E</b> – Modelo de questionário para Azeites do Pampa Agroindústria.	50
<b>APÊNDICE F</b> – Respostas transcritas da Azeites do Pampa Agroindústria ao questionário.	51

## 1 INTRODUÇÃO

Denominada cientificamente como *Olea europaea* L. e popularmente conhecida como oliveira, esta árvore típica da região oriental do mar Mediterrâneo é cultivada há milhares de anos para fins alimentícios. A olivicultura, como ficou conhecida esta atividade agrícola, possui como destaques na extração de azeite como os maiores produtores, atualmente, a Espanha com o volume de 1.389.000 t/ano, Grécia com 275.000 t/ano e Itália 273.500 t/ano (IOC, 2022).

Para além dos países mediterrâneos sua prática tem se expandido para outras nações, sendo uma delas o Brasil. Em 2021 quase 100% do azeite de oliva consumido no Brasil é advindo de importação e a produção interna segue ocupando o título de insignificante frente à demanda de consumo interno. Os estados de Minas Gerais, São Paulo – na Serra da Mantiqueira - e Rio Grande do Sul são os maiores produtores nacionais. No Rio Grande do Sul a prática da olivicultura está em plena ascensão desde sua retomada em 2005 que hoje ocupa a primeira posição em produção de azeite com 75% da produção nacional (IBRAOLIVE, 2022). Segundo a Secretária de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural em 2022 foram produzidos 448,5 mil litros de azeite de oliva, isso corresponde a um aumento de 121% em relação ao mesmo período no ano anterior. Este número, se deve, em grande parte, ao grande potencial brasileiro deste mercado, uma vez que o Brasil é o segundo maior importador de azeitona de mesa e azeite do mundo (SEBRAE, 2018) e possui na região Sul condições climáticas locais adequadas para seu cultivo (SEBRAE, 2017). A olivicultura e a produção de azeite têm sua importância no âmbito nacional devido ao alto potencial de geração de renda e diversidade do agronegócio (WREGGE et al., 2009), além da inovação e a competitividade no mercado de azeite de oliva (CAYE, 2018).

No processamento de azeitonas, tanto para extração do azeite quanto para a produção de conservas, têm-se a geração de grandes quantidades de resíduos, sólidos e líquidos, que devem ser tratados ou reaproveitados para prevenir danos ambientais oriundos de seu mau direcionamento (MORE, 2008). A olivicultura é uma cultura emergente no Brasil (SEAPDR, 2022), mas não se tem muitos estudos e conhecimentos da maneira correta de manejo e valorização desses resíduos. De acordo com a empresa Prosperato (2022), no processamento das azeitonas, 85% da

massa total é de resíduo gerado, enquanto apenas 15%, no máximo, é aproveitada como azeite.

O presente trabalho visa avaliar o ciclo de vida de 4 (quatro) diferentes sistemas de valorização dos resíduos provenientes da extração do azeite de oliva: disposição em aterro sanitário, disposição direta no solo e queima de biomassa da azeitona e a compostagem do bagaço da azeitona, utilizando a ferramenta de ACV, fundamentado na NBR ISO 14040:2009, e para a quantificação dos impactos e tratamento dos dados teve-se o auxílio do software OPENLCA, com o intuito de encontrar a alternativa mais viável ambientalmente por meio de avaliações de aspectos ambientais.

## **1.1 Justificativa**

Não foram encontrados estudos de avaliação do ciclo de vida dos resíduos oriundos da produção do azeite de oliva no Brasil. Existe hoje uma lacuna de informações a respeito desse tema por ser uma prática recente no país, onde a produção do azeite de oliva teve início em 2006 em território nacional. No entanto, esta atividade apresenta aumento significativo no decorrer dos anos, em 2022, antes do fim do ano, já apresentou recorde de produção. Isso se dá pelo fato das oliveiras, em sua maioria, estarem em seu pico de produção que ocorre 10 (dez) anos após o plantio, assim justificando a importância desta pesquisa.

O elevado índice de subprodutos de oliva nas produções do azeite, que são altamente poluidores, é um fator atraente para verificar o impacto ambiental que cada sistema de valorização desses resíduos causa. Assim, com dados de 4 (quatro) diferentes destinações finais desses resíduos, é possível comparar e definir qual o sistema de manejo e disposição ambientalmente mais viável.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Comparar as diferentes formas de destinação final dos resíduos oriundos da produção do azeite de oliva por meio da Avaliação de Ciclo de Vida - ACV.

### 1.2.2 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Quantificar o fluxo de entrada e saída dos diferentes cenários de destinação dos resíduos;
- Modelar e simular os cenários utilizando o software OpenLCA ;
- Comparar os diferentes cenários mediante a avaliação de impactos de ciclo de vida.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Olivicultura

A oliveira (*Olea europaea L.*) é uma planta angiosperma, tendo seu fruto a azeitona, ela pertence à família *oleaceae* e raramente atinge mais de 10 metros de altura. Originária do Sul do Cáucaso até as altas planícies do Irã, Palestina e a zona costeira da Síria, estendendo-se pelo Chipre até o Egito, povoando todos os países que margeiam o Mediterrâneo (COUTINHO et al. 2009; WREGGE et al., 2015), a *Olea europaea L.* é uma das frutíferas mais antigas cultivadas pelo homem, sendo cultivada há mais de 6.000 anos (COUTINHO et al. 2009).

Embora antiga, de acordo com a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do Rio Grande do Sul (2022) a olivicultura é uma cultura emergente no Brasil e no Rio Grande do Sul. O estado é considerado um dos locais mais favoráveis para o cultivo de oliveiras no Brasil, devido ao frio e à sazonalidade de chuvas. Porém, existem riscos climáticos, sendo necessárias análises de variáveis climáticas e moldes para identificar locais adequados para o cultivo de oliveiras (WREGGE et al. 2015).

A *Olea europaea L.* é cultivada para obter a azeitona, onde a mesma pode ser consumida *in natura* ou utilizada para extração de seu óleo, o azeite de oliva, que é muito utilizado na culinária ou em ritos religiosos (MUELLER, 2012).

## 2.2 Produção de azeite de oliva

### 2.2.1 Produção de azeite de oliva no mundo

O azeite de oliva possui uma considerável produção mundial, sendo importante na dieta local e para a economia, principalmente no mediterrâneo, onde países dessa região, como a Espanha, Itália e a Grécia, eram os maiores produtores de azeite do mundo, correspondendo a 60% da produção mundial em 2017/18 (BANIAS et al., 2017; IOC, 2022).

Na safra de 2020/21, a Espanha permaneceu na liderança da produção de azeite com um volume de 1.389.000t (+23,4%), seguido da Grécia com 275.000t (estável), Itália com 273.500t (-25,4%) (IOC, 2022).

Observando os dados provisórios para 2020/21 (Tabela 1), a produção de azeite no mundo apresentou um volume de 3.010.000t, que equivale a 7,9% a menos do que a safra anterior (IOC, 2022).

**Tabela 1** - Produção de azeite no mundo.

<b>Produção (x1000t)</b>	<b>2016/17</b>	<b>2017/18</b>	<b>2018/19</b>	<b>2019/20</b>	<b>2020/21</b>	<b>Média</b>	<b>2021/22 (e.)</b>	<b>Taxa de Variação %</b>
<b>Europa, dos quais:</b>	<b>1 752</b>	<b>2 188</b>	<b>2 264</b>	<b>1 920</b>	<b>2 051</b>	<b>2 035</b>	<b>1 974</b>	<b>-3,80%</b>
Espanha	1 291	1 262	1 790	1 125	1 389	1 371	1 300	-6,40%
Grécia	195	346	185	275	275	255	225	-18,20%
Itália	182	429	174	366	274	285	315	15,20%
Portugal	69	135	100	140	100	109	120	20,00%
<b>Outros países COI, dos quais:</b>	<b>620</b>	<b>1 007</b>	<b>808</b>	<b>1 158</b>	<b>758</b>	<b>870</b>	<b>936</b>	<b>23,50%</b>
Tunísia	100	325	140	440	140	229	240	71,40%
Turquia	178	263	194	230	210	215	228	8,30%
Marrocos	110	140	200	145	160	151	200	25,00%
Argélia	63	200	97	126	70	88	98	39,00%
Egito	30	145	41	40	30	36	20	-33,30%
Argentina	24	160	28	30	30	31	30	0,00%
<b>Outros produtores:</b>	<b>190</b>	<b>184</b>	<b>233</b>	<b>188</b>	<b>200</b>	<b>199</b>	<b>188</b>	<b>-6,20%</b>
<b>Total</b>	<b>2 561</b>	<b>3 379</b>	<b>3 305</b>	<b>3 266</b>	<b>3 010</b>	<b>3 104</b>	<b>3 099</b>	<b>2,90%</b>

Fonte: International Olive Council, 2022.

De acordo com a International Olive Council (2022), são produzidas no mundo cerca de 3,2 milhões de toneladas de azeite por ano. As importações e exportações estão estimadas em 1 milhão de toneladas.

### 2.2.2 Produção de azeite de oliva no Brasil

No Brasil, a olivicultura é recente, onde as primeiras tentativas de produzir o azeite foram nos anos 1950 em Campos do Jordão - SP e Uruguaiana - RS, porém não obtiveram sucesso (COMIN, 2016). A Empresa de Pesquisas Agronômicas de Minas Gerais - Epamig, realizou estudos de campo com as variedades que sobreviveram e foi verificado que a Serra da Mantiqueira é um território fértil para as oliveiras, assim ajudando pequenos produtores da região que buscavam alternativas para o plantio. Nos anos de 1990, 70 produtores iniciaram o plantio dessa espécie em mais de 20 municípios (COMIN, 2016) e, a partir de 2006, começou a ser extraído azeite extravirgem no Brasil (ALVES, 2020).

Nos últimos anos, a olivicultura vem crescendo no Brasil com os plantios comerciais no Sul e Sudeste do país. Em 2018, a produção de azeite em território nacional ultrapassou 150 toneladas e o consumo interno era de 60 mil toneladas por ano (EMBRAPA, 2019). No ano seguinte, “a safra de azeite de 2019 ficou em torno de 230 mil litros no país, sendo aproximadamente 180 mil litros no Rio Grande do Sul” (IBRAOLIVA, 2019).

Dados de 2019/20, da International Olive Council, mostram que o Brasil é o segundo maior importador de azeite de oliva no mundo (Tabela 2), importando cerca de 104.179t de azeite, o que representa quase 100% do consumo nacional, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América (IOC, 2020).

**Tabela 2** - Maiores importadores de azeite do mundo.

<b>Importação</b>	<b>2014/15</b>	<b>2015/16</b>	<b>2016/17</b>	<b>2017/18</b>	<b>2018/19</b>	<b>2019/20</b>	<b>Média</b>	<b>Taxa de variação %</b>
Austrália	22 823	26 850	29 624	31 699	32 315	36 558	29 978	<b>13,1%</b>
Brasil	67 778	50 649	60 140	76 817	86 362	104 179	74 321	<b>20,6%</b>
Canadá	38 917	41 893	40 736	47 967	47 141	58 236	45 815	<b>23,5%</b>
China	35 898	40 281	45 822	42 198	48 986	55 580	44 794	<b>13,5%</b>
Japão	61 904	56 738	56 884	57 166	70 640	72 038	62 561	<b>2,0%</b>
Rússia	23 346	24 201	24 328	25 299	28 657	32 334	26 361	<b>12,8%</b>
EUA	311 174	331 370	316 759	322 199	356 183	396 919	339 100	<b>11,4%</b>
Extra-UE	241 822	116 897	110 800	204 777	178 784	268 990	187 011	<b>50,5%</b>
<b>Total</b>	<b>803 663</b>	<b>688 878</b>	<b>685 091</b>	<b>808 121</b>	<b>849 068</b>	<b>1024 835</b>	<b>809 940</b>	<b>20,7%</b>

Fonte: International Olive Council, 2020.

O país do qual o Brasil mais importa azeite de oliva é Portugal, em que das 104.179t importadas, 69.211t (66,43%) vem do país português (IOC, 2020).

### 2.3 Legislação sobre resíduos sólidos

De acordo com a NBR 10.004:2004 os resíduos têm a seguinte classificação:

Resíduos classe I - Perigosos;

Resíduos classe II - Não perigosos;

- resíduos classe II A - Não inertes;
- resíduos classe II B - Inertes.

Os resíduos perigosos são aqueles que apresentam riscos para a saúde pública e para o meio ambiente, ou resíduos que são caracterizados como inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos (NBR 10.004:2004).

A classe dos resíduos não perigosos são separados em duas, classe II B - Inertes, que são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, e os resíduos classe II A - Não inertes são aqueles que não se encaixam nas classificações de resíduos classe I - Perigosos e

classe II B - Inertes, eles podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (NBR 10.004:2004).

A Lei Nº 12.205, de 2 de agosto de 2010 trata do grande conjunto de diretrizes sobre a gestão de resíduos sólidos, exigindo que eles devem ser reduzidos, reutilizados e reciclados.

No Capítulo I, Art 1º, Parágrafo 1º, diz-se que estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos (NBR 10.004:2004). De acordo com o parágrafo 2º esta lei não se aplica aos rejeitos radioativos, que são regulados por legislação específica (NBR 10.004:2004).

#### **2.4 Resíduos sólidos produzidos na extração do azeite de oliva**

O resíduo sólido oriundo do processo de extração do azeite de oliva, também conhecido como biomassa de oliva, é constituído pelo bagaço e o caroço da azeitona. O fruto passa pelo processo de limpeza para ser armazenado, em seguida passa-se pelo processo de moagem, batedura e por fim a decantação (RODRIGUES, 2018). Na extração de azeite, cerca de 80% da massa da azeitona torna-se resíduo nas regiões europeias tradicionais na produção do óleo de oliva, onde aproveita-se apenas 20% da massa total (ALCAIDE et al., 2010). Esse resíduo é altamente poluente por apresentar alto índice de polifenóis, que são ácidos, e de matéria orgânica, principalmente aqueles produzidos pelo processo de decantação, por concentrar esta matéria no resíduo, além dos polifenóis (FERRAZ, 2012).

O bagaço de oliva gerado no sistema contínuo de duas fases é espesso e apresenta grande umidade, composto por caroço, polpa e água do fruto e da lavagem. Esse resíduo, em altas concentrações, pode ser um agente poluidor, por apresentar uma grande carga orgânica e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), além de gerar problemas ambientais poluindo águas e solos, causando a fitotoxicidade, pelo grande conteúdo de fenólicos, lipídios e ácidos orgânicos (DERMECHE et al., 2013).

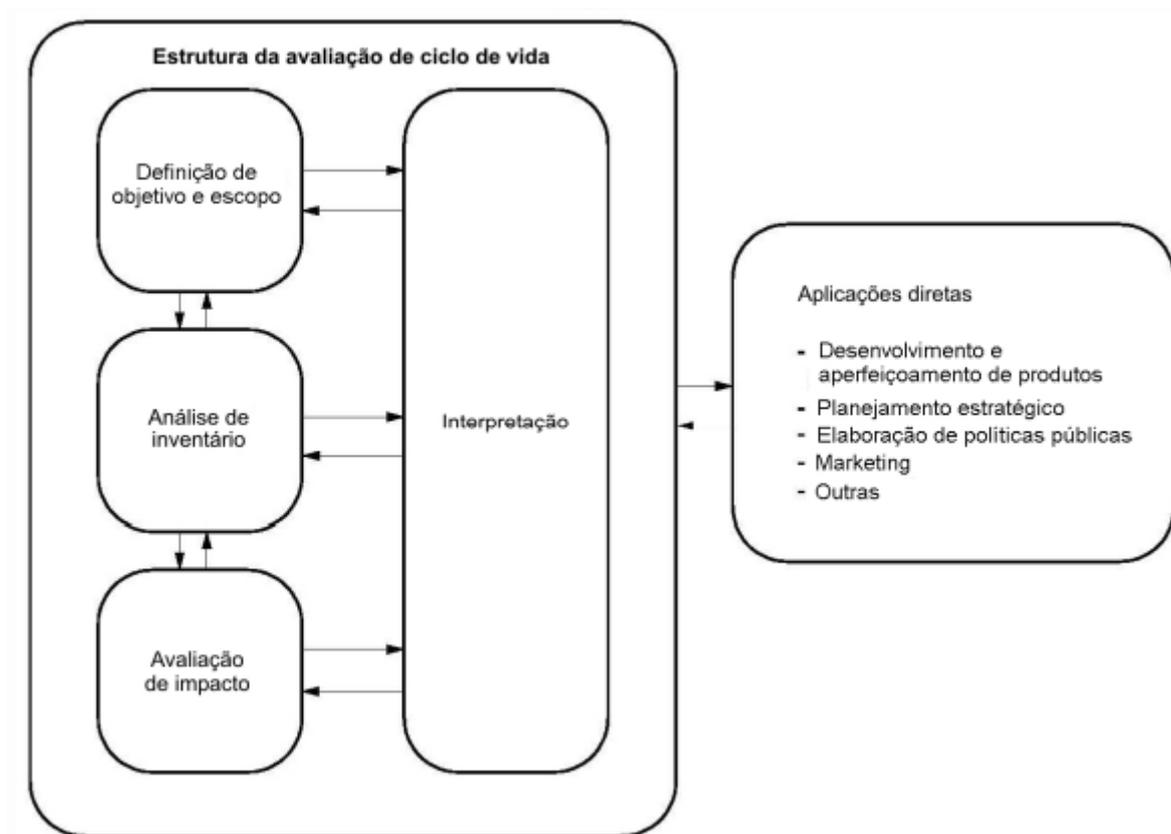
O resíduo da extração do azeite, de acordo com a NBR 10.004:2004, é classificado como Resíduo Classe IIA - Não Inertes.

## 2.5 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

A Avaliação do Ciclo de Vida é a técnica que estuda os impactos ambientais e impactos potenciais de um produto desde a extração da matéria prima até a destinação final (ABNT NBR ISO 14040:2009). A ACV é regida pelas normas da ISO 14040:2009, a qual define os princípios e estrutura da mesma.

Uma ACV contém quatro fases: definição de objetivo e escopo, a fase de análise de inventário, a fase de avaliação de impactos e a fase de interpretação (ABNT NBR ISO 14040:2009). A Figura 1 ilustra as fases de uma ACV.

**Figura 1** - Fases de uma ACV.



**Fonte:** Norma ABNT NBR ISO 14040, 2009.

A ABNT NBR ISO 14055:2009 expressa aos executantes o detalhamento dos requisitos para a elaboração de uma Avaliação do Ciclo de Vida. De acordo com a mesma normativa, a ACV engloba os aspectos e os impactos ambientais de todas as etapas ao longo de um ciclo de vida de um produto, desde a aquisição da matéria prima até a sua disposição final (NBR 14040, 2009).

## 2.6 Metodologia da avaliação do ciclo de vida

### 2.6.1 Definição do objetivo e do escopo

Nesta primeira etapa define-se o objetivo e o escopo, estes devem ser apresentados de forma não ambígua. Aponta-se o propósito do estudo e seu alcance (ABNT NBR ISO 14040, 2009).

O objetivo explicita a aplicação pretendida, as motivações que levaram à realização do estudo e o público alvo ao qual será comunicado o resultado e determinar a divulgação deste (ABNT NBR ISO 14040, 2009).

A depender da definição do objetivo faz-se a determinação do escopo. Este leva o detalhamento ideal para o objetivo pretendido e salienta a definição da unidade funcional, especialmente com estudos comparativos entre produtos distintos de maneira que enseje a quantificação do sistema e permita a determinação de fluxos de referência. Conforme recomendação:

O sistema de produto a ser estudado; as funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas; a unidade funcional; a fronteira do sistema; procedimentos de alocação; categorias de impacto selecionadas e metodologia para avaliação de impactos bem como a interpretação subsequente a ser utilizada; requisitos de dados; pressupostos; limitações; requisitos iniciais quanto à qualidade dos dados; tipo de análise crítica, se aplicável; tipo e formato do relatório requerido para o estudo. (ABNT NBR ISO 14040, 2009)

### 2.6.2 Análise do inventário

Com a pretensão de alcançar os objetivos do estudo, aplica-se a segunda fase do ACV, a análise de inventário do ciclo de vida (ICV), que consiste em coletar os dados necessários. Resultando em um inventário dos dados de entrada e saída linkados ao sistema de estudo (ABNT NBR ISO 14040, 2009).

De maneira geral, a fase da avaliação do ciclo de vida envolve a compilação e quantificação das entradas e saídas de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida (NBR 14040, 2009).

A condução de uma análise de inventário é um processo iterativo. À medida que dados são coletados e se amplia o conhecimento sobre o sistema, novos requisitos ou limitações dos dados podem ser identificados, requerendo mudança nos procedimentos de coleta de dados, de modo que os objetivos do estudo possam ainda ser satisfeitos. Às vezes, podem ser identificadas condições que requeiram revisões do objetivo ou do escopo do estudo (NBR 14040, 2009).

### 2.6.3 Avaliação do impacto

A avaliação de impacto de uma ACV é a fase onde se estuda a significância dos impactos ambientais potenciais, com os resultados do ICV. De maneira geral, esse processo associa os dados de inventário com categorias de impacto específicas. A fase de avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) também fornece dados para a fase de interpretação do ciclo de vida (NBR 14040, 2009).

Questões como escolha, modelagem e avaliação de categorias de impacto podem introduzir subjetividades na fase de AICV. Portanto, a transparência é um fator crítico na avaliação de impacto para assegurar que os pressupostos estejam claramente descritos e relatados (NBR 14040, 2009).

### 2.6.4 Interpretação do ciclo de vida

A interpretação do ciclo de vida é a fase em que os dados da análise de inventário e da avaliação de impacto são consideradas em conjunto. Nesta etapa “convém que a fase de interpretação da ACV forneça resultados que sejam consistentes com o objetivo e escopo definidos e que levem a conclusões, expliquem limitações e provejam recomendações” (NBR 14040, 2009).

Nesta interpretação, as constatações podem se tornar conclusões e recomendações aos tomadores de decisão (NBR 14040, 2009).

## **2.7 Tecnologias alternativas de tratamento e disposição de resíduos da produção de azeite**

Existe uma gama de tecnologias de tratamento e disposição de resíduos oriundos da produção do azeite. Neste trabalho, focaremos em quatro delas: disposição em aterros sanitários, disposição direta no solo, compostagem do bagaço e queima da biomassa do caroço de azeitona.

Em Madri, dois professores, Mercedes del Rio da Escola Superior Técnica de Edificação, e Francisco Fernández da Escola Superior Técnica de Engenharia e Desenho Industrial, desenvolveram um sistema onde se utiliza o caroço carbonizado da azeitona na construção de edifícios (PELAEZ RENOVABLES, 2020).

Esse material não só faz o material de construção ter uma menor densidade, tornando-os mais leves, mas também melhora o isolamento acústico e térmico. Além de apresentar características sustentáveis, ela também reduz os custos de produção (PELAEZ RENOVABLES, 2020).

Este projeto iniciou em 2013 e teve como resultado o desenvolvimento de um revestimento original e sustentável, aplicado em estruturas de madeira, proporcionando uma opção de decoração diferente da atual oferta do mercado. É um elemento renovável, sustentável e duradouro (PELAEZ RENOVABLES, 2020).

Outro produto utilizado, são as cinzas do caroço de azeitona, na Universidade do Chile foi observado que este material apresenta alta resistência ao fogo. Essas cinzas aplicadas ao mercado de tintas, teriam retardantes de chama, mais seguras e ecológicas (PELAEZ RENOVABLES, 2020).

Nos países com grande produção de azeite, o bagaço é normalmente usado como fonte de energia. Mas criou-se uma preocupação em relação à emissão de poluentes devido à combustão dos resíduos, assim forçando esses países a buscarem novas alternativas no tratamento dos resíduos de azeite de oliva, para que sejam menos agressivos ao meio ambiente (ROSIQUE et al., 2004).

Tendo como ponto de vista a agronomia, a concentração de matéria orgânica e minerais no resíduo da azeitona pode tornar este subproduto em um fertilizante para as plantas, tornando a aplicação do mesmo benéfica (SEMPITERNO; FERNANDES, 2010).

A aplicação desse composto no solo ao final do processo de compostagem é considerada uma alternativa mais econômica e sustentável. Esse método tem por

base a grande capacidade de biodegradação do resíduo, sendo aproveitado como um eficaz sistema para exclusão de substâncias indesejadas de resíduos vegetais, ocorrendo interações físicas, químicas e microbiológicas entre os componentes, assim garantindo a valorização agrícola desses produtos (DI GIOVACCHINO, 2005).

A compostagem desse resíduo é utilizada para quebrar os polifenóis, para diminuir a acidez do subproduto, potencializando a disponibilidade de nitrogênio para a planta, favorecer a conversão da matéria orgânico para material inorgânico e para extinguir os elementos fitotóxicos presentes no resíduo (ALBUQUERQUE et al., 2006).

## **2.8 Estudos de ACV sobre tratamento de resíduos da produção de azeite**

Foram realizados estudos sobre os impactos dos resíduos sólidos utilizando a ACV, principalmente em países da Europa, onde a olivicultura é mais presente e numerosa.

Ali El Hanandeh (2015) avaliou as diferentes destinações finais dos resíduos do azeite de oliva na Austrália, este artigo analisou quatro alternativas para gerenciar esse fluxo de resíduos usando a metodologia de avaliação do ciclo de vida. As opções incluíam a fabricação de briquetes como combustível sólido para aquecimento doméstico, pellets para aquecimento de água doméstico ou industrial, pirólise e compostagem. As emissões foram categorizadas em oito categorias de impacto: potencial de depleção da camada de ozônio, potencial de aquecimento global, potencial de eutrofização, potencial de acidificação, toxicidade humana, potencial de depleção de combustível fóssil, ionização potencial de radiação e potencial de formação de oxidante fotoquímico. Neste trabalho foi concluído que a fabricação de briquetes era ambientalmente mais positiva do que a destinação final considerada a mais correta atualmente, a compostagem.

Duman et al. (2020) compararam cinco cenários diferentes para o tratamento e utilização do bagaço de azeitona em termos dos seus impactos ambientais no ciclo de vida. Esses cenários incluem o tradicional, o bifásico e a produção trifásica de azeite seguida de produção de pellets de biocombustível a partir do bagaço de azeitona, a produção de aditivos forrageiros a partir do bagaço de azeitona e a compostagem do bagaço de azeitona. Os seguintes impactos foram calculados

usando o software CCaLC e o método CML2001, com uma abordagem gate-to-grave: potencial de aquecimento global, potencial de acidificação, potencial de eutrofização, destruição da camada de ozônio, potencial de formação de smog fotoquímico e potencial de toxicidade humana. Um cálculo de impacto geral também foi realizado normalizando os impactos individuais e atribuindo pesos iguais a eles. Neste trabalho foi observado que os três primeiros cenários têm impactos significativamente menores e, em muitos casos, até créditos de impacto para o sistema, principalmente devido ao fato de que a utilização da pelota de biocombustível elimina o consumo, portanto, a produção de gás natural, que tem impactos ambientais especialmente altos no caso da Turquia. A produção tradicional de azeite teve um impacto geral menor em comparação com a produção de duas e três fases. Para a maioria dos impactos, os processos operacionais e a utilização surgiram como pontos críticos.

Batuecas et al (2019) compararam impactos ambientais em dois diferentes cenários de gestão de resíduos da produção de azeite de oliva da Itália através da ferramenta de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Os cenários foram: digestão anaeróbica e a disposição no solo, e estão relacionados à fase de cultivo e colheita. Foi utilizado o software SimaPro e as categorias de impacto foram baseadas nos métodos International Life Cycle Data e Cumulative Energy Demand. Neste estudo, observaram que a disposição de resíduos no solo causa maior impacto ambiental. Importantes benefícios ambientais foram identificados na digestão anaeróbica, por produzir biogás, reduzir a carga ambiental e agregar valor à produção de azeite.

### **3 METODOLOGIA**

Para a realização do estudo foi utilizado o programa openLCA, versão 1.11.0, software gratuito e livre para avaliação de sustentabilidade de produtos, que permite a modelagem do ciclo de vida e a utilização de uma ampla base de dados. Foram desenvolvidos 4 (quatro) diferentes cenários sobre sistemas de valorização dos resíduos sólidos da extração do azeite de oliva, seguindo as normas da ISO ABNT 14040:2009, que rege os princípios e estrutura de uma ACV, e a ISO ABNT

14044:2009, que dita os requisitos e as orientações de uma ACV. Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas algumas imagens da interface do openLCA.

Figura 2 - Aba de Análise de Impacto.

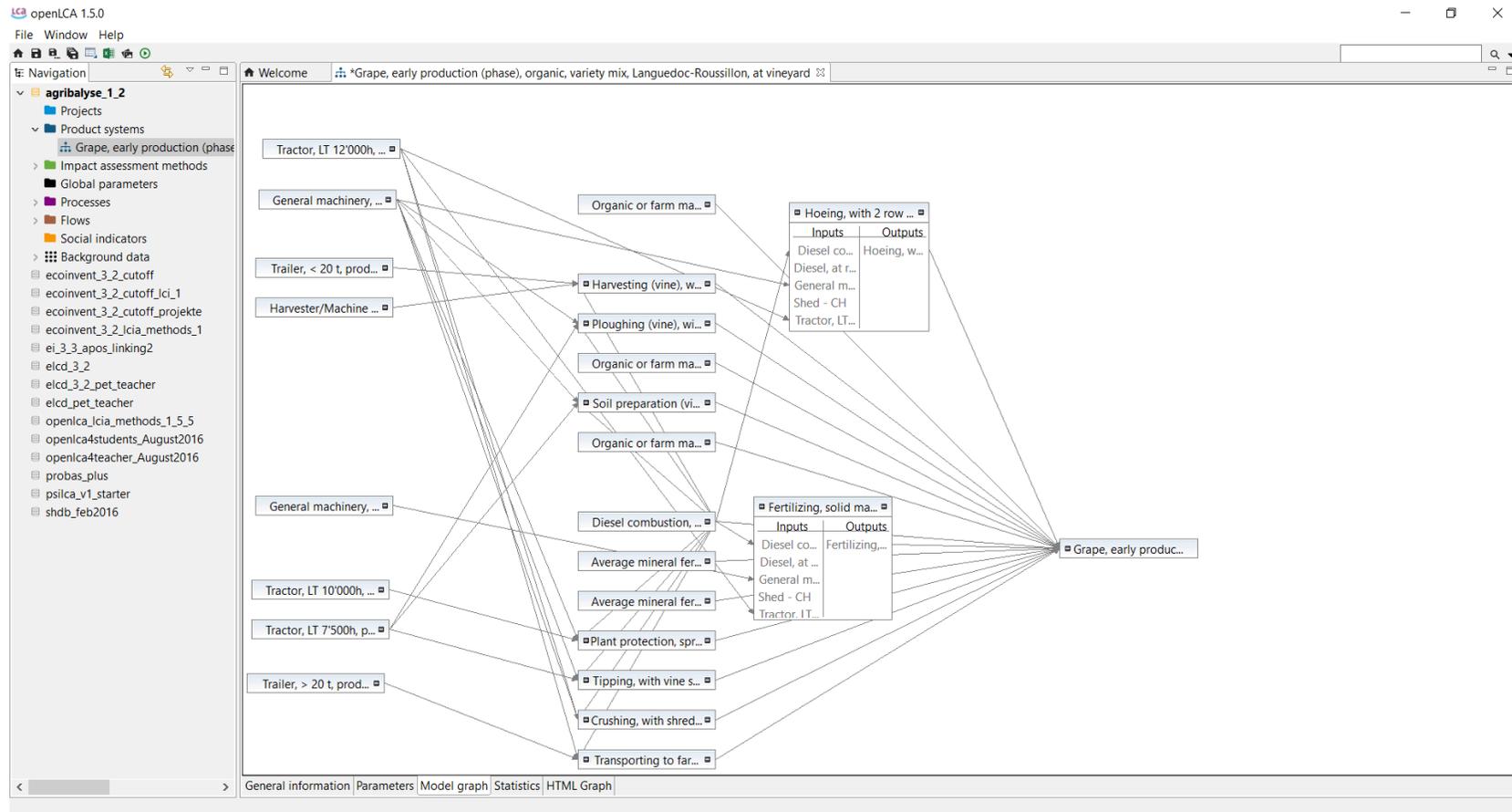
The screenshot displays the openLCA 1.5.0 software interface. The main window shows the 'Impact analysis' tab for the project '\*Grape, early production (phase), organic, variety mix, Languedoc-Roussillon, at vineyard'. The impact category is set to 'Terrestrial ecotoxicity - TETP inf' with a cut-off of 0% and 'Exclude zero entries' checked.

Process/Flow name	Location	Flow category	Inventory result	Unit	Impact factor	Unit	Impact result	Unit
▼ P Grape, early production (phase), organic, variety mix	France						0.01494	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Copper		soil/agricultural	0.00124	kg	14.35989	kg 1,4-di...	0.01776	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Chromium		water/ground water	3.07856E-7	kg	2.27196E-19	kg 1,4-di...	6.99436E-26	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Nickel		water/river	4.00926E-8	kg	1.02958E-18	kg 1,4-di...	4.12785E-26	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Chromium		water/river	1.59736E-7	kg	2.27196E-19	kg 1,4-di...	3.62913E-26	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Copper		water/river	4.20672E-8	kg	4.06320E-21	kg 1,4-di...	1.70927E-28	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Copper		water/ground water	1.21837E-8	kg	4.06320E-21	kg 1,4-di...	4.95048E-29	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Zinc		water/ground water	1.88769E-8	kg	2.53380E-21	kg 1,4-di...	4.78302E-29	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Zinc		water/river	1.09691E-8	kg	2.53380E-21	kg 1,4-di...	2.77935E-29	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Cadmium		water/river	2.97979E-10	kg	1.41506E-20	kg 1,4-di...	4.21658E-30	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Cadmium		water/ground water	2.14245E-10	kg	1.41506E-20	kg 1,4-di...	3.03170E-30	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Lead		water/river	4.61406E-9	kg	4.77422E-22	kg 1,4-di...	2.20285E-30	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Lead		water/ground water	3.24318E-10	kg	4.77422E-22	kg 1,4-di...	1.54836E-31	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Lead		soil/agricultural	-9.66819E-10	kg	32.51821	kg 1,4-di...	-3.14392E-8	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Cadmium		soil/agricultural	-1.89405E-10	kg	166.80795	kg 1,4-di...	-3.15942E-8	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Zinc		soil/agricultural	-1.72551E-8	kg	24.58897	kg 1,4-di...	-4.24284E-7	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Nickel		soil/agricultural	-2.77097E-8	kg	238.55193	kg 1,4-di...	-6.61020E-6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Fe Chromium		soil/agricultural	-4.47136E-7	kg	6302.86169	kg 1,4-di...	-0.00282	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Plant protection, spraying, with atomiser/sprayer, 20l	France						1.54854E-5	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Soil preparation (vine), with harrow	France						1.46559E-5	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Diesel combustion, in tractor	France						1.00250E-5	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Harvesting (vine), with trailer	France						9.40278E-6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Ploughing (vine), with frame plough	France						7.74272E-6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Hoeing, with 2 row hoe	France						6.63662E-6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Crushing, with shredder or chipper	France						3.56165E-6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Tipping, with vine shoot tipping machine	France						2.44265E-6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Fertilizing, solid manure (charging and spreading), w	France						2.30796E-6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
> P Transporting to farm, with 2 axle trailer (15 t)	France						1.42845E-6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.

The interface also shows a navigation pane on the left with a tree view of the project structure, including 'agribalyse\_1\_2', 'Projects', 'Product systems', 'Impact assessment methods', 'Global parameters', 'Processes', 'Flows', 'Social indicators', and 'Background data'. The bottom of the window features a tabbed interface with options like 'General information', 'Inventory results', 'LCIA Results', 'Process contributions', 'Process results', 'Flow contributions', 'Contribution tree', 'Impact analysis', 'Grouping', 'Locations', 'Sun burst', and 'Sankey diagram'.

Fonte: openLCA, 2022.

**Figura 3 -** Aba de Sistema de Produto.



Fonte: openLCA, 2022.

O estudo de ACV é dividido nas seguintes etapas: definição do objetivo e do escopo, análise de inventário, avaliação do impacto e interpretação do ciclo de vida. Nas próximas seções são explicadas as atividades que foram desenvolvidas em cada dessas etapas.

### **3.1 Definição do objetivo e do escopo**

O objetivo foi avaliar o ciclo de vida de diferentes destinações dos resíduos advindos da extração do azeite de oliva, tendo em vista que em cada 1 (uma) tonelada de azeitona processada, cerca de 80% (0,8t) torna-se resíduo (ALCAIDE et al., 2010). As formas de destinação consideradas neste estudo são quatro: a compostagem, a biomassa para queima, o aterro sanitário e a disposição no solo. São escassos os estudos de ACV para os resíduos do azeite, principalmente no Brasil, assim sendo necessária uma ACV das destinações finais deste subproduto no âmbito nacional e contribuindo para a olivicultura e para os produtores de azeite de oliva que encontram dificuldades e dúvidas sobre o que fazer com os resíduos de suas produções.

O escopo considera apenas as destinações finais para os resíduos sólidos oriundos da indústria produtora de azeite de oliva, desde a retirada desses subprodutos da indústria até seu destino final.

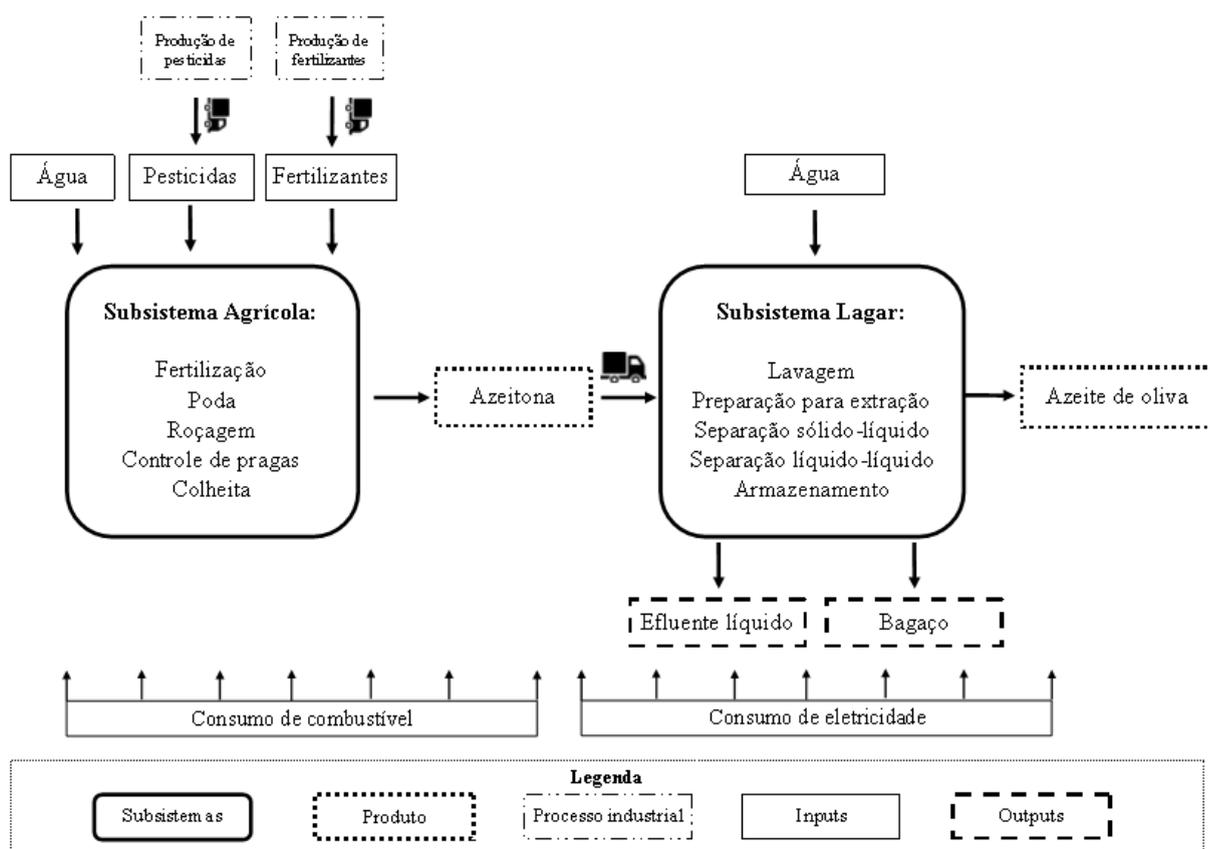
A função é dispor adequadamente os resíduos provenientes da extração do azeite de oliva. A unidade funcional escolhida foi a produção de 1 (uma) tonelada de azeite de oliva.

As categorias de impacto foram selecionadas de acordo com os sistemas que serão analisados, são elas: alterações climáticas, o potencial de eutrofização, ecotoxicidade de água doce e marinha, ecotoxicidade de sedimentos marinhos e de água doce, a toxicidade para humanos, radiação ionizante, uso do solo, depleção de recursos abióticos, potencial de depleção da camada de ozônio e a ecotoxicidade terrestre.

A fronteira do sistema engloba etapas que correspondem a saída do resíduo das indústrias até a sua aplicação nos diferentes destinos citados.

Na Figura 4 é apresentado um fluxograma dos principais processos presentes na produção do azeite de oliva.

**Figura 4** - Fluxograma do processo de produção do azeite de oliva.



Fonte: SOARES (2019)

### 3.1.1 Cenários avaliados

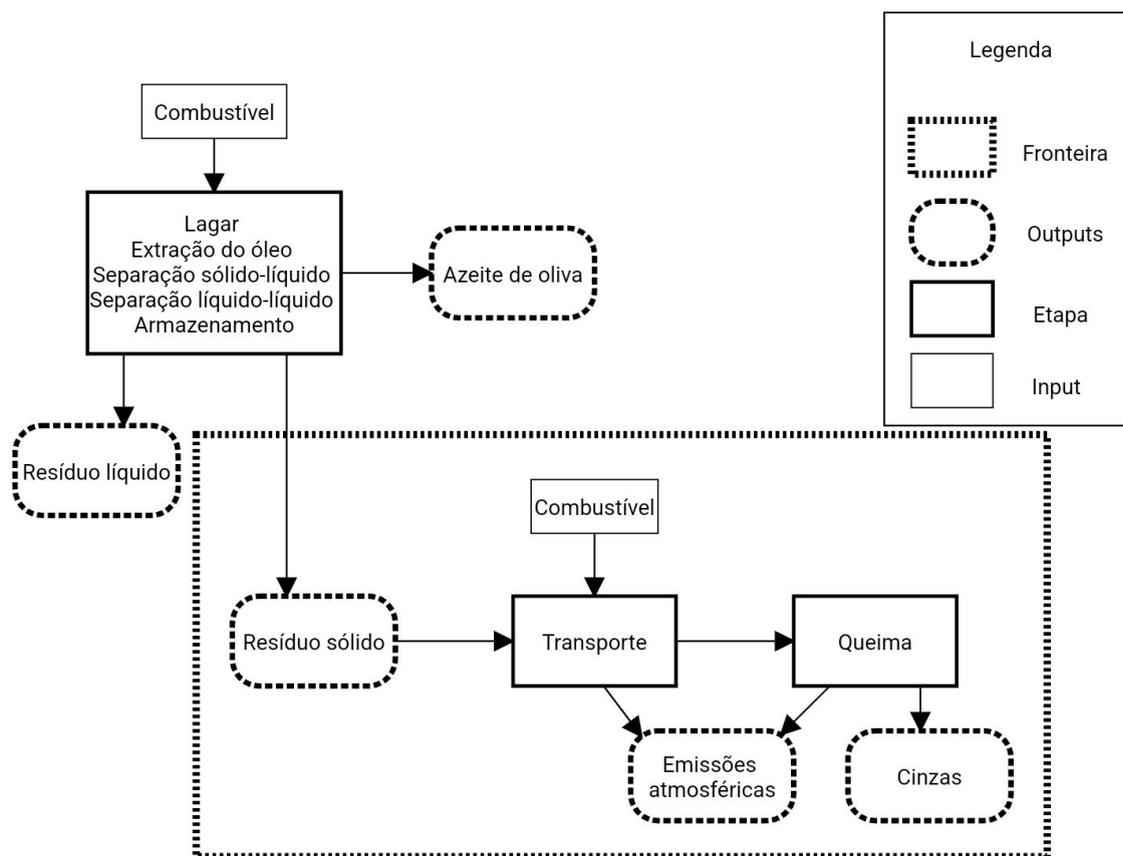
Os cenários foram moldados com informações adquiridas em trabalhos e artigos encontrados na literatura, e por pesquisas de campo na Indústria Prosperato - Empório e Lagar da empresa Tecnoplanta Florestal Ltda e na Azeites do Pampa Agroindústria.

#### 3.1.1.1 Queima em caldeira

Depois da extração do azeite, a biomassa é levada para uma indústria que utiliza caldeiras que aquecem água para esterilização de tubetes para plantio de mudas (TECNOPLANTA, 2022).

A Figura 5 apresenta o fluxograma da etapa de queima do caroço de azeitona.

**Figura 5** - Fluxograma do processo de queima da biomassa de azeitona.

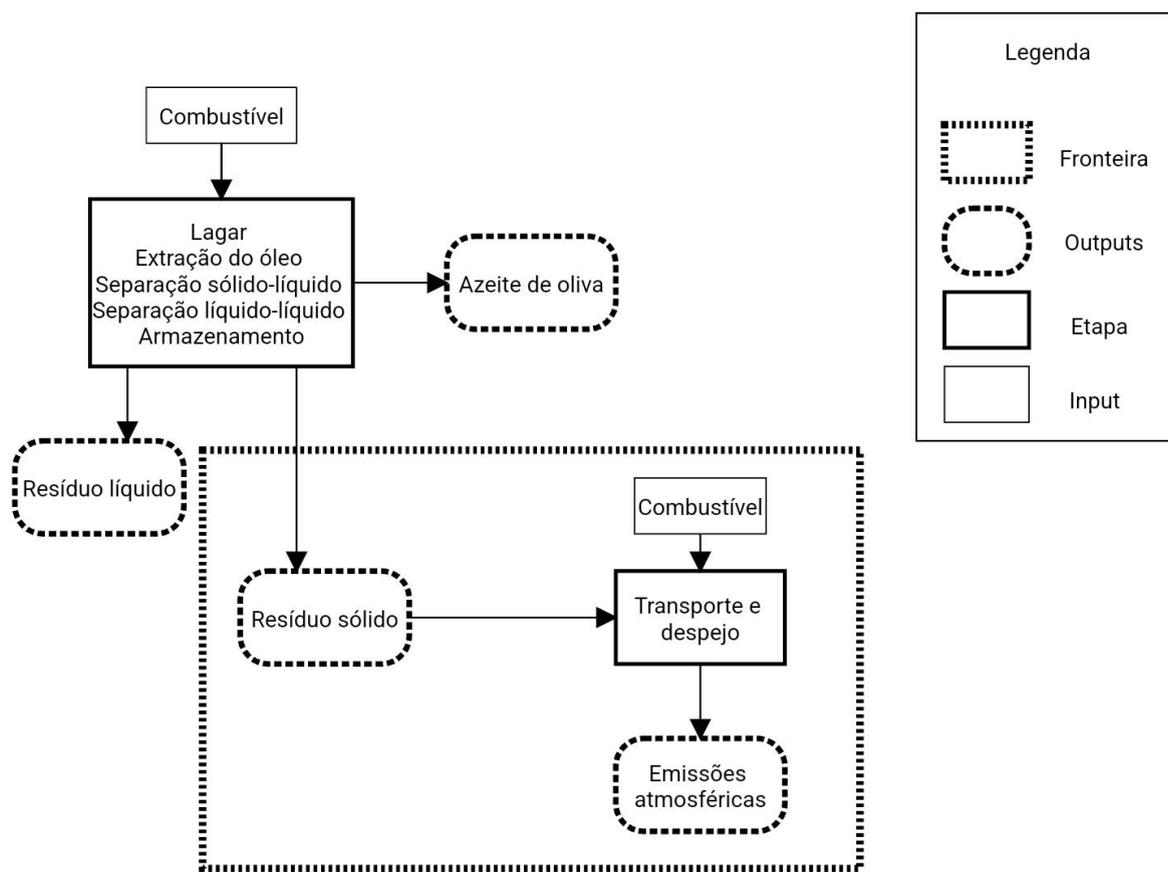


**Fonte:** o autor.

### 3.1.1.2 Disposição no solo

O bagaço da azeitona, juntamente com o caroço, era retirado da indústria e levado até o olival com um trator, onde o resíduo é espalhado no solo (TECNOPLANTA, 2022).

**Figura 6** - Fluxograma da disposição de bagaço de azeitona no solo.



Fonte: o autor.

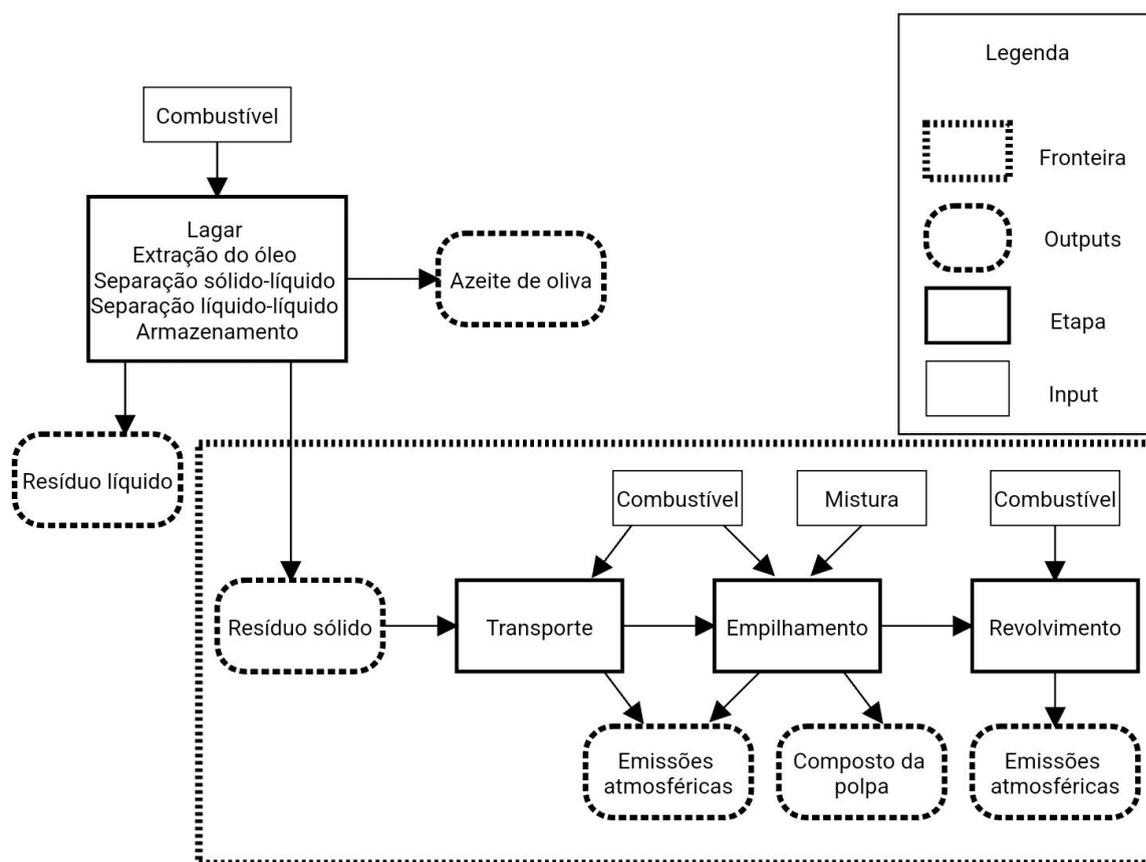
### 3.1.1.3 Compostagem e adubação vegetal

Após o processo de extração, o bagaço úmido de azeitona é transportado por um trator até o local de compostagem. Neste local é colocado uma camada de palha de *pinus* no solo e em cima uma camada de bagaço úmido, em seguida de outra camada de palha de *pinus* com galhos e folhas trituradas no processo de extração de azeite (TECNOPLANTA, 2022).

A mistura na pilha de compostagem é composta por palha de *pinus*, galhos e folhas trituradas e bagaço úmido. Essa pilha é revolvida por uma escavadeira. Após isso, a pilha fica em repouso até o composto estar pronto (TECNOPLANTA, 2022).

Na Figura 7 são apresentadas as principais etapas presentes no processo de compostagem.

**Figura 7** - Fluxograma do processo de compostagem



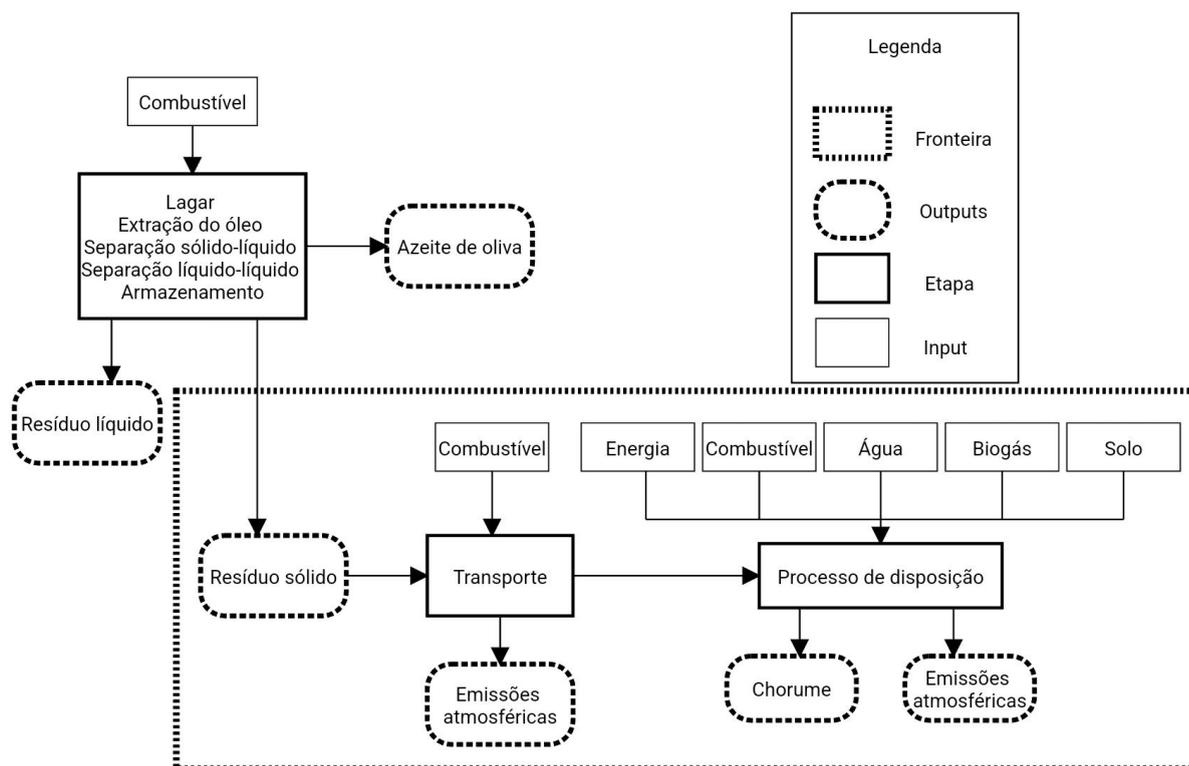
**Fonte:** o autor.

#### 3.1.1.4 Aterro sanitário

Segundo a norma da ABNT NBR 8419/1992, o aterro sanitário é uma técnica para disposição final de resíduos sólidos urbanos, sem causar danos tanto para a saúde quanto para o meio ambiente.

O resíduo sólido subsequente da extração do azeite é transportado até o aterro sanitário que atende determinada cidade. Ao chegar no local, os resíduos passam por uma triagem e são levados ao aterro de rejeitos (NBR 8419/1992).

Na Figura 8 são apresentadas as principais etapas do processo de disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário.

**Figura 8** - Fluxograma do processo de disposição de resíduos em aterro sanitário

Fonte: o autor

### 3.2 Análise de inventário

É importante mencionar que os dados da análise de inventário são de origem primária, coletados através de visitas de campo e de origem secundária, obtidos em artigos científicos, nacionais e internacionais, e livros. Foram considerados e levantados dados no âmbito ambiental.

O inventário foi estruturado de acordo com as atividades que incluem as etapas das destinações finais dos resíduos. Essas atividades foram subdivididas em: disposição em aterro sanitário, compostagem do bagaço úmido, queima de caroço da azeitona e disposição direta no solo.

Para a análise de inventário, foram criados resíduos a fim de alimentar o software openLCA. Para a criação dos resíduos, foram utilizados dados de origem secundária sobre a composição físico-química dos materiais estudados. A Tabela 3 apresenta a composição do bagaço e composto de azeitona e da água-ruça e a Tabela 4 a composição do caroço de oliva.

**Tabela 3** - Composição da água-ruça, do bagaço e do composto de azeitona.

		<b>Água-ruça</b>	<b>Bagaço</b>	<b>Composto</b>
<b>Umidade</b>	<b>%</b>	96,2	60,2	72,3
	<b>kg</b>	1356,2	12,04	723
<b>Matéria Orgânica</b>	<b>%</b>	1,2	98	96,1
	<b>kg</b>	16,918	1960	961
<b>Azoto Total</b>	<b>%</b>	0,02	1,2	2
	<b>kg</b>	0,282	24	20
<b>Fósforo Total</b>	<b>%</b>	0,03	0,1	0,1
	<b>kg</b>	0,4229	2	1
<b>Potássio Total</b>	<b>%</b>	0,04	0,9	0,7
	<b>kg</b>	0,5639	18	7
<b>Cálcio Total</b>	<b>%</b>	0,01	0,3	0,6
	<b>kg</b>	0,141	6	6
<b>Magnésio Total</b>	<b>%</b>	0,01	0,1	0,1
	<b>kg</b>	0,141	2	1
<b>C/N</b>		35	47	28

Fonte: Sempiterno e Fernandes (2010).

**Tabela 4** - Composição do caroço de azeitona.

<b>Caroço</b>	<b>%</b>	<b>kg</b>
<b>Umidade</b>	4,53	105,6849
<b>Cinzas</b>	0,49	11,4317
<b>Voláteis</b>	87,06	2031,1098
<b>Carbono Fixo</b>	12,45	290,4585
<b>Carbono</b>	50	1166,5
<b>Hidrogênio</b>	6,17	143,9461
<b>Azoto</b>	0,42	9,7986
<b>Oxigênio</b>	43,41	1012,7553

Fonte: Bartocci et al. (2015).

### 3.2.1 Inventário do processo de extração de azeite de oliva

Na produção de azeite, as azeitonas são cultivadas em três diferentes regiões, uma área de cultivo está localizada na própria indústria, enquanto as outras estão localizadas a 250 km e 7 km da indústria. O transporte da azeitona é feito em caminhões do modelo Ford/Cargo 2423, ano 2012/13 (TECNOPLANTA, 2022).

No processo de extração são consumidos cerca de 22222,2 L de água, 109,36 kWh de energia e utilizados 866,58 kg de vidro para embalagens, por tonelada de azeite (TECNOPLANTA, 2022).

A Tabela 5 apresenta o inventário com as entradas e saídas do processo de produção de azeite.

**Tabela 5-** Entradas e saídas do processo de extração de azeite de oliva

Processo	Subprocesso	Input	Quantidade	Unidade
<b>Extração de azeite</b>	Embalagem	Vidro âmbar	0,597	ton
	Consumo de água	Água	22222,2	L
	Consumo de Energia	Eletricidade	109,36	kWh
		<b>Output</b>		
		Caroço	2,333	ton
		Bagaço	2	ton
		Efluente	22222,2	L
	Azeite	1	ton	

**Fonte:** o autor.

### 3.2.2 Inventário da disposição em aterro sanitário

O resíduo parte da indústria em direção ao aterro sanitário de Candiota - RS, a 65,1 km de distância. A coleta é feita diariamente, utilizando caminhões de transbordo com consumo médio de 2,5 km/L de diesel (AZEITES DO PAMPA, 2022).

A biodegradação dos resíduos é responsável pela geração de gases, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitrogênio (N<sub>2</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), oxigênio (O<sub>2</sub>), gás

sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e, em grande maioria, o metano ( $\text{CH}_4$ ) (MARTINS, 2021).

Esses gases têm grande potencial de aumento do efeito estufa. O tratamento mais comum é a queima do metano, gerando a produção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água em sua reação completa (MARTINS, 2021).

De acordo com a BiodieselBR (2011), levando em consideração as características dos resíduos sólidos no Brasil, o biogás gerado na maioria dos aterros sanitários apresenta em sua composição cerca de 55% de metano, e 30% de dióxido de carbono. As entradas e saídas quantificadas desse processo podem ser observadas na Tabela 6.

**Tabela 6-** Entradas e saídas da disposição do resíduo em aterro sanitário.

<b>Processo</b>	<b>Subprocesso</b>	<b>Input</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Disposição em Aterro Sanitário</b>	Transporte de Resíduo	Diesel	40,64	kg
	Processo de disposição	Resíduo recebido	4,333	ton
		Energia	2,676	kWh
		Diesel (geradores e iluminação)	0,06	kg
		Água	17,7	L
		Biogás no flare	0,067	Nm <sup>3</sup> /h
		Biogás na biotérmica	0,198	Nm <sup>3</sup> /h
		Energia exportada (biotérmica)	0,342	kWh
		Escavadeira hidráulica (combustível)	1,023	kg
		Trator de esteiras (combustível)	3,9	kg
		Retroescavadeira (combustível)	0,12	kg
		Caminhão basculante (combustível)	1,42	kg
		Caminhão pipa (combustível)	0,19	kg
		Geração de chorume	0,96	m <sup>3</sup>
		Consumo de solo para cobertura	0,53	m <sup>3</sup>

Fonte: o autor

### 3.2.3 Inventário da compostagem do bagaço de azeitona

Após a extração, o resíduo sólido é transportado por um trator até a zona de compostagem, localizada na própria indústria de extração de azeite (TECNOPLANTA, 2022).

Depois do processo de empilhamento desse resíduo, uma escavadeira trabalha no revolvimento da pilha de compostagem uma vez por semana, durante dois meses. Após esses meses de revolvimento, a pilha fica em repouso por mais sete meses (TECNOPLANTA, 2022).

Na Tabela 7, são apresentadas as entradas e saídas quantificadas de cada subprocesso.

**Tabela 7-** Entradas e saídas do processo de compostagem.

<b>Processo</b>	<b>Subprocesso</b>	<b>Input</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Compostagem</b>	Empilhamento	Bagaço	4,333	ton
	Revolvimento	Diesel	339,84	kg
		<b>Output</b> Composto	2599,8	kg

**Fonte:** o autor

Na compostagem foram acrescentados aproximadamente 4,3 toneladas de bagaço úmido e para seu revolvimento é necessária a utilização de quase 340 kg de diesel.

### 3.2.4 Inventário da queima de biomassa de azeitona

O bagaço da azeitona, após a extração, é transportado para queima em caldeira localizada no município de Barra do Ribeiro - RS a 260 km da indústria, em um caminhão modelo Ford/Cargo 2423, ano 2012/13. Essa caldeira é utilizada apenas para aquecimento de água utilizada na esterilização de tubetes para produção de mudas (TECNOPLANTA, 2022). O processo de queima de biomassa tem suas entradas e saídas quantificadas na Tabela 8.

**Tabela 8-** Entradas e saídas do processo de queima de biomassa.

<b>Processo</b>	<b>Subprocesso</b>	<b>Input</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Biomassa</b>	Transporte de Resíduo	Diesel	88,712	kg
		Bagaço	4,333	ton
		<b>Output</b>		
		Cinzas	121,32	kg

Fonte: o autor

### 3.2.5 Inventário da disposição dos resíduos no solo

Após a extração do azeite, o resíduo sólido é retirado da indústria e transportado de trator até o olival localizado na própria indústria. Neste local, o bagaço puro sem tratamento é despejado e espalhado no solo (TECNOPLANTA, 2022).

Na Tabela 9 estão quantificadas as entradas e saídas deste processo.

**Tabela 9-** Entradas e saídas do processo de disposição de bagaço no solo.

<b>Processo</b>	<b>Subprocesso</b>	<b>Input</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>
<b>Disposição no Solo</b>	Dispersão do resíduo	Diesel	5,118	kg

Fonte: o autor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui serão apresentados os resultados correspondentes a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) das destinações finais dos resíduos oriundos da extração de azeite de oliva.

### 4.1 Avaliação e interpretação dos impactos

Na Tabela 10, são apresentados os resultados referentes aos impactos ambientais divididos em doze categorias de impacto para cada um dos processos de disposição final dos resíduos da extração de azeite de oliva, identificados como: queima de biomassa (DB), disposição em aterro sanitário (DA), disposição no solo (DS) e compostagem (DC).

**Tabela 10-** Resultados dos impactos ambientais

	<b>Unidade</b>	<b>DB</b>	<b>DA</b>	<b>DS</b>	<b>DC</b>
<b>Alterações climáticas (100a)</b>	kg CO2-Eq	3403,805	3381,629	3357,576	3542,685
<b>Potencial de eutrofização</b>	kg PO4-Eq	19,18743	19,15875	33,44105	19,36764
<b>Ecotoxicidade da água (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	924,7988	921,9992	917,9218	945,4588
<b>Ecotoxicidade de sedimentos da água (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	1999,879	1993,809	1984,696	2045,495
<b>Toxicidade humana (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	37385,37	37377,03	37365,99	37443,58
<b>Radiação ionizante</b>	DALYs	3,42E-06	3,21E-06	2,99E-06	4,71E-06
<b>Uso do solo</b>	m2a	34,93298	34,80159	34,66516	35,73758
<b>Ecotoxicidade marinha (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	3601,895	3587,091	3567,82	3704,263
<b>Ecotoxicidade de sedimentos marinhos (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	4492,406	4476,459	4454,894	4605,1
<b>Depleção de recursos abióticos</b>	kg antimony-Eq	18,46764	17,42341	16,34856	24,8338
<b>Depleção da camada de ozônio (40a)</b>	kg CFC-11-Eq	0,000271	0,000246	0,00022	0,000426
<b>Ecotoxicidade terrestre (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	5,896304	5,887451	5,877966	5,951393

Fonte: o autor.

De acordo com os dados da Tabela 10, a disposição direta desses resíduos no solo (DS) apresentou maior impacto apenas no potencial de eutrofização, porém, obteve o melhor desempenho ambiental em todas as demais categorias em relação aos outros cenários. A compostagem (DC), por sua vez, apresentou maior impacto em todas as outras categorias citadas. Isso se deve ao fato de que no processo de compostagem a quantidade de diesel utilizado é muito maior do que nas outras destinações (mais de 66x o consumo de diesel da disposição direta no solo). Por mais que a compostagem seja feita na própria indústria, o trator trabalha por horas no revolvimento da pilha de compostagem, assim utilizando grandes quantidades de combustível.

A disposição em aterro sanitário (DA) obteve o menor impacto no potencial de eutrofização em relação aos outros cenários, porém nas outras categorias de impacto, não só a disposição em aterro, mas também a disposição para queima de biomassa (DB), apresentaram valores medianos.

No cenário de disposição em aterro sanitário, 99,27% dos impactos gerados em relação às mudanças climáticas vem do processo de extração do azeite, onde dessa porcentagem, a produção da oliva e a produção das garrafas de vidro são responsáveis por 73,7% e 24,59% dos impactos respectivamente.

Para o processo de queima de biomassa, 98,67% dos impactos de mudanças climáticas estão na etapa de extração do azeite, onde desses, a produção da oliva e a produção da embalagem contribuem com 73,26% e 24,45% dos valores, respectivamente.

Na compostagem, 95,08% dos impactos associados às mudanças climáticas vêm da produção de azeite, onde 70,6% é da produção de oliva e 23,56% da produção da garrafa de vidro. Diferentemente da disposição direta no solo, onde a extração do azeite é responsável por 99,92% dos impactos, distribuídos em 74,19% para a produção da azeitona e 24,76% para a produção da garrafa.

A diferença no consumo de diesel nos transportes da disposição do aterro sanitário (DA) e da queima de biomassa (DB), se dá pelo fato de que os cenários avaliados são cenários reais, não criados, assim têm-se a diferença de localização de cada destino dado aos resíduos do lagar. Onde o aterro está localizado a 65,1 km de distância da indústria, enquanto as caldeiras estão localizadas a 260 km de distância.

Comparando a diferença de consumo de combustível, entre os cenários da disposição no solo (DS) e a compostagem (DC), o consumo na compostagem é cerca 66x maior que na DS, devido ao trabalho do trator em revolver as pilhas de compostagem por horas, assim tendo um grande consumo de combustível, enquanto no DS o maquinário trabalha apenas 30 minutos para despejar o resíduo no solo, o que reflete em uma grande queda no consumo do diesel.

Batuecas et al (2019), em seu trabalho, fizeram o comparativo dos impactos ambientais da digestão anaeróbica com produção de energia a partir do biogás e da disposição direta desses resíduos no solo. Eles consideraram todo o ciclo de vida, desde o cultivo da azeitona e a produção de azeite até as duas diferentes destinações. Os resultados também revelaram que os maiores impactos são da fase de cultivo e colheita para ambos os cenários, ou seja, pôde-se confirmar esta hipótese com a presente análise. No que diz respeito à comparação dos cenários, para Batuecas et al, a digestão anaeróbica com produção de energia apresentou melhor desempenho ambiental em todas as categorias de impactos analisadas, uma vez que a disposição do resíduo sem tratamento no solo apresenta potencial perigo ambiental devido à alteração das propriedades químicas do solo e à contaminação dos aquíferos, causando maiores impactos nas alterações climáticas, acidificação, eutrofização terrestre, esgotamento dos recursos hídricos e demanda cumulativa de energia.

#### 4.1.1 Análise de sensibilidade

Igualando os valores de consumo de diesel dos sistemas DB e DC com os de DA, é possível observar que a compostagem e a queima de biomassa não são os cenários com maior impacto na categoria de mudanças climáticas. Além disso, eles se igualam como os melhores cenários na categoria de eutrofização. A Tabela 11 apresenta os resultados dos impactos ambientais com o mesmo valor de diesel consumido nos cenários DB, DC e DA.

**Tabela 11** - Resultados dos impactos ambientais com valores de diesel igualados entre DB, DC e DA.

	<b>Unidade</b>	<b>DA</b>	<b>DS</b>	<b>DC igualado</b>	<b>DB igualado</b>
<b>Alterações climáticas (100a)</b>	kg CO2-Eq	3381,629	3357,576	3380,737	3380,737
<b>Potencial de eutrofização</b>	kg PO4-Eq	19,15875	33,44105	19,1575	19,1575
<b>Ecotoxicidade da água (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	921,9992	917,9218	921,3671	921,3672
<b>Ecotoxicidade de sedimentos da água (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	1993,809	1984,696	1992,302	1992,303
<b>Toxicidade humana (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	37377,03	37365,99	37375,7	37375,7
<b>Radiação ionizante</b>	DALYs	3,21E-06	2,99E-06	3,21E-06	3,21E-06
<b>Uso do solo</b>	m2a	34,80159	34,66516	34,79934	34,79934
<b>Ecotoxicidade marinha (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	3587,091	3567,82	3584,891	3584,891
<b>Ecotoxicidade de sedimentos marinhos (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	4476,459	4454,894	4473,687	4473,687
<b>Depleção de recursos abióticos</b>	kg antimony-Eq	17,42341	16,34856	17,41023	17,41023
<b>Depleção da camada de ozônio (40a)</b>	kg CFC-11-Eq	0,000246	0,00022	0,000246	0,000246
<b>Ecotoxicidade terrestre (100a)</b>	kg 1,4-DCB-Eq	5,887451	5,877966	5,887153	5,887153

Fonte: o autor.

Nesta análise, percebeu-se de fato que o diesel é o insumo mais sensível para escolher o cenário mais sustentável. Assim como, de modo geral, também é possível verificar que o pior cenário de destinação é a disposição no solo, em razão de apresentar a maior diferença com os demais cenários, na categoria de impacto de eutrofização.

## 5 CONCLUSÕES

Com o estudo, é possível concluir que não só o tipo de destinação final dada ao resíduo impacta no meio ambiente, mas também a maneira com que cada sistema está sendo realizado, onde o tipo de maquinário, tempo de trabalho e distância podem tornar um processo considerado ecologicamente correto não ser o mais adequado na situação. Isso pôde ser observado na Tabela 12, onde mudando o consumo de diesel nos processos e transportes os cenários tiveram diferenças significativas nos impactos.

A disposição direta no solo, em geral, apresentou o melhor desempenho ambiental em comparação com a disposição em aterro, compostagem e queima de biomassa. O fato de ser um processo simples, que não demanda longas distâncias para transporte e muito tempo de trabalho, torna esse processo menos nocivo ao meio ambiente, exceto no fato de que, como é um resíduo disposto sem nenhum tipo de tratamento, causa maiores problemas de eutrofização se comparado aos outros sistemas. Porém, ao ser igualado o consumo de diesel entre os outros cenários, a disposição no solo tornou-se o pior cenário pela maior diferença em relação aos demais cenários na categoria de impacto de eutrofização, tendo em vista que, a desigualdade de valores nos impactos nas demais categorias são mínimas.

É recomendável que o sistema do processo de compostagem seja reavaliado, de maneira que não seja necessário altos consumos de combustível, assim minimizando os impactos gerados. Utilizando novos métodos e tecnologias de compostagem.

O cenário de queima de biomassa seria melhor aproveitado se os resíduos fossem transportados para locais mais próximos, ou se a viagem dos caminhões para Barra do Ribeiro - Caçapava do Sul - Barra do Ribeiro, tivessem um melhor aproveitamento, não desperdiçando uma viagem com o caminhão vazio.

## REFERÊNCIAS

ABC Machinery. **Make Olive Pomace Into Pellets Or Briquettes Fuel.** 2022. Disponível em: <http://www.bioenergy-machine.com/make-olive-Pomace-into-pellets-or-briquettes.htm>. Acesso em: nov. 2022.

ALBUQUERQUE, J.A.; GONZÁLEZ, J.; GARCIA, D.; CEGARRA, J. **Measuring**

**detoxification and maturity in compost made from “alperujo” the solid by - product of extracting olive oil by the two phase centrifugation system.** Chemosphere, v.64, n.3, p.470 - 477, 2006.

ALVES, Emerson. **O Brasil no Mapa-Múndi da Olivicultura.** 2020. Disponível em: [https://plantproject.com.br/2020/10/o-brasil-no-mapa-mundi-da-olivicultura/#:~:text=E m%202019%2C%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20atingiu,Brasileiro%20de%20Olivicultura%20\(lbraoliva\)](https://plantproject.com.br/2020/10/o-brasil-no-mapa-mundi-da-olivicultura/#:~:text=E m%202019%2C%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20atingiu,Brasileiro%20de%20Olivicultura%20(lbraoliva).). Acesso em: jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR 10004 Resíduos Sólidos - Classificação.** 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR ISO 14040 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura.** 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR ISO 14044 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações.** 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR 8419 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.** 1992.

BANIAS, Georgios et al. **Environmental impacts in the life cycle of olive oil: a literature review.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 97, n. 6, p.1686-1697, 2017.

BARTOCCI, P. et al. **Pyrolysis of olive stone for energy purposes.** Energy Procedia 82, 374 – 380, p. 375, 2015.

BATUECAS, Esperanza et al. **Life Cycle Assessment of waste disposal from olive oil production: Anaerobic digestion and conventional disposal on soil.** 2019.

BiodieselBR. **Biogás em Aterros Sanitários.** 2011. Disponível em: [https://www.biodieselbr.com/energia/biogas/biogas-aterros-sanitarios#:~:text=O%20biogás%20gerado%20nos%20aterros,e%20gás%20sulfídrico%20\(H2S\)](https://www.biodieselbr.com/energia/biogas/biogas-aterros-sanitarios#:~:text=O%20biogás%20gerado%20nos%20aterros,e%20gás%20sulfídrico%20(H2S).). Acesso em: dez. 2022.

BRASIL, **Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).** European Commission, (1996).

CANTÚ, Rafael. **Compostagem,** 2020. Disponível em: <https://youtu.be/7ju1vwSZr4Y>. Acesso em: jul. 2022.

COMIN, Arnaldo. **Persistente, a produção de azeite no Brasil tem história de meio século.** 2016. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2016/05/28/politica/1464389186\\_653742.html#:~:text=A%20hist%C3%B3ria%20do%20azeite%20no,adiante%20e%20viraram%20mato%2C%20literalmente](https://brasil.elpais.com/brasil/2016/05/28/politica/1464389186_653742.html#:~:text=A%20hist%C3%B3ria%20do%20azeite%20no,adiante%20e%20viraram%20mato%2C%20literalmente.). Acesso: jul. 2022.

Consejería de Innovación Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía - CICE.

**Biomasa del Olivar.** 2008. Disponível em: <http://www.esenciadeolivo.es/cultura-del-olivo/productos/biomasa-del-olivar/>. Acesso em: dez. 2022.

COUTINHO, Enilton Fick; RIBEIRO, Fabrício Carlotto; CAPPELLARO, Thaís Helena. **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.)**. Embrapa Clima Temperado - Sistema de Produção (INFOTECA-E), 2009.

DERMECHE, S. et al. **Olive mill wastes: biochemical characterizations and valorization strategies**. Process Biochemistry, v. 48, n. 10, p. 1532-1552, Oct. 2013.

DI GIOVACCHINO, L. **Características y perspectivas de aprovechamiento racional de los alpechines**. Olivae, v.21, n.104, p.55 - 63, 2005.

DUMAN, Aylin Kaynak; ÖZGEN, Gaye Öngen; ÜÇTUĞ, Fehmi Görkem. **Environmental life cycle assessment of olive pomace utilization in Turkey**. Sustainable Production and Consumption, v. 22, p. 126-137, 2020.

EL HANANDEH, Ali. **Energy recovery alternatives for the sustainable management of olive oil industry waste in Australia: life cycle assessment**. Journal of Cleaner Production, v. 91, p. 78-88, 2015.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Caracterização de azeites de oliva extra virgem brasileiros**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/211164/caracterizacao-de-azeites-de-oliva-extra-virgem-brasileiros#:~:text=A%20olivicultura%20no%20pa%C3%ADs%20vem,de%2060%20mil%20ton%2Fano>. Acesso: jun. 2022.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Minicursos - Portal EMBRAPA**. 2022. Disponível em: [https://www.embrapa.br/vcbgcv/minicursos#:~:text=O%20openLCA%20%C3%A9%20um%20software,\(EPD\)%20entre%20outras%20funcionalidades](https://www.embrapa.br/vcbgcv/minicursos#:~:text=O%20openLCA%20%C3%A9%20um%20software,(EPD)%20entre%20outras%20funcionalidades). Acesso em: jul. 2022.

FERRAZ, M. M. P. F. **Contribuição para o estudo do tratamento de efluentes de lagares de azeite**. 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

FREITAS, M.R. **Avaliação do potencial energético dos resíduos sólidos dos lagares do Alentejo**. 2007. 159p. Dissertação (Mestrado em olivicultura, azeite e azeitona de mesa) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2007.

GONZÁLEZ, J. **Plantas de geración mediante la combustión de orujillo: enemansa y la loma**. Info ENERGIA, 2001.

Instituto Brasileiro de Olivicultura - IBRAOLIVA, 2019. Disponível em: <https://www.ibraoliva.com.br/sobre>. Acesso em: jun. 2022.

International Olive Council - IOC. **BRAZIL OLIVE OIL IMPORTS**. 2020. Disponível em: <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/02/IOC-Import-profiles-Brazil-2019-20-rev0.html>. Acesso em: jun. 2022.

International Olive Council - IOC. **THE WORLD OF OLIVE OIL**. 2022. Disponível em: <https://www.internationaloliveoil.org/the-world-of-olive-oil/#:~:text=Provisional%20figures%20for%20the%202020%2F21%20crop%20year%20put%20world,and%201%20108%20500t%20respectively>. Acesso em: jun. 2022.

LOZANO-SÁNCHEZ, J. et al. **Macro and micro functional components of a spreadable olive by- product (pâté) generated by new concept of two-phase decanter**. European Journal of Lipid Science and Technology, v. 119, n. 1, Jan. 2017.

MAHMOUD, W; SHEHADA, M. **Turning waste to gold in Gaza**. 2019. Disponível em: <https://www.aljazeera.com/features/2019/12/17/turning-waste-to-gold-in-gaza>. Acesso em: jul. 2022.

MARTÍN-GARCÍA, A.I.; MOUMEN, A.; YÁÑEZ RUIZ, D.R.; MOLINA ALCAIDE, E. **Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves**. Animal Feed Science Technology, v.107, n.1, p.61-74. 2003.

MARTINS, Caroline. **Tratamento de gases gerados em aterros sanitários**. 2021. Disponível em: <https://www.trilhoambiental.org/post/tratamento-de-gases-gerados-em-aterros-sanitarios>. Acesso em: dez. 2022.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Processo de Compostagem, a Partir de Lixo Orgânico Urbano, em Leira Estática com Ventilação Natural**. p.6, 2004.

MORE. **Market of olive residues for energy**. 2008. Disponível em: [http://www.moreintelligentenergy.eu/public/file/download/D4\\_2%20ES.pdf](http://www.moreintelligentenergy.eu/public/file/download/D4_2%20ES.pdf). Acesso em: jul. 2022.

MOTLAQ, Tamer Abo et al. **Turning waste to gold in Gaza**. 2019. Disponível em: <https://www.aljazeera.com/features/2019/12/17/turning-waste-to-gold-in-gaza>. Acesso em: jul. 2022.

MUELLER, Tom. **Extravirgindade: o sublime e escandaloso mundo do azeite de oliva**. São Paulo: Edições Tapioca, 2012.

openLCA. **openLCA modeling suite**. 2022. Disponível em: <https://www.openlca.org/openlca/>. Acesso em: jul. 2022.

RODRIGUES, Daniel. **Produção de Carvão Ativado a Partir da Biomassa de Oliva para Adsorção de Amoxicilina**. 2018.

ROSIQUE, J.C.; MÉNDEZ, J.A.A.; GONZÁLVIZ, J.; GARCÍA, D. **Tratamiento del orujo de oliva de dos fases mediante compostaje**. Olivae, v.20, n.101, p.12 - 17, 2004.

Secretaria de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural - SEAPDR. **Olivicultura**. 2022. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/olivicultura>. Acesso: jul. 2022.

Secretaria de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural - SEAPDR. **Pró-Oliva**. 2022. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/pro-oliva>. Acesso em: jun. 2022.

SEMPITERNO, C.M.; FERNANDES, R.M. **Efeito da aplicação ao solo de água-ruça, bagaço de azeitona e um composto sobre os teores de azoto total e mineral e de carbono orgânico.** Revista de Ciências Agrárias, v.33, n.1, p.79 - 87, 2010.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE. **Avanços na Produção Gaúcha.** 2018. Disponível em: <https://sebraers.com.br/olivicultura/avancos-na-producao-gaucha/>. Acesso em: jun. 2022.

SOARES, Letícia Rocha. **Integração entre Olivicultura e Ovinicultura: Potencial de Mitigação de Gases de Efeito Estufa em Relação aos Sistemas Convencionais.** p. 39, 2019.

VERA, Raúl et al. **Feeding Dry Olive Cake Modifies Subcutaneous Fat Composition in Lambs, Noting Cake Resistance To Degradation and Peroxidation.** 2008. p.549.

WREGGE, M. S.; COUTINHO, E. F.; PANTANO, A. P.; JORGE, R. O. **DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE OLIVEIRAS NO BRASIL E NO MUNDO.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 37, n. 3, p. 656–666, 2015.

WREGGE, M. S. et al. **Zoneamento agroclimático para oliveira no estado do Rio Grande do Sul.** Embrapa Clima Temperado - Documentos (INFOTECA-E), 2009.

## APÊNDICES

Para a obtenção de dados fizeram-se necessárias visitas técnicas bem como entrevistas e pesquisas qualitativas.

### APÊNDICE A – Modelo de questionário para Tecnoplanta Florestal.

Gabriel Marinho dos Santos Barbosa <gabrielsantos.aluno@unipampa.edu.br>  
para mauro ▾

qui., 10 de nov. de 2022 08:00 ☆ ↶ ⋮

Meu nome é Gabriel Marinho dos Santos Barbosa, estou concluindo o Bacharelado do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) de Caçapava do Sul.

Meu trabalho tem como título "**AValiação DO CICLO DE VIDA DA VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA PRODUÇÃO DE AZEITE DE OLIVA**".

Para colaborar com a pesquisa, gostaria de lhe fazer algumas perguntas:

- 1- Qual a produção anual de azeite de oliva da empresa?
- 2- Quais os períodos de extração de azeite de oliva?
- 3- Qual a destinação final a empresa dá aos resíduos sólidos?
- 4- Um fluxograma das etapas/processos/equipamentos utilizados na destinação final do resíduo sólido?
- 5- Se possível, e de grande importância, as entradas e saídas quantificadas de cada processo do fluxograma. \*
- 6- Vocês conhecem alguma outra valorização dada aos resíduos aqui no Rio Grande do Sul? Se sim, quais?

\* Será utilizado um software que auxilia na avaliação do ciclo de vida e as entradas e saídas quantificadas será a base de dados que o software utilizará.

Me coloco à disposição para demais esclarecimentos.

--

**APÊNDICE B – Modelo transcrito de questionário para Tecnoplanta Florestal.**

Meu nome é Gabriel Marinho dos Santos Barbosa, estou concluindo o Bacharelado do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) de Caçapava do Sul.

Meu trabalho tem como título **“AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA PRODUÇÃO DE AZEITE DE OLIVA”**.

Para colaborar com a pesquisa, gostaria de lhe fazer algumas perguntas:

- 1- Qual a produção anual de azeite de oliva da empresa?
- 2- Quais os períodos de extração de azeite de oliva?
- 3- Qual a destinação final a empresa dá aos resíduos sólidos?
- 4- Um fluxograma das etapas/processos/equipamentos utilizados na destinação final do resíduo sólido?
- 5- Se possível, e de grande importância, as entradas e saídas quantificadas de cada processo do fluxograma. \*
- 6- Vocês conhecem alguma outra valorização dada aos resíduos aqui no Rio Grande do Sul? Se sim, quais?

\* Será utilizado um software que auxilia na avaliação do ciclo de vida e as entradas e saídas quantificadas será a base de dados que o software utilizará.

Me coloco à disposição para demais esclarecimentos.

## APÊNDICE C – Resposta da Tecnoplanta Florestal ao questionário.

- 1- Qual a produção anual de azeite de oliva da empresa? *Safra de 2022 na faixa de 50.000 litros.*
- 2- Quais os períodos de extração de azeite de oliva? *Fevereiro a Maio.*
- 3- Qual a destinação final a empresa dá aos resíduos sólidos? *Carroço triturado ainda não tem destino bem certo. Partes para caldeira, partes fica junto na compostagem e o restante fica estocado.*
- 4- Um fluxograma das etapas/processos/equipamentos utilizados na destinação final do resíduo sólido? *A fruta chega do campo, tiramos folhas e galhos, pesagem, lavagem, trituração em moinhos a martelo, batedora, depois vai para a separação do sólido ( equipamento chamado Decanter), o azeite bruto segue seu caminho até chegar na separador azeite + água ( centrifuga vertical), depois o azeite é filtrado em placas de celulose, armazenado em tanques de inox ( ambiente controlado por temperatura e luminosidade) e por ultimo ocorre o envase.*
- 5- Se possível, e de grande importância, as entradas e saídas quantificadas de cada processo do fluxograma. \*
- 6- Você conhece alguma outra valorização dada aos resíduos aqui no Rio Grande do Sul? Se sim, quais? *Ainda não temos nada de concreto sobre a utilização dos sólidos.*

## APÊNDICE D – Resposta transcrita da Tecnoplanta Florestal ao questionário.

- 1- Qual a produção anual de azeite de oliva da empresa?

*Safra de 2022 na faixa de 50.000 litros.*

- 2- Quais os períodos de extração de azeite de oliva?

*Fevereiro a Maio.*

- 3- Qual a destinação final a empresa dá aos resíduos sólidos?

*Carroço triturado ainda não tem destino bem certo. Partes para caldeira, partes fica junto na compostagem e o restante fica estocado.*

- 4- Um fluxograma das etapas/processos/equipamentos utilizados na destinação final do resíduo sólido?

*A fruta chega do campo, tiramos folhas e galhos, pesagem, lavagem, trituração em moinhos a martelo, batedora, depois vai para a separação do sólido ( equipamento chamado Decanter), o azeite bruto segue seu caminho até chegar na separador azeite + água (centrifuga vertical), depois o azeite é filtrado em placas de celulose, armazenado em tanques de inox ( ambiente controlado por temperatura e luminosidade) e por ultimo ocorre o envase.*

- 5- Se possível, e de grande importância, as entradas e saídas quantificadas de cada processo do fluxograma. \*

6- Vocês conhecem alguma outra valorização dada aos resíduos aqui no Rio Grande do Sul? Se sim, quais?

*Ainda não temos nada de concreto sobre a utilização dos sólidos.*

**APÊNDICE E** – Modelo de questionário para Azeites do Pampa Agroindústria.

Bom dia, Emerson. Tudo bem?

Sou o Gabriel, aluno do Professor Mateus que entrou em contato com o senhor.

Desde já agradeço a atenção.

As perguntas que eu gostaria de fazer são:

1 - Kg de azeite produzido por kg azeitona.

2 - Período e periodicidade de produção de azeite no ano.

3 - A quantidade de resíduo sólido (caroço e bagaço) gerado por kg de azeite ou kg de azeitona.

4 - A quantidade de bagaço gerado por kg de azeite ou kg de azeitona.

5 - A quantidade de caroço gerado por kg de azeite ou kg de azeitona.

6 - A quantidade de água de lavagem por kg de azeite ou kg de azeitona.

7 - A quantidade de resíduo líquido (água do fruto) por kg de azeite ou kg de azeitona.

8 - As características físico-químicas, biológicas e umidade do resíduo gerado.

9 - Capacidade de produção de azeite por hora ou dia.

10 - Consumo de energia elétrica mensal durante o processamento do azeite (ou por kg de azeite ou kg de azeitona, se tiver).

11 - Consumo de água (no geral) mensal durante o processamento do azeite.

12 - Fluxograma das etapas/processos/equipamentos utilizados na produção do azeite. Fotos, caso possuir.

13- Como funciona a extração da azeitona e o transporte até a fábrica? É feito com maquinário?

14- Qual a distância da colheita até a extração do azeite? É transportado em caminhões?

15- A quantidade de diesel utilizado pelo maquinário da colheita até o local do processo de extração.

**APÊNDICE F** – Respostas transcritas da Azeites do Pampa Agroindústria ao questionário.

Bom dia Gabriel, tudo bem?

Segue abaixo às respostas:

1 - Kg de azeite produzido por kg azeitona.

*R: O rendimento médio varia de acordo com a cultivar, grau de maturação e localização geográfica. Aqui no RS fica entre 10 e 15%, ou seja, 100 kg de azeitonas podem produzir de 10 a 15 kg de azeite.*

2 - Período e periodicidade de produção de azeite no ano.

*R: A produção de azeitonas no Hemisfério Sul ocorre entre os meses de fevereiro a maio.*

3 - A quantidade de resíduo sólido (caroço e bagaço) gerado por kg de azeite ou kg de azeitona.

*R: De 85 a 90% de toda a matéria prima enviada para às indústrias de extração é resíduo ou subproduto.*

4 - A quantidade de bagaço gerado por kg de azeite ou kg de azeitona.

*R: Foi respondido acima*

5 - A quantidade de caroço gerado por kg de azeite ou kg de azeitona.

*R: O caroço corresponde ao redor de 25% do peso total da azeitona o que varia muito de acordo com a variedade.*

6 - A quantidade de água de lavagem por kg de azeite ou kg de azeitona.

*R: Normalmente a proporção é 1:1 ou seja, pra cada kg de azeitona processada utiliza-se 1 litro de água no processo.*

7 - A quantidade de resíduo líquido (água do fruto) por kg de azeite ou kg de azeitona.

*R: A azeitona no momento da colheita possui 50% do seu volume composto de "água de vegetação".*

8 - As características físico-químicas, biológicas e umidade do resíduo gerado.

*R: Não tenho essa informação. O pessoal da Engenharia de Alimentos tem trabalhado bastante com os resíduos da extração.*

9 - Capacidade de produção de azeite por hora ou dia.

*R: Depende do modelo e capacidade do conjunto de extração. Existem máquinas com capacidade de processar apenas 100 kg/h até 2500 kg/h. Nossa indústria processa 500kg/h e pode operar em até 18 horas pois precisa de 6 horas para a limpeza dos equipamentos.*

10 - Consumo de energia elétrica mensal durante o processamento do azeite (ou por kg de azeite ou kg de azeitona, se tiver).

*R: Durante a safra (3 meses) o consumo alternou de 300 kWh a 5000 kWh*

11 - Consumo de água (no geral) mensal durante o processamento do azeite.

*R: Depende do volume diário de azeitonas que chegam a indústria. Teve dias que consumimos 5.000 litros num único dia. No final dos 90 dias foram consumidos mais de 200.000 litros*

12 - Fluxograma das etapas/processos/equipamentos utilizados na produção do azeite. Fotos, caso possuir.

*R: Em anexo*

13- Como funciona a extração da azeitona e o transporte até a fábrica? É feito com maquinário?

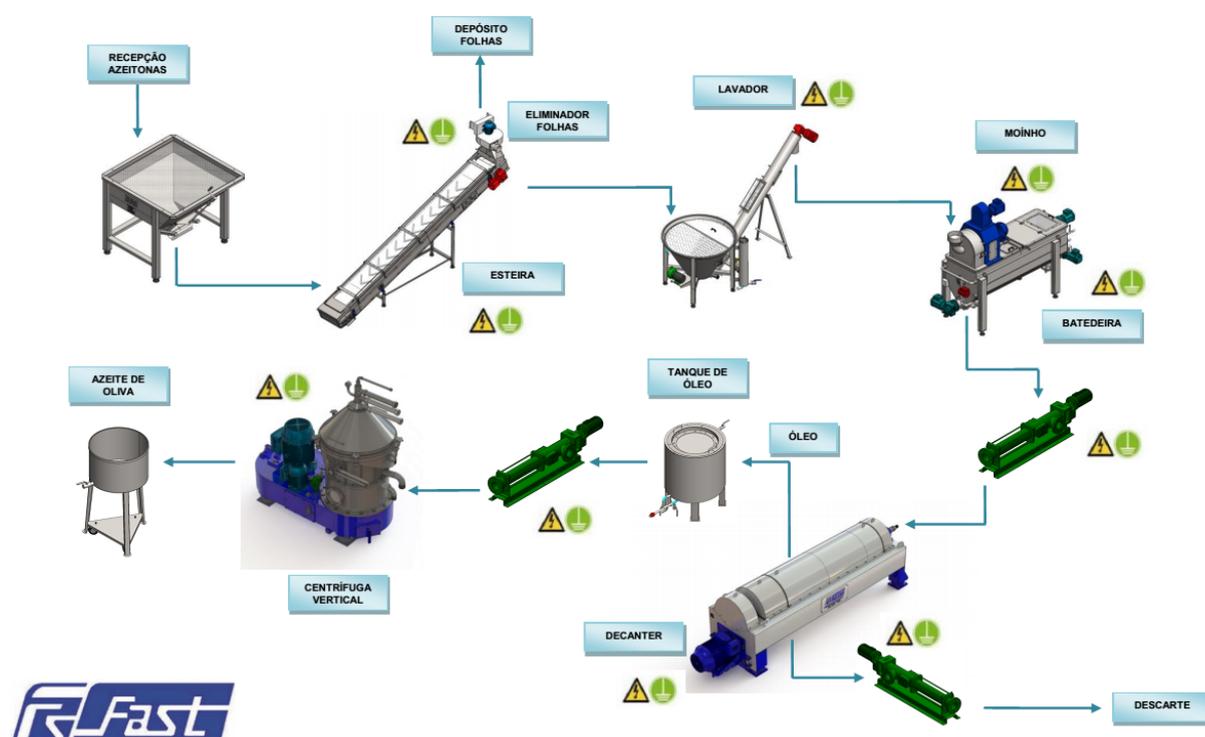
*R: Colheita manual ou semi mecanizada, transporte em caixas furadas para facilitar a extração e transporte através de veículos leves ou caminhões.*

14- Qual a distância da colheita até a extração do azeite? É transportado em caminhões?

R: Varia, atendemos diversos municípios no máximo 60 km. Transporte terrestre através de camionetes ou caminhões.

15- A quantidade de diesel utilizado pelo maquinário da colheita até o local do processo de extração.

R: Não temos essa informação.



Att,

Emerson