



**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2019/2020**

## **ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE UM VINHO DO PORTO LBV**

**SARA MOREIRA RODRIGUES**

Dissertação submetida para obtenção do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Presidente do Júri:** Cidália Maria de Sousa Botelho  
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da  
Universidade do Porto)

---

**Orientador académico:** Doutor António Augusto de Areosa Martins  
(Doutorado de Nível Inicial do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente,  
Biotecnologia e Energia da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

**Orientador na empresa (ou co-orientador):** Eng. José Miguel Fontes Ferreira  
(Técnico Superior Responsável pelo Ambiente e Segurança da Quinta and Vineyard Bottlers,  
Vinhos S.A.)

*Julho 2020*

---

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer à empresa Quinta and Vineyard Bottles, Vinhos S.A. e em particular ao Engenheiro José Miguel Fontes Ferreira e também à Engenheira Paula Bacelar por me terem acolhido e acompanhado ao longo deste projeto de dissertação.

Uma nota de agradecimento aos orientadores académicos Doutora Teresa Mata e Doutor António Martins pelo cuidado e atenção ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À minha família e amigos agradeço o carinho e apoio que sempre demonstraram.

---

## Resumo

O setor vitivinícola representa 19% da produção agrícola em Portugal, e é uma das principais fontes de rendimento do Douro, onde se insere a Região Demarcada do Douro. O vinho do Porto é um vinho generoso produzido nessa região e o seu método de produção tem-se adaptado ao longo dos tempos, por exemplo, pela automatização do processo. Atualmente, o sector vitivinícola tem de responder aos desafios colocados pela sustentabilidade, o que envolve a avaliação da performance ambiental das suas atividades e produtos. Deste modo surgiu o interesse pelo estudo do impacto ambiental de um vinho do Porto *Late Bottled Vintage*, representativo de um produto tão típico e característico do país.

Para efetuar esta análise usou-se a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida, como definida pelas normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006. Foi feito um estudo cradle to gate, considerando a produção das matérias prima, energia, e as etapas de vinificação, envelhecimento e engarrafamento. Considerou-se uma unidade funcional de 0.75 l, correspondente a uma garrada de vinho do Porto LBV e a capacidade normal das garrafas de vinho vendidas. Os dados foram obtidos, na medida possível, dos processos implementados na empresa, complementados com informação da literatura e da base de dados de inventário EcolInvent V3. Foi usada a metodologia ILCD para quantificar os valores dos indicadores ambientais, tendo os cálculos sido feitos usando o software de ciclo de vida Simapro V8. O ciclo de vida da aguardente vínica foi modelizado usando a mesma metodologia, visto não existirem na literatura dados nem resultados de estudos de ciclo de vida.

Os resultados permitiram determinar qual era a performance ambiental do vinho do Porto LBV, como por exemplo determinar que as emissões de carbono equivalente (correspondente à pegada carbónica) são de 2,62 kg CO<sub>2</sub> equivalentes por 0.75 l. Os resultados mostram que os fatores chave na performance ambiental são o consumo de energia, a utilização de aguardente vínica, e dos produtos de limpeza. Foi feita uma comparação com resultados de estudo disponíveis na literatura, tendo-se concluído que são similares, sendo as diferenças resultado das diferenças do processo de produção do vinho do Porto LBV quando comparado com um vinho normal.

Para trabalho futuro o ciclo de vida poderá ser complementado com a inclusão da etapa de viticultura, e o estudo de ACV estendido a uma avaliação de sustentabilidade pela inclusão das dimensões económica e social do processo de produção do vinho do Porto LBV.

**Palavras Chave:** Avaliação de Ciclo de Vida, Vinho do Porto LBV, Vinificação, Envelhecimento, Engarrafamento, Aguardente Vínica

---



## Abstract

The wine sector represents 19% of agricultural production in Portugal, and is one of the main sources of income in the Douro, where the Região Demarcada do Douro is located. Port wine is a generous wine produced in that region and its production method has adapted over the years, for example through increasingly automation of the process. Currently, the wine sector is also responding to the challenges posed by sustainability, which involves assessing the environmental performance of its product and activities. In this way, interest arose in the study of the environmental impact of an LBV port wine, representative of a product so typical and characteristic of Portugal.

To perform this analysis, the Life Cycle Assessment methodology was used, as defined by ISO 14040: 2006 and ISO 14044: 2006. A cradle to gate study was done, considering the production of raw materials, energy, and the stages of winemaking, aging and bottling. It was considered a functional unit of 0.75 l, corresponding to a bottle of LBV Port wine and the normal capacity of the wine bottles sold. The data were obtained as far as possible from the processes implemented in the company, complemented with information from the literature and from the EcolInvent V3 inventory database. The ILCD methodology was used to quantify the values of the environmental indicators, and the calculations were made using the life cycle software Simapro V8. The life cycle of wine spirit was modeled using the same methodology, as there are no data or results from life cycle studies in the literature.

The results allow the characterization of the environmental performance of LBV Port wine, such as determining that the equivalent carbon emissions (corresponding to the carbon footprint) are 2.62 kg CO<sub>2</sub> equivalent per 0.75 l. The results show that the key factors in the environmental performance are the energy consumption, the wine spirit, and the utilization of cleaning products. A comparison was made with a comparison of study results available in the literature, and it was concluded that they are similar, the differences being the result of differences in the production process of LBV Port wine when compared to a normal wine.

For future work, the life cycle may be complemented with the inclusion of the viticulture stage, and the LCA study extended to a sustainability assessment by including the economic and social dimensions of the LBV Port wine production process.

**Word Reference:** Life Cycle Assessment, Port Wine LBV, Wine Making, Aging, Bottling, Wine Spirit

---



## Declaração

Declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

*Assinar e datar*

---

# Índice

Notação e Glossário .....	4
<b>1 Introdução.....</b>	<b>5</b>
1.1 Setor do Vinho em Portugal.....	5
1.2 Caracterização da Região do Douro .....	7
1.3 Enquadramento Histórico .....	8
1.4 Caracterização do Vinho do Porto .....	9
1.4.1 Estilos do Vinho do Porto .....	9
1.4.2 Enologia .....	10
1.5 Apresentação da Empresa .....	10
1.6 Sustentabilidade na Indústria Vinícola .....	11
1.7 Objetivos e Âmbito do Trabalho .....	12
1.8 Organização da Tese .....	12
<b>2 Contexto e Estado da Arte .....</b>	<b>14</b>
2.1 A importância da Avaliação de Ciclo de Vida .....	14
2.2 Estudos Relacionados.....	17
2.3 Produção do Vinho do Porto LBV.....	19
<b>3 Materiais e Métodos .....</b>	<b>25</b>
3.1 Definição do Objetivo e Âmbito.....	25
3.2 Definição do Sistema .....	26
3.3 Categorias de Impacte .....	27
3.4 Análise do Inventário.....	28
3.4.1 Vinificação .....	29
3.4.2 Envelhecimento .....	33
3.4.3 Engarrafamento .....	34
<b>4 Resultados e Discussão.....</b>	<b>36</b>
4.1 Introdução.....	36
4.1 Resultados.....	37

---

4.1.1	Avaliação Global .....	37
4.1.2	Vinificação .....	39
4.1.3	Envelhecimento .....	42
4.1.4	Engarrafamento .....	44
4.2	Comparação entre ACV e Pegada de Carbono .....	45
5	Conclusões .....	47
6	Referências .....	49
	Apêndice A - Consumo de Diesel.....	54
	Apêndice B - Consumo de Energia Elétrica, Gás Natural e Água.....	57
	Apêndice C - Resultados das Categorias de Impacte em valor absoluto.....	61
	Apêndice D - Impactes ambientais associados ao consumo de Energia.....	65
	Anexo A - Inventário associado aos materiais auxiliares .....	68
	A.1 Rolha de Cortiça Natural .....	68
	A.2 Garrafa de Vidro .....	69
	Anexo B - Fichas Técnicas de Produtos Químicos .....	71
	Anexo C - Conversão de Unidades .....	73

# Índice de Figuras

<i>Figura 1: Caracterização da Produção Vegetal em Portugal, no ano de 2017 (PORDATA, 2020a).</i> .....	5
<i>Figura 2: Variação na produção nacional de vinho por região vitícola, em Portugal, entre 2009 e 2019. (Instituto da Vinha e do Vinho, 2019)</i> .....	6
<i>Figura 3: Percentagem de vinho produzido por região demarcada, em Portugal, no ano de 2019 (Instituto da Vinha e do Vinho, 2019)</i> .....	7
<i>Figura 4: Projeção cartográfica da Região Demarcada do Douro (Instituto dos Vinhos do Porto, 2019).</i> ..	8
<i>Figura 5: Representação esquemática das ferramentas de Decisão Ambiental, em função do objeto em estudo e do impacte pretendido.</i> .....	14
<i>Figura 6: Representação esquemática das fases a estudar.</i> .....	19
<i>Figura 7: Esquema representativo do processo de vinificação.</i> .....	21
<i>Figura 8: Tanques de lamas e de arejamento da ETARI.</i> .....	22
<i>Figura 9: Fronteiras do sistema do produto em estudo.</i> .....	27
<i>Figura 10: Fronteiras do sistema de aguardente vínica.</i> .....	31
<i>Figura 11: Resultados globais do impacte ambiental do produto LBV.</i> .....	38
<i>Figura 12: Impactes ambientais associados ao processo de vinificação.</i> .....	40
<i>Figura 13: Comparação impacte ambiental entre Pisco e Aguardente Vínica.</i> .....	41
<i>Figura 14: Comparação dos resultados referentes à vinificação com a literatura.</i> .....	42
<i>Figura 15: Impactes ambientais associados ao envelhecimento.</i> .....	43
<i>Figura 16: Impactes ambientais associados ao engarrafamento.</i> .....	44
<i>Figura 17: Comparação entre desempenho ambiental da garrafa LBV e literatura.</i> .....	45
<i>Figura 18: Comparação entre ACV e PC do produto em estudo.</i> .....	46



# Índice de Tabelas

<i>Tabela 1: Benefícios e Inconvenientes da utilização da Avaliação do Ciclo de Vida. ....</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 2: Inventário associado à vinificação.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 3: Inventário associado à produção de aguardente vínica. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 4: Subprodutos da fase de vinificação. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 5: Fluxos de entrada no envelhecimento. ....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 6: Fluxos de entrada no processo de engarrafamento.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 7: Estudos selecionados para comparação de resultados. ....</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 8: Valores dos indicadores de impacte globais e por etapa de ciclo de vida.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 9: Pegada de Carbono de cada área de trabalho associada ao LBV.....</i>	<i>45</i>

## Notação e Glossário

CC	Consumo de Cheia	kWh	
CP	Consumo de Ponta	kWh	
CSV	Consumo Super Vazio	kWh	
CVN	Consumo Vazio Normal	kWh	
EE	Energia Elétrica	kWh	
FE	Fator de emissão específico do gás natural	56,6 CO <sub>2</sub> /GJ	kg
FO	Fator de oxidação para combustão do gás natural	0,995	
PC	Período de Cheia	h	
PCI	Poder Calorífico Inferior	GJ/m <sup>3</sup>	
PCS	Poder Calorífico Superior	kWh/m <sup>3</sup>	
PP	Período de Ponta	h	
PSV	Período Super Vazio	h	
PVN	Período Vazio Normal	h	

### Letras gregas

$\rho$	Densidade	kg/m <sup>3</sup>
--------	-----------	-------------------

### Índices

*	variável adimensional
$i$	índice ou contador

### Lista de Siglas

ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
ETARI	Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais
GEE	Gases com Efeito de Estufa
ILCD	International Reference Life Cycle Data System
IVV	Instituto da Vinha e do Vinho
LBV	Late Bottled Vintage
OIV	International Organization of Vine and Wine
PC	Pegada de Carbono
RDD	Região Demarcada do Douro
RDVV	Região Demarcada do Vinho Verde
VAB	Valor Acrescentado Bruto
UF	Unidade Funcional

# 1 Introdução

## 1.1 Setor do Vinho em Portugal

O setor vinícola apresenta grande relevância para a economia nacional, devido à sua elevada capacidade exportadora, contribuindo de forma positiva para o saldo da balança comercial. As preocupações de carácter ambiental e o desenvolvimento sustentável do negócio assumem-se crescentemente como áreas fulcrais para a competitividade das organizações do sector (AICEP, 2017). A Figura 1 apresenta o valor de produção vegetal e o tipo de bens, referentes ao ano de 2017 em Portugal, (PORDATA, 2020a).

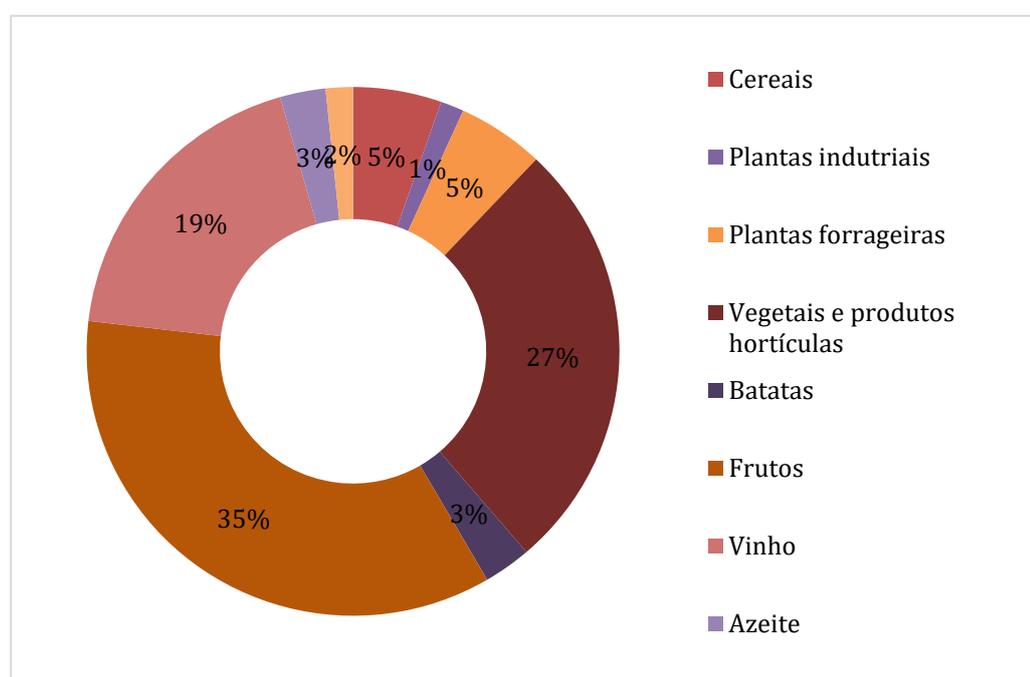


Figura 1: Caracterização da Produção Vegetal em Portugal, no ano de 2017 (PORDATA, 2020a).

O setor agrícola insere-se na indústria agroalimentar, que inclui ainda o setor alimentar. Esta indústria tem um peso fundamental na economia nacional, gerando 3,6 % do total do valor acrescentado bruto <sup>1</sup>(VAB) e 12,5 % do emprego total da economia (AICEP, 2017). Dentro do setor agrícola deve-se destacar o valor acrescentado bruto correspondente à produção vegetal, 1,8 %. Pela análise da figura, verifica-se que o setor vinícola ocupa a terceira posição na produção vegetal em Portugal, correspondendo a 19 % do total obtido. Do valor total

<sup>1</sup> Valor bruto da produção deduzido do custo das matérias-primas e de outros consumos no processo produtivo.

disponível de superfície de vinha, 98,86 % é utilizada para viticultura sendo que a superfície de vinha representa 25 % do total das culturas permanentes.

Ao longo dos últimos anos a produção tem variado muito ligeiramente, mantendo-se sempre dentro dos mesmos valores, como se pode observar na Figura 2. Este resultado é afetado por diversos fatores naturais, nomeadamente condições climáticas adversas ou estado do solo. No ano vinícola de 2018/2019 foram produzidos no total nacional 6 061 243 hectolitros de vinho (Instituto da Vinha e do Vinho, 2019).

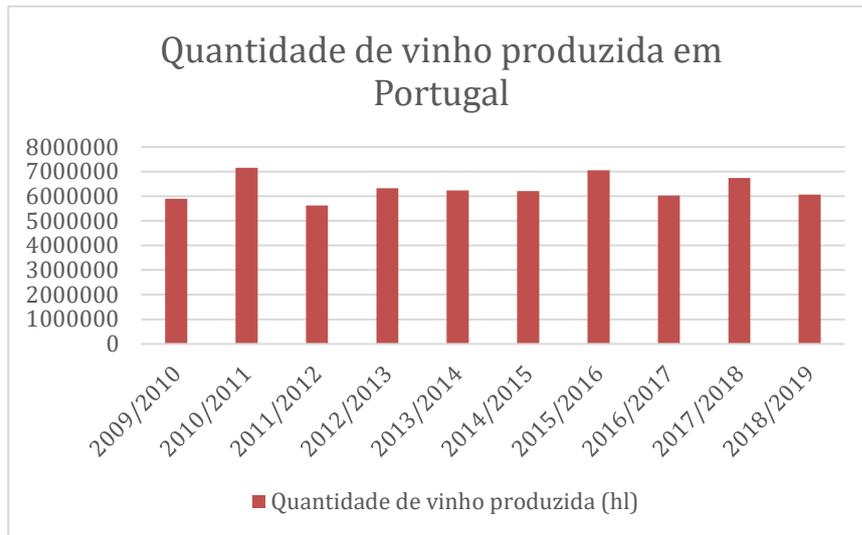


Figura 2: Variação na produção nacional de vinho por região vitícola, em Portugal, entre 2009 e 2019. (Instituto da Vinha e do Vinho, 2019)

Em Portugal são catorze as regiões demarcadas produtoras de vinho: Minho, Trás-os-Montes, Douro, Beira Atlântico, Terras do Dão, Terras da Beira, Terras de Cister, Tejo, Lisboa, Península de Setúbal, Alentejo, Algarve, Madeira e Açores. A Figura 3 apresenta a expressividade de cada região na produção nacional, referente ao ano de 2019. Note-se que o caso de estudo do trabalho se foca num vinho produzido pela região do Douro e que a percentagem de vinho produzido nessa região, no panorama nacional foi de 21%, ou seja, o mais elevado.

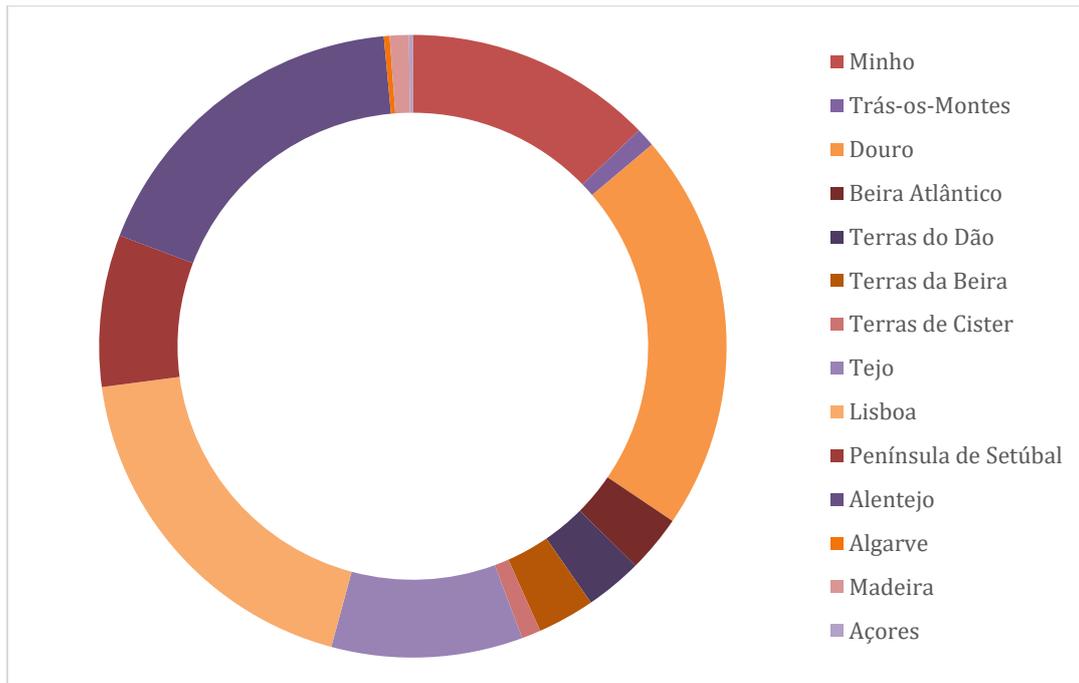


Figura 3: Percentagem de vinho produzido por região demarcada, em Portugal, no ano de 2019 (Instituto da Vinha e do Vinho, 2019).

## 1.2 Caracterização da Região do Douro

Os sistemas agroflorestais ocupam 25% dos espaços agrícola e florestal do Continente, integrando algumas espécies de arvoredo com o pastoreio de animais no seu sob coberto e aproveitamento de frutos (Reis, et al., 2014). O clima em Portugal Continental apresenta drásticos contrastes, sendo a zona Norte e Centro litoral de cariz mais Atlântico enquanto a região do Interior e Sul mais mediterrânico. Esta realidade resulta combinação de três fatores - latitude, altitude e exposição ventosa. (PNPOT, 2014). Surge a necessidade de demarcar por zonas os sistemas agroflorestais, sendo eles: Norte Litoral, Norte Transmontano, Transição, Sul Montado e o Algarve. A diversidade entre estes, resultante do clima e das espécies florestais que caracterizam as paisagens são notórias. O Norte Transmontano, no qual está localizada a região demarcada do Douro, apresenta como principais componentes produtivas a viticultura, olivicultura, produção de frutos secos (amêndoas e castanha) e de animais herbívoros (caprinos e bovinos).

A região demarcada do Douro situa-se ao longo do vale do rio Douro (bacia hidrográfica do Douro), abrangendo 21 concelhos distribuídos pelos distritos de Bragança, Guarda, Vila Real e Viseu; cuja área tem cerca de 250 000 hectares e da qual 45 000 hectares são ocupados por vinha (Figura 4).



preços. Assim, iniciou-se o processo de “demarcação das serras” e definiu-se o conceito de cadastro.

A segunda metade do século XIX ficou marcada por alterações profundas na viticultura na região do Douro, originadas pela presença de duas pragas (oídio e filoxera). Desta forma, apareceram novas práticas de preparação de terreno, foram modificadas as práticas de plantação da vinha, as castas selecionadas para enxertia eram as melhores a nível regional, aperfeiçoaram-se os processos de vinificação, entre outros. No final do mesmo século o vinho Duriense, voltou a deparar-se com uma crise comercial, devido a imitações de vinho do Porto vendidas por valores bastantes inferiores ao genuíno.

No início do século XX, o governo assinou um decreto que regulamentava a produção, venda, exportação e fiscalização do vinho do Porto; o uso da barra do Douro e do porto de Leixões foram declarados exclusivos para a exportação deste produto e estabeleceu-se que apenas os vinhos generosos da região do Douro com graduação alcoólica superior a 16,5° tomavam a denominação Porto, ficando a proteção e fiscalização da marca à responsabilidade da Comissão de Viticultura da Região do Douro. Pouco mais tarde, foi publicado, um decreto para regularizar o comércio de aguardentes no qual a destilação dos vinhos Durienses foi proibida, obrigando os produtores da região a adquirir a aguardente de outras regiões vitícolas, para aguardentação dos seus vinhos (Instituto dos Vinhos do Porto, 2019).

## **1.4 Caracterização do Vinho do Porto**

O vinho do Porto, produzido na região demarcada do Douro, é um vinho licoroso e caracterizado pelas peculiares condições tanto atmosféricas como do solo, em que as vinhas crescem, influenciadas por fatores naturais e antropogénicos. A facilidade de distinguir este produto entre os restantes vinhos centra-se nas suas atribuições como a diversidade de tipos, o aroma intenso, a elevada perseverança de aroma e sabor, o elevado teor de álcool (varia entre 19 e 22% vol.), o leque de doçuras e a gama de cores.

### **1.4.1 Estilos do Vinho do Porto**

#### **Estilo Ruby**

São vinhos em que se procura suster a evolução da sua cor tinta, mais ou menos intensa, e manter o aroma frutado e vigor dos vinhos jovens. Neste tipo de vinhos, por ordem crescente de qualidade, inserem-se as categorias Ruby, Reserva, Late Bottled Vintage (LBV) e Vintage. Os vinhos das melhores categorias, principalmente o Vintage, e em menor grau o LBV, poderão ser guardados, pois envelhecem bem em garrafa. São especialmente aconselhados os LBV e os Vintage. (Instituto dos Vinhos do Porto, 2019)

### **Porto Late Bottled Vintage**

Este vinho pertence ao estilo Ruby, sendo que as castas utilizadas para a execução deste vinho são de um só ano (selecionado pela sua elevada qualidade) e é engarrafado após permanecer em envelhecimento durante quatro a seis anos. Em 1970, Alistair Robertson, à data presidente da Taylors, idealizou o LBV. O LBV foi criado para servir de alternativa ao Porto Vintage, mantendo a qualidade alta. O objetivo foi desenvolver um vinho acessível a mais mercados e para consumo imediato, permitindo que os clientes o bebesses na sua vida diária sem haver a necessidade de o consumir na totalidade pelo receio do mesmo se modificar (Taylor's Port, 2020).

### **Estilo Tawny**

Obtido por lotação de vinhos de grau de maturação variável, conduzida através do envelhecimento em cascos ou tonéis. São vinhos em que a cor apresenta evolução, devendo integrar-se nas subclasses de cor tinto-alourado, alourado ou alourado-claro. Os aromas lembram os frutos secos e a madeira; quanto mais velho é o vinho mais estas características se acentuam. As categorias existentes são: Tawny, Tawny Reserva, Tawny com Indicação de Idade (10 anos, 20 anos, 30 anos e 40 anos) e Colheita. São vinhos de lotes de vários anos, exceto os Colheita, que se assemelham a um Tawny com Indicação de Idade com o mesmo tempo de envelhecimento. (Instituto dos Vinhos do Porto, 2019).

O vinho do Porto pode tomar mais duas formas: o vinho do Porto branco e o vinho do Porto rosé, no entanto o seu processo de vinificação e condições de envelhecimento diferem muito do método de conceção dos estilos descritos anteriormente e do vinho a ser estudado.

## **1.4.2 Enologia**

O processo de vinificação que permite saborear o vinho do Porto tal como é conhecido atualmente, só ocorreu a partir do século XIX, onde se força a paragem da fermentação, recorrendo à aguardentação<sup>2</sup>, como será explicado posteriormente no processo de fabrico. Até essa altura, a beneficiação do vinho ocorria após a terminação do processo de fermentação, sendo que os vinhos do Porto eram caracteristicamente secos.

## **1.5 Apresentação da Empresa**

- . A Quinta and Vineyard Bottlers, unidade do grupo responsável pelos vinhos, detém quatro marcas: Taylors, Croft e Fonseca e Krohn, que juntas lideram na produção de

---

2 Tem como principal finalidade controlar o nível de doçura do vinho e melhorar a estabilidade deste. Ocorre quando as partículas sólidas (como grainhas e peles) ficam sobrenadantes ao líquido (mosto) e é adicionada aguardente vínica.

categorias especiais de vinho do Porto. Anualmente são produzidos cerca de 3 000 000 de litros de LBV Taylor's. Um dos pontos fulcrais para a qual a QVB trabalha centra-se na procura de transformar o seu negócio cada vez mais sustentável. Para tal investiram num modelo de vinha sustentável, e encontram-se empenhados na melhoria contínua da gestão de resíduos, tratamento de efluentes e sempre que possível, apostam na utilização de energia renovável (The Fladgate Partnership, 2019). Além de investimento no interior da empresa pretendem atingir outras por forma a motivar uma mudança generalizada com vista a uma economia mais sustentável em todas as vertentes, incidindo com maior foco na área ambiental. Assim criaram uma fundação intitulada The Porto Protocol na qual qualquer empresa, independente do ramo, pode inserir ideias e boas práticas com o objetivo de minimizar o impacto das Alterações Climáticas.

## 1.6 Sustentabilidade na Indústria Vinícola

Pensar o ciclo de vida dos produtos é essencial para a produção e consumo sustentável, atingindo os padrões mais elevados de tomadas de decisão. A iniciativa do ciclo de vida promovida pela UNEP (United Nations Environment Programme) consiste em pensar o ciclo de vida de um produto e construir ferramentas de suporte tendo como auxílio uma base de dados, com vista ao desenvolvimento e disseminação de um instrumento que avalie as oportunidades e riscos associados aos produtos ou serviços, considerando todas as etapas de vida (UNEP, 2011).

A indústria vinícola está comprometida com a sustentabilidade. O interesse pelo tema é sustentado pela quantidade de artigos e estudos publicados pela comunidade científica. É importante salientar que, em geral, toda a indústria tece preocupações relativas à implementação de práticas sustentáveis; na indústria vinícola a atenção centra-se na eficiência das práticas implementadas e quanto estão dispostos a investir nelas. A discussão gerada em torno da sustentabilidade dá abertura para investir em diversas áreas de investigação multidisciplinares, em especial na viticultura e vinificação, nas quais este tema é abordado e confundido com produção orgânica e biodinâmica (Martins, et al., 2018). Nos últimos anos os valores das emissões de carbono têm tomado especial atenção dentro da indústria vinícola, enquanto a sustentabilidade social e económica tem ficado para segundo plano. Relativamente à viticultura orgânica encontra-se disponível um regulamento de boas práticas. No entanto, a nível internacional, são notáveis algumas lacunas em termos de igualdade de aplicação das medidas de sustentabilidade definidas para o setor do vinho, tais como certos países não adotarem as medidas propostas e não cumprirem certas imposições para não perderem mercado. Apesar da indústria, a nível internacional, reconhecer os indicadores de sustentabilidade a nível de transparência, credibilidade e eficiência, os

consumidores permanecem os maiores críticos (OIV, 2008). A implementação destes indicadores conduz a declarações de produtos sustentáveis e aplicação de rótulos sustentáveis, permitindo aos consumidores que estejam informados sobre o impacto ambiental, social e económico do produto que vão adquirir.

Segundo a OIV (International Organization of Vine and Wine) é possível definir viticultura sustentável como um método generalizado ao nível da agricultura e dos processos de transformação da uva, considerando a economia sustentável da região e das estruturas envolventes, garantido a qualidade de produção e a saúde e segurança dos consumidores; assim como preservando o valor do património, da história, cultura, paisagem e ecologia da região; sem nunca esquecer os impactos no ambiente (OIV, 2008).

As atividades dentro do setor em estudo são extremamente dependentes dos seguintes recursos: energia solar, clima, água solo e da coexistência destes elementos com os processos ecológicos. Assim, é imperativa a proteção e preservação destes recursos aquando da implementação de práticas ambientais.

Neste tipo de indústria estão envolvidos todos os processos desde a viticultura até à distribuição final, passando pela sua produção e engarrafamento; e todos devem ser considerados para os estudos de impacto associados e para o planeamento de medidas sustentáveis. Estas propostas deverão ser executadas para atividades como a agricultura, marketing, armazém e logística, tratamento/gestão de emissões, entre outras. Uma vez que é um processo muito extenso poderá suscitar diversas dificuldades aquando da sua análise, pelo que é necessário recorrer a especialistas das diferentes áreas. (Martins, et al., 2018).

## **1.7 Objetivos e Âmbito do Trabalho**

A realização do trabalho foi proposta pela aluna à empresa onde o estudo foi realizado pelo interesse na indústria vinícola devido à sua importância para a economia nacional e à necessidade de a tornar mais sustentável através da otimização dos processos. As principais metas a atingir são:

- Estudo do processo de vinificação.
- Estudo da metodologia ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006.
- Seleção das Categorias de Impacte Ambiental.
- Proposta de Melhores Políticas para redução dos valores de Impacte Ambiental.

## **1.8 Organização da Tese**

A presente dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos, nomeadamente:

- Introdução - Neste capítulo faz-se uma apresentação do produto em análise e das suas características, além de ser abordada a questão da sustentabilidade da indústria vinícola.
- Estado da Arte - Ao longo de todo o capítulo é explicada a metodologia utilizada no estudo e a sua importância, são ainda apresentados estudos relacionados com o tema e finalmente é feito o estado da arte sobre a produção de vinho do Porto LBV, focando a vinificação, envelhecimento e engarrafamento.
- Materiais e Métodos - No capítulo 3 são apresentados todos os métodos e matérias, usados ao longo do estudo.
- Resultados e Discussão - Apresentam-se todos os resultados e discutem-se os mesmos.
- Conclusões - Ao longo do capítulo 5 são apresentadas as conclusões do projeto.

## 2 Contexto e Estado da Arte

### 2.1 A importância da Avaliação de Ciclo de Vida

A economia atual à escala global movida pelo desenvolvimento tecnológico, pelas grandes cadeias de valor e padrões de consumo apresenta um elevado leque de impactes ambientais. Assim emerge a necessidade de os estudar e quantificar através da utilização de ferramentas e metodologias disponíveis para a sua execução.

São diversas as ferramentas que poderão ser utilizadas para a Avaliação de Impacte Ambiental, consoante o objeto de estudo e o tipo de impactes. A Figura 5, adaptado de (Finnveden, 2005), apresenta as ferramentas de Decisão Ambiental no formato indicado.

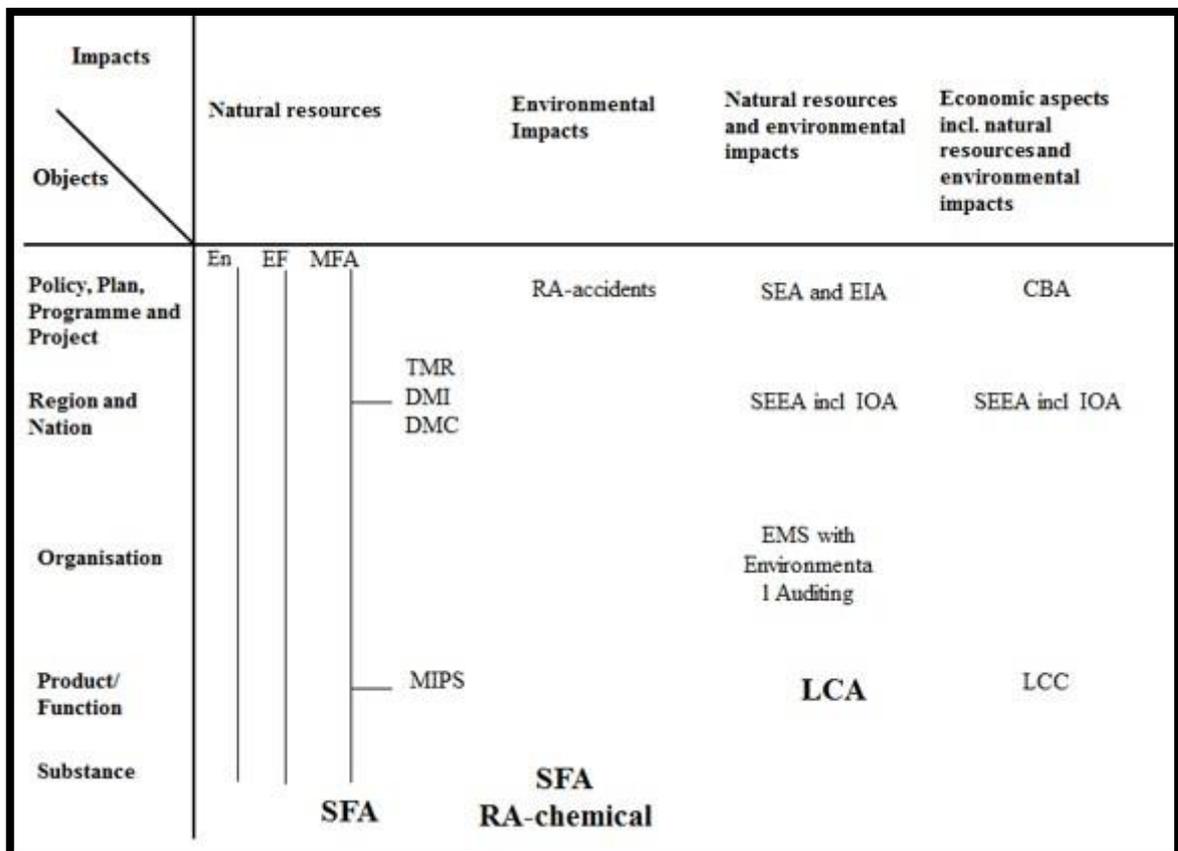


Figura 5: Representação esquemática das ferramentas de Decisão Ambiental, em função do objeto em estudo e do impacte pretendido.

Ao longo das cadeias de valor devem ser contabilizados todos os fatores que contribuem para o impacto ambiental do objeto de estudo, por forma a garantir que os mesmos não são considerados do mesmo tipo e para identificar quais as sugestões de redução de impacte mais eficazes. Este é o objetivo primordial da Avaliação de Ciclo de Vida, uma

ferramenta que analisa qualitativamente o impacto ambiental associado a um produto ou processo pelo pensamento “berço-até-deposição final”. (Hellweg, et al., 2014).

A Avaliação de Ciclo de Vida é definida como “compilação e avaliação das entradas, saídas e potenciais impactes ambientais do sistema de um produto durante o seu ciclo de vida” e é composta por quatro fases: a definição do objetivo e âmbito da aplicação, a análise do inventário, a avaliação de impactes e a interpretação dos impactes obtidos. A ferramenta pode ser aplicada na identificação de oportunidades para melhoria do desempenho ambiental; para otimização de processos de fabrico ou industriais; em informar os responsáveis pelas decisões de uma indústria, de entidades governamentais ou de organização não-governamentais; na seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes, incluindo técnicas de medição; e para técnicas de marketing. (International Organization for Standardization, 2006). A influência da metodologia é maior na fase de conceção e desenho do produto devido à abertura e facilidade em proceder a alterações do mesmo. No entanto a sua gama de aplicação é vasta, o que permite às partes interessadas na ACV identificar qual a chave de impacto do produto e deste modo definir estratégias de melhoria.

A quantidade de entidades que recorre a esta metodologia tem aumentado, a maior parte são empresas e têm por fim utilizar os resultados obtidos pela ACV para dirigir um relatório sobre os aspetos ambientais a trabalhar dentro da organização, no qual constam os impactes ambientais associados às diversas áreas ao longo da cadeia de valor e como as empresas estão a geri-los. Todos estes pontos podem ser trabalhados tanto pelo produtor como pelas entidades associadas ao produto que de alguma forma contribuem para o seu impacto ambiental. Para tal pode-se apostar em sinergias industriais para obtenção de matéria prima ou energia e melhorar as estratégias de colaboração entre as diferentes entidades envolvidas. (Mattila, et al., 2012). Na área de produção e consumo sustentável, os estudos mais relevantes, utilizando a ACV, indicam que o consumo de bens essenciais conduz a um elevado impacto ambiental, tome-se como exemplo a União Europeia. Nesta zona económica, a alimentação, a mobilidade de transportes e a habitação são as áreas que apresentam maior impacto ambiental. (Tukker, et al., 2006).

São diversas as iniciativas que têm surgido na literatura com o intuito de gerar um modelo de abordagem da ACV que possa ser adaptado a qualquer tipo de produto ou serviço, através da uniformização da informação disponível relativa às categorias de impacto e dos rótulos ambientais. (Cros, et al., 2010). A comunicação dos resultados simplificada aos consumidores para garantir que estes compreendem, poderá ser um obstáculo. Tal como esta pode surgir outro desafio, a informação detalhada do desempenho ambiental dos produtos nos rótulos poderá ser benéfica para os consumidores. O facto de optarem por um tipo de produto certificado poderá suscitar interesse em adaptar um estilo de vida mais sustentável, exigindo

mais por parte dos produtores. Nesta área, os retalhistas têm um papel fundamental uma vez que são o ponto de ligação entre os consumidores e os produtores. São eles que optam pela venda de produtos certificados e têm o poder de decisão para apenas comercializar produtos com um bom desempenho ambiental. Para este tipo de gestão recorrem a um guião de informação com descrição ambiental. (Stoessel, et al., 2012).

A Avaliação de Ciclo de Vida é frequentemente utilizada como suporte de decisão para a gestão de resíduos, como indicado na Diretiva Europeia 2008/98/CE:

“Torna-se, por conseguinte, necessário rever a Diretiva 2006/12/CE, de modo a clarificar conceitos-chave como a definição de resíduo, valorização e eliminação, a reforçar as medidas que devem ser tomadas em matéria de prevenção de resíduos, a introduzir uma abordagem que tenha em conta todo o ciclo de vida dos produtos e materiais e não apenas a fase de resíduo, e ainda a pôr a tónica na redução dos impactos ambientais da geração e gestão de resíduos, reforçando assim o seu valor económico. Além disso, deverá incentivar-se a valorização dos resíduos e a utilização dos materiais resultantes da valorização, a fim de preservar os recursos naturais. Por uma questão de clareza e legibilidade, a Diretiva 2006/12/CE deverá ser revogada e substituída por uma nova diretiva.”.

Esta ferramenta tem tomado o mesmo fim no setor energético uma vez que permite esclarecer a relação custo e benefício ambiental antes de se realizar investimentos em novas energias, redes de distribuição e infraestruturas de acumulação. (Scharlemann, et al., 2008).

Como mencionado anteriormente, é crescente o interesse na aplicação da Avaliação de Ciclo de Vida. Para conseguir dar resposta é necessária uma base de inventário completa e cuja qualidade de dados seja elevada assim como uma lista que contemple todos os impactes ambientais e o cálculo dos mesmos; estes parâmetros apresentam alguma sensibilidade uma vez que os sistemas de produção e consumo são caracterizados com um grau de complexidade crescente. Às bases de dados individuais são aplicados guias de qualidade de dados, no entanto ainda não é garantida a cobertura (Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2020). As revisões literárias independentes e transparentes são cruciais para permitir reprodutibilidade e evitar manipulação de resultados. (International Organization for Standardization, 2006).

Na Tabela 1 são apresentadas algumas das vantagens e desvantagens da metodologia de Avaliação de ciclo de vida.

Tabela 1: Benefícios e Inconvenientes da utilização da Avaliação do Ciclo de Vida.

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
<b>AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA</b>	Análise do berço ao túmulo; Análise quantitativa;	Tempo necessário para recolha de informação e custos associados; Lacuna de dados de inventário; Não considera os aspetos sociais e económicos do produto;

## 2.2 Estudos Relacionados

A indústria vitivinícola é uma atividade produtiva pelo que nunca se pode considerar neutralidade no impacte ambiental. Além do impacte nas alterações climáticas devido à fase de agricultura, não se pode descartar o impacte associado à fase industrial quando se realiza uma Avaliação de Ciclo de Vida a este tipo de produto. (Petti, et al., 2015). Segundo Petti (2015) as categorias de impacte ambiental relacionadas com este setor são:

- Uso do solo e alteração do mesmo. Estes indicadores poderão ser eficientes para o relatório de impacte relacionado com as vinhas, como o solo já tinha sido utilizado para outro tipo de vegetação ou floresta e que tipo de uso poderá tomar aquando da eliminação das vinhas.
- Alterações climáticas: Este indicador está relacionado com as emissões de gases de efeito de estufa gerados no uso de maquinaria durante a fase de agricultura e as emissões geradas pelo consumo de eletricidade aquando da fase industrial.
- Depleção da camada de ozono: A redução da camada de ozono é provocada principalmente pela emissão de cloro e brómio que estão presentes em muitos compostos e substâncias, como no caso dos gases de refrigeração. Em geral, os vinhos passam por tratamento térmico para serem aquecidos ou arrefecidos.
- Formação de ozono fotoquímico.
- Escassez de recursos: O consumo de água está alocado a todos os processos de transformação do produto; são também consumidos produtos renováveis como cortiça e madeira e não renováveis como combustíveis fósseis e minerais que são consumidos no ciclo de vida do vinho tanto de forma direta como indireta.
- Eutrofização: Os fertilizantes utilizados na agricultura não são absorvidos pela flora na sua totalidade, pelo que, quando ocorre precipitação, estes infiltram-se nos lençóis de água e aquíferos, contaminando-os.

- **Acidificação:** Este indicador quantifica todos os fatores que contribuem para a redução de pH da água e do solo. Pode ser provocada pela emissão de compostos azotados ou sulfurosos para a atmosfera e libertados para o solo.

Na literatura não se encontram disponíveis estudos sobre o impacto ambiental do vinho do Porto, no entanto são já vários os artigos publicados relativamente a vinhos de mesa, com origem em diferentes países. Entre estes, os relevantes para esta análise são os referentes a vinhos originados na zona mediterrânica, visto as condições de solo e climáticas serem muito semelhantes, fatores muito relevantes para as características do vinho.

Um exemplo de aplicação de ACV à produção de vinho é o trabalho de (Petti, et al., 2006) tendo por base de estudo uma pequena firma italiana de produção vinícola. Esta entidade apresentou-se sensível em relação às questões ambientais, mostrando-se recetiva para aplicar a metodologia de produção orgânica. Primeiramente introduziu-se o “Pensar o Ciclo de Vida” do produto, o que resultou na implementação de medidas inovadoras na área de engarrafamento e expedição conduzindo a uma redução notável do impacto ambiental. Foi mais tarde, decidido pela administração da empresa, efetuado um estudo de ACV por forma a obter mais informação relativa aos impactos ambientais causados pelo ciclo de vida do vinho e encontrar pontos de melhoria para desempenho ambiental.

Outro exemplo com importância para o estudo é a análise realizada por (Gazulla, et al., 2010) a um vinho produzido na região espanhola La Rioja. O estudo teve como finalidade identificar as fases do ciclo de vida do produto com maior impacto ambiental e comparar o seu desempenho ambiental com o de outros vinhos disponíveis na literatura. Para a realização deste trabalho foram consideradas as seguintes fases: viticultura, vinificação e engarrafamento, distribuição e vendas e disposição final das garrafas. As conclusões retiradas do estudo indicam que a viticultura e a produção de garrafas de vidro são as fases que mais contribuem para o impacto ambiental do produto e que os valores obtidos para todas as áreas são concordantes com o observado na literatura.

Na literatura é possível encontrar estudos de ACV de vinho num ponto de vista “cradle-to-gate” como é o caso de (Vásquez-Rowe, et al., 2012). Este estudo teve por base as fases de viticultura, vinificação e engarrafamento do vinho *Ribeiro* e tem como principal objetivo identificar os maiores impactos ambientais ao longo de quatro anos diferentes de produção (entre 2007 e 2010). Uma garrafa cheia de 750 ml de vinho Ribeiro, embalada e pronta para venda foi tomada como unidade funcional. Pelos resultados obtidos verificou-se que o desempenho ambiental do produto varia ao longo do tempo. Ainda se concluiu que a produção de fertilizantes agrícolas e pesticidas e as suas emissões durante a fase de viticultura, e a produção de garrafas e consumo de eletricidade são os fatores que mais contribuem para o impacto ambiental do produto em estudo.

Em 2012, foi publicado um artigo cuja base de estudo foi a cadeia de produção vinícola na Europa com a finalidade de comparar duas ferramentas e averiguar qual a mais adequada para a análise de impacte ambiental:

A Organização Internacional para o Vinho e Vinha reconheceu recentemente a necessidade de desenvolver uma metodologia objetiva e estandardizada e uma ferramenta relacionada para o cálculo da pegada de carbono (PC). Este estudo aplicou a ferramenta abordada a um vinho previamente analisado através da Avaliação de Ciclo de Vida. O objetivo foi testar a ferramenta tendo em conta o seu potencial e possíveis limitações e a sua capacidade de adaptação a uma ferramenta estandardizada (Pattara, et al., 2012).

No mesmo ano, foi publicado um estudo de avaliação de ciclo de vida de um vinho verde português, atendendo à metodologia “cradle to gate”, analisando as seguintes fases de produção: viticultura, produção de vinho (vinificação até armazenamento), distribuição e produção de garrafas. Este estudo teve como motivação identificar os impactes ambientais ocorridos durante o ciclo de vida do vinho assim como as fases de produção que mais contribuem para o impacte e as causas associadas. (Neto, et al., 2012).

Em 2018, é publicado um artigo que compara dois vinhos Portugueses por forma a averiguar qual o mais sustentável através da comparação de Impacte Ambiental, recorrendo à Avaliação de Ciclo de Vida. O objetivo primordial do estudo é comparar a evolução sustentável de dois vinhos portugueses: um vinho “*terroir*” de elevado valor no mercado, produzido em quantidades reduzidas, usando uvas de apenas uma quinta, e um vinho de marca de baixo valor no mercado e produzido em grandes quantidades utilizando uvas provenientes de diversas regiões. A análise segue a perspetiva de ciclo de vida e indicadores de sustentabilidade. (Martins, et al., 2018).

### 2.3 Produção do Vinho do Porto LBV

Desde as vinhas até à distribuição, o vinho do Porto passa por vários processos incluindo a viticultura, vinificação, envelhecimento, engarrafamento, distribuição, consumo e deposição final. O trabalho irá abordar os processos de vinificação, envelhecimento e engarrafamento, como se pode observar na Figura 6.



Figura 6: Representação esquemática das fases a estudar.

No mês de setembro, iniciam-se os trabalhos para a produção de vinho, começando as vindimas, processo que se realiza de forma manual, na qual os trabalhadores cortam os

cachos recorrendo a tesouras de poda e as depositam em caixas que uma vez cheias são depositadas em dois tipos de veículo: tratores ou carrinhas de caixa aberta. Seguem depois viagem até à adega, onde após os veículos serem pesados, são descarregados os caixotes. Estes ficam momentaneamente armazenados por lote, isto é, todos os cachos do mesmo lote ficam agrupados, até as máquinas estarem disponíveis para processar as uvas. Aí os caixotes são virados com um empilhador para o tegão. Este procedimento é executado por forma a realizar a fermentação mantendo, sempre que possível, os lotes de uvas segregados.

Segue-se um tapete de escolha onde os cachos de uva são inspecionados e aqueles que não se encontram dentro das condições de qualidade predefinidas são descartados; os cachos selecionados continuam até ao desengaçador para retiro do engaço.

Nesta altura, as uvas estão prontas para iniciar a transformação de uva em vinho no tanque de fermentação, dando entrada por bombagem peristáltica. Só após algum tempo de “pisa” (realizada pelos pistões) é que começa a haver separação entre as peles e as grainhas e se começa a formar o manto. Quando é formada o manto os pistões entram em funcionamento de modo mais esporádico para promover o contacto com o resto do mosto. O processo de transformação é interrompido quando cerca de metade do açúcar natural do sumo da uva for convertido em álcool. A eficiência da fermentação alcoólica pode ser afetada pelos seguintes fatores - temperatura, concentração de oxigénio e azoto, concentração de dióxido de carbono, ativadores de fermentação (fatores de crescimento e aumento da população das leveduras presentes no processo), fatores de sobrevivência; além das condições mencionadas, a fermentação do vinho do Porto tem a particularidade de ser feita continuamente e interrompida no momento específico acima descrito.

Quando a fermentação atinge o ponto desejado, o enólogo responsável pela produção indica que se inicie o processo de fortificação. O mosto presente no tanque de fermentação segue por ação da gravidade para o “vinhador”, o qual tem um filtro gordo no topo, por forma a acumular qualquer tipo de matéria sólida impedindo a sua deposição no vinho. A matéria retida no filtro é então enviada para uma prensa com o intuito de retirar a aproveitar a maior quantidade de mosto contido nela. Ao mesmo tempo, segue por bombagem a aguardente vínica para dentro do “vinhador”, cujo teor de álcool é igual a 77%, para interromper a atividade das leveduras (eventualmente estas acabam por morrer devido à falta de nutrientes), por sua vez interrompendo a fermentação por forma a conservar o açúcar restante. De seguida, a mistura é bombada para cubas nas quais o vinho é conservado. A esta mistura é adicionada, já na cuba, o mosto aproveitado na prensagem. Todos os passos do processo são apresentados na Figura 7.



Figura 7: Esquema representativo do processo de vinificação.

Ao longo do processo de vinificação são vários os resíduos gerados sendo que o seu procedimento está implementado e é realizada uma gestão adequada. Na fase de vindima são produzidos resíduos orgânicos essencialmente relacionados com a alimentação dos trabalhadores, o que não será contabilizado para o estudo, e poderá ocorrer a conceção de resíduos plásticos ou metálicos no caso de as caixas de recolha estarem danificadas ou de material auxiliar à vindima necessitar de substituição.

Nas restantes fases são gerados subprodutos resultantes da obtenção de vinho do Porto e algumas embalagens de componentes e produtos químicos usados no processo de transformação. Os resíduos considerados subprodutos são reintroduzidos no sistema ou então vendidos como matéria-prima para outras indústrias. No entanto, as embalagens mencionadas inspiram cuidados especiais quanto ao seu tratamento. Assim este tipo de resíduo é armazenado para reutilização e, quando necessita de substituição, a embalagem é lavada e encaminhada para a fileira<sup>3</sup> de plástico. Os possíveis resíduos indiferenciados gerados são também armazenados e levantados pela entidade responsável pela recolha dos mesmos.

Ao longo da vinificação são gerados efluentes principalmente pela lavagem dos equipamentos. Estes são encaminhados para a Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais pertencente à adega, onde são submetidos a um tratamento preliminar para remoção da matéria em suspensão, recorrendo para esse efeito a Tamisagem, segue-se a fase de Homogeneização/ Arejamento/ Digestão, e como tratamento terciário o efluente é submetido a decantação e filtração em areia, garantindo o cumprimento dos parâmetros legislados, antes de serem descarregados nas linhas de água. A ETARI é constituída por um poço recetor e um tamisador, duas lagoas de lamas e arejamento, em simultâneo, uma lagoa de decantação e um filtro aberto, como se pode observar na Figura 8.

<sup>3</sup> Fileira de resíduos - tipo de material constituente dos resíduos



*Figura 8: Lagoas da ETARI.*

Durante as diferentes etapas de transformação da matéria-prima são libertados gases para a atmosfera. Estas emissões gasosas iniciam-se nas vindimas pela utilização de tratores nas quintas, valor que não é contabilizado para o estudo devido à falta de acesso aos dados dos fornecedores, e seguem-se as emissões do transporte das uvas dos fornecedores para a adega. Dentro da adega, a libertação de GEE para a atmosfera está diretamente associada às caldeiras de vapor e aos equipamentos que requerem a utilização de combustíveis fósseis para o seu funcionamento e ao consumo de energia elétrica.

Após término da vinificação segue-se então o processo de envelhecimento do vinho. Existem quatro formas de envelhecimento - em cubas de inox, cascos, tonéis e balseiros. O método clássico de envelhecimento é efetuado em cascos de carvalho que permitem a entrada de oxigénio e a saída de água e álcool. A capacidade de um vinho melhorar em estágio é influenciada por diversos fatores, designadamente, o tipo de uva utilizada na produção do vinho, a vinificação e as condições de armazenamento. O vinho em estudo ocupa na totalidade o volume disponível dentro do balseiro pelo que não tem praticamente contacto com oxigénio, não necessitando de adição de dióxido de carbono para evitar a sua oxidação, o que restringe o fator de condições de armazenamento.

Durante o processo de envelhecimento, a perceção da acidez pode alterar-se e aromas terciários podem ser manifestados. Aquando a mistura destes aromas com os componentes extraídos da madeira, o sabor e aroma do vinho podem, por sua vez, ser também alterados, tornando o vinho mais complexo, aromático e com um final mais longo (Vicente, 2012).

Ao longo do envelhecimento, que decorre em balseiro, as partículas presentes no vinho do Porto precipitam. Este precipitado é considerado borra e, por sua vez recolhido para ser prensado e filtrado, de forma a retornar ao ciclo. O processo de envelhecimento decorre numa adega no Douro, onde o vinho permanece nos balseiros, por um período de quatro anos,

após produção. O vinho pode ser corrigido, se necessário, recorrendo a sulfuroso e aguardente, sendo que a sua quantidade varia conforme o acerto preciso. Esta etapa será apenas tomada se as análises realizadas indicarem tal necessidade.

No final do intervalo de envelhecimento, os balseiros são esvaziados e deve-se proceder à sua lavagem o que gera efluentes que são tratados pelo mesmo método que os equipamentos utilizados durante o processo de vinificação. As emissões gasosas nesta fase não são significantes para o estudo uma vez que o produto está estático durante quatro anos e apenas poderá ocorrer apenas libertação de gás do interior do balseiro para o exterior. Os resíduos resultantes do envelhecimento, nomeadamente borra, são encaminhados para a ETARI aquando da lavagem dos balseiros.

Após este período é enviado para Gaia, em camiões cisterna, para ser submetido ao processo térmico (refrigeração) e posteriormente a filtração. Após o vinho ser arrefecido permanece durante 4 dias numa cuba térmica à temperatura de 2°C. Os cristais formados aquando do processo térmico e da filtração são enviados para subproduto. Quando o vinho está pronto para ser engarrafado é encaminhado, por tubagem, para a linha de enchimento das garrafas.

Nesta fase todos os equipamentos utilizados na área são lavados e os efluentes resultantes encaminhados para a estação de pré-tratamento dentro da empresa. Esta estação está equipada com um dispositivo de controlo de pH que ajusta a acidez do efluente recorrendo a uma solução básica ou ácida conforme o necessário para que este esteja de acordo com a legislação em vigor e possa, posteriormente, ser enviado para a ETAR municipal na qual procedem ao tratamento e descarga dos efluentes. As emissões gasosas associadas à fase final do envelhecimento são os GEE gerados devido ao consumo de diesel do transporte do produto para acabamento e GEE gerados pelas máquinas de frio, usadas para arrefecimento e para manter a temperatura do vinho.

Os resíduos gerados ao longo do envelhecimento são principalmente embalagens de produtos químicos e de componentes para correção do vinho. Estes são reutilizados e apenas enviados para reciclagem quando estão danificados, só após lavagem por forma a garantir que são encaminhados resíduos considerados perigosos no seu interior.

O produto chega às linhas de enchimento e depois de engarrafado é rolhado, rotulado e embalado para ser armazenado em *stock*, uma vez que a fase de embalamento já faz parte da área de expedição esta não será contabilizada como engarrafamento, terminando o estudo na rotulagem da garrafa. Esta área representa um elevado consumo de água e de energia uma vez que todo o processo é executado por máquinas que necessitam de lavagem todos os dias. Assim estão associados geração de efluente diário que, como explicado supra são

encaminhados para a estação de pré-tratamento e também emissões gasosas devido à caldeira em funcionamento e ao gasto de energia elétrica dos equipamentos.

Ao longo deste processo são gerados vários tipos de resíduos, desde garrafas partidas até caixotes de cartão, passando por fitas e embalagens de plástico. No início da linha poderá ocorrer a queda de garrafas de vidro resultando na sua quebra e desperdício de produto, segue-se a fase de rolhagem na qual pode-se dar a quebra de rolhas, depois passa para a fase de roupagem na qual são colados os rótulos e o brasão para a rainha e neste ponto existe um resíduo direto - o suporte da roupagem - uma película de plástico; finalmente chega ao capsulador, no qual é colocada uma capsula a envolver a rolha. Todos estes materiais auxiliares são recebidos em caixotes de cartão dentro dos quais envolvidos entre plástico. No caso da fileira de vidro, estes resíduos são armazenados e até levantados pelo transportador a quem compete a função. O mesmo ocorre para a fileira de plástico e de papel/cartão. As rolhas são do tipo bar top e são compostas por rolha de cortiça natural e uma tampa bar top de plástico pelo que devem ser depositadas nos resíduos indiferenciados assim como as cápsulas e a roupagem desperdiçada visto serem uma mistura de metais e outros componentes.

## 3 Materiais e Métodos

Os impactes ambientais resultantes da produção do vinho do Porto LBV foram avaliados usando a metodologia de Análise Ciclo de Vida, ACV. De seguida descrevem-se os vários passos da metodologia, de acordo com a metodologia descrita nas normas ISO 14040:2006 (2006) e ISO 14044:2006.

Após obtenção de inventário e escolhidas as categorias de impacto ambiental, os impactes ambientais foram obtidos recorrendo ao *software* SimaPro 8.0.2, no qual se utilizou a metodologia ILCD Midpoint 2011 para alcance de resultados. Este método foi desenvolvido pela Comissão Europeia em 2011, com o intuito de conciliar os vários métodos de Análise de Ciclo de Vida existentes. (Leitão, 2016) Este sistema tem disponíveis as categorias de impacto necessárias ao estudo.

### 3.1 Definição do Objetivo e Âmbito

O estudo tem como finalidade identificar e avaliar os impactes ambientais associados aos processos de vinificação, envelhecimento e engarrafamento de uma marca de vinho do Porto LBV. Após a obtenção de resultados serão identificados os processos com maior impacto ambiental ao longo do ciclo de vida e propostas melhorias com vista à sua redução. Uma comparação com resultados disponíveis na literatura para outros tipos de vinhos e será efetuada também, de modo a permitir aferir qual é a performance ambiental relativa do produto em estudo neste trabalho. As conclusões deverão ser comunicadas à empresa na qual se realizou o estudo.

O produto analisado é constituído por uma garrafa contendo vinho do Porto, rolha do tipo “bar top” e o invólucro da garrafa (roupagem). A unidade funcional (UF) escolhida para o estudo são 0,75 L de vinho do Porto LBV, correspondendo a uma garrafa do mesmo, sendo também o tipo de garrafa vendido em maior quantidade, e a unidade funcional usada na maior parte dos estudos de ACV sobre vinho. A extração e a produção das matérias prima e da energia, quer seja eletricidade ou combustível, são tomadas em conta no estudo. Não foram definidos critérios de cut-off, embora alguns produtos usados em quantidades residuais ou raramente estes não tenham sido considerados no inventário, ocorrendo essa situação na etapa de envelhecimento. Como os processos analisados apenas têm um único produto não foi necessário efetuar procedimentos de alocação no inventário e no cálculo dos indicadores de impacto ambiental.

O estudo é do tipo atributivo, visto que os impactes ambientais são referidos a um produto, e não resultantes de alterações no sistema de execução do LBV. Em relação à

cobertura tecnológica, foi considerado que os dados e processos correspondem aos que são usados atualmente na empresa e correspondem às melhores práticas do setor. Desse modo, os dados e resultados e resultados são válidos a curto e médio prazo, pelo menos 10 anos.

O estudo considera os passos do ciclo de vida desde a obtenção de alguns materiais, fermentação e engarrafamento, correspondendo a uma análise gate to gate, porta a porta visto que os passos de viticultura distribuição, consumo e disposição final e/ou reciclagem são muito complexas e variáveis, não existindo muita informação sobre as mesmas, não é viável inclui-las no ciclo de vida do produto, situação que é normal em estudo de ciclo de vida de produto vinícolas. Além disso, na fase de distribuição é da responsabilidade do distribuidor/cliente a partir do momento que sai da empresa, tornando também a obtenção muito difícil.

Relativamente à viticultura não se pode considerar no estudo uma vez que as uvas rececionadas para transformação são fornecidas por mais de uma centena de produtores, dificultando o acompanhamento individual e a realização de um inventário tendo em conta os diferentes produtos que cada um utiliza. Abordou-se o problema recorrendo à literatura para procurar estudos de AVC de viticultura, no entanto só estão disponíveis inventários de uvas produzidas para vinho de mesa. Uma vez que a produção de vinho do Porto não obriga a que as colheitas sejam boas todos os anos, uma vez que se utiliza castas de diferentes anos para a sua fabricação, os produtos usados nas vinhas são muito variáveis, pelo que o cenário caracterizado neste documento corria o risco de ser muito distante da realidade.

### 3.2 Definição do Sistema

Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** é apresentado o sistema considerado no estudo de ACV, incluindo os diferentes processos/atividades envolvidos em cada um dos passos do ciclo de vida, e como este se integra no ciclo de vida completo do vinho de Porto LBV analisado neste trabalho.

É possível observar na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** quais são os fluxos mais de materiais e energia com o exterior, que foram quantificadas na análise de inventário, cujas quantidades é necessário quantificar de modo a ser possível avaliar os impactes ambientais do produto.

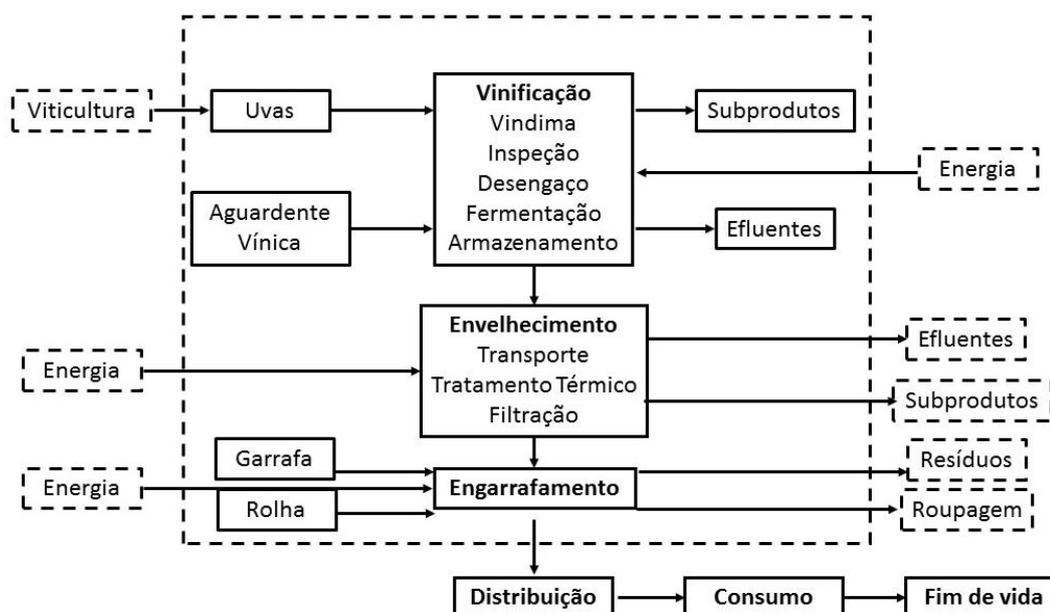


Figura 9: Fronteiras do sistema do produto em estudo.

### 3.3 Categorias de Impacte

A seleção das categorias de impacte ambiental para análise deve ser criteriosa e bem fundamentada. Na sua seleção deve-se ter em consideração os seguintes pontos: as categorias devem representar os maiores impactes ambientais expectáveis, que estão diretamente relacionados com consumo de energia e emissões assim como consumo de materiais; além destes, deve-se considerar também as emissões indiretas resultantes de sistemas auxiliares ao estudo, neste caso, por exemplo, da produção da garrafa e da rolha. Deve-se ponderar sobre a possibilidade de comparação dos resultados obtidos com os disponíveis na literatura, para tal verificar se as categorias selecionadas correspondem às disponíveis em estudos publicados. O ponto de partida para a escolha das categorias deverá ser a compreensão dos maiores impactes ambientais após uma análise qualitativa do processo de fabricação do produto e dos dados de inventário, em particular os fluxos de matéria e energia tanto no interior como no exterior do sistema. Neste caso, os maiores fluxos são:

- Consumo de energia na vinificação, envelhecimento e engarrafamento.
- Consumo de água nas três fases em estudo.
- Consumo de materiais auxiliares aquando da vinificação e engarrafamento.
- Geração de resíduos em todos os processos.

Devido ao consumo de *diesel* tanto nas vindimas como no processo de transformação da matéria-prima e no transporte para engarrafamento, assim como o consumo de gás natural e energia elétrica deve-se considerar a categoria Alterações Climáticas assim como o Potencial de Acidificação. Visto o vinho do Porto ser submetido a um tratamento térmico no final do

processo de envelhecimento, deve-se considerar a categoria Depleção da Camada de Ozono, pelo facto de se recorrer a sistemas de refrigeração. O consumo de energia em todo o ciclo e a utilização dos solos geram a libertação de  $\text{NO}_x$  o que dará origem à Formação de Ozono Fotoquímico, pelo que é necessário contabilizar esta categoria. Pelos consumos mencionados anteriormente considera-se a Escassez de Recursos como categoria. Por último, note-se que o parâmetro Escassez de Recursos Hídricos enquanto categoria de impacte apresenta uma elevada importância devido à realidade da disponibilidade de água em Portugal. Segundo IPMA, no final de maio de 2019, 98% do território nacional apresentava um cenário de seca meteorológica entre os quais 37,5% correspondiam a seca severa e extrema.

Uma das categorias que mais frequentemente se encontra na literatura é o Uso do Solo, este estudo não a contempla uma vez que o solo sofre alterações nos primeiros 10 anos da sua exploração. Tendo em conta que as videiras têm um tempo médio de vida entre 30 e 40 anos e que o solo nas quais estão plantadas são socalcos designados para tal função há mais de 100 anos, acredita-se que este não seja modificado pelo que a categoria é descartada. A outra categoria não abordada neste estudo trata-se da Eutrofização. Dado que a fase de viticultura se encontra fora das fronteiras do sistema não se deve contemplar esta categoria de impacte visto estar apenas relacionada com a aplicação de fertilizantes.

### **3.4 Análise do Inventário**

Os dados de inventário incluem os consumos de matérias prima, materiais auxiliares, água, e de energia (quer seja de combustível ou de eletricidade) no ciclo de vida.

De modo a assegurar que os resultados são representativos dos reais impactes do produto em análise, devem ser usados, sempre que possível, dados primários que correspondem a dados e informação dos processos existentes e usados na sua produção. E para uma boa parte dos processos e consumos foi possível usar dados da empresa, em particular nos passos de vinificação, envelhecimento, e engarrafamento, sendo estes referentes ao ano de 2019.

No entanto, dados e informações adicionais são necessários. Estes foram obtidos de várias formas distintas. Uma delas envolveu a utilização da base de dados de inventário EcolInvent V3.0, e foi usada em particular para obter dados de inventário respeitantes à produção de algumas matérias prima e da energia, quer seja eletricidade ou combustível. No caso específico da energia elétrica considerou-se o mix eléctrico português definido na base de dados de inventário de ciclo de vida. O inventário correspondente aos vários passos de transporte foi também obtido da mesma forma. Informação da literatura foi também considerada. Em particular, ao inventário para as rolhas foi obtido de um relatório

desenvolvido para as condições específicas em Portugal, em que os dados e informação têm menos de 5 anos (Amorim, 2019).

### 3.4.1 Vinificação

A Lbela 2 apresenta todos os dados recolhidos e utilizados para o cálculo dos indicadores ambientais relativos à vinificação, já correspondentes à unidade funcional. Em relação à vinificação, é preciso tomar em atenção como é produzido o vinho do Porto LBV, de acordo com a descrição feita no Capítulo 2, para ajustar os dados de inventário da viticultura e da produção de aguardente vínica. Em particular, a quantidade de uvas necessárias para produzir 0,75 L de LBV foi estimada pela relação de que são necessários 750 kg de uvas para produção de 550 L de mosto. Sabendo que para produzir 435 L de vinho do Porto são necessários 115 L de aguardente vínica foi estipulada a quantidade de aguardente vínica para 0,75 L de LBV.

*Lbela 2: Inventário associado à vinificação para 0,75 L.*

INPUTS	QUANTIDADE	UNIDADE
UVAS	0,7524	kg
AGUARDENTE VÍNICA	0,1983	L
ÁCIDO TARTÁRICO	$4,60 \times 10^{-4}$	kg
SULFUROSO	$2,25 \times 10^{-5}$	ppm
DAP	$3,08 \times 10^{-5}$	m <sup>3</sup>
SUPER FOAM	$6,18 \times 10^{-3}$	L
PARACÉTICO	$1,24 \times 10^{-3}$	L
DIESEL	$1,98 \times 10^{-3}$	L
GÁS PROPANO	$1,15 \times 10^{-4}$	kg
ENERGIA ELÉTRICA	$6,29 \times 10^{-2}$	KWh
ÁGUA	$6,18 \times 10^{-1}$	L
OUPUT	QUANTIDADE	UNIDADE
VINHO DO PORTO	0,75	L

Para a produção das uvas necessárias para obter o vinho foram usados dados da literatura respeitantes à produção de um vinho *Terroir* na zona do Douro Superior, com um clima e solo similares aos das vinhas onde se produzem as uvas usadas para se obter o LBV estudado neste trabalho (Costa, 2017). O ácido tartárico, o anidrido sulfuroso e o fosfato de amónio (DAP) são compostos utilizados para controlar e regular a acidez do vinho, a conservação do vinho e a

fermentação do mosto, respetivamente. Os valores obtidos para cada material foram calculados a partir do volume comprado de cada um e da relação entre a quantidade total de vinho produzido na adega e a quantidade total de LBV.

A soda cáustica e o paracético são produtos utilizados para a lavagem e desinfeção das cubas, pelo que os seus valores foram estipulados baseados na relação de lavagem, isto é, por cada 100 litros de água coloca-se 1 litro de soda cáustica e 0,2 litros de paracético.

O valor de Diesel está associado às uvas recebidas na adega para transformação, que são compradas a diferentes produtores, de diversas localidades, na região do Douro. No Apêndice A encontra-se uma tabela descritiva do local de origem, da quantidade de carga recebida e da distância percorrida.

Uma vez que a aguardente vínica é uma das matérias-primas essenciais, e relevante em termos de quantidade relativa usada para a produção de vinho do Porto, é fundamental avaliar o impacto ambiental da sua produção. Uma pesquisa bibliográfica permitiu descobrir estudos de impacto ambiental de bebidas espirituosas semelhantes à aguardente vínica, como é o caso do Pisco (bebida tradicional do Chile) e o Conhaque (França), utilizando a metodologia ACV. Pela leitura e interpretação de diversos artigos concluiu-se que este tipo de bebidas, cuja percentagem de álcool é superior a 40%, apresenta um elevado impacto ambiental; justificando assim a incorporação da análise da aguardente vínica na ACV do objeto de estudo. A aguardente vínica utilizada para a interrupção da fermentação, no vinho do Porto, é produzida e vendida por quatro fornecedores localizados, maioritariamente, no sul da Europa.

Desse modo, foi estudado e modelizado o seu processo de produção. A fabricação de aguardente vínica inicia-se pela vinificação na qual as uvas (brancas e/ou tintas) passam por três processos: esmagamento/ desengace, prensagem e fermentação; sendo este processo em todo similar à produção de vinho normal de mesa. Para produzir 1 L de aguardente vínica são necessários 17 L de vinho. De seguida, o vinho é destilado e a aguardente posteriormente envelhecida, sendo que este processo tem duração de cerca de 1 ano. Depois de levar um tratamento de acabamento (lotagem, diluição e filtração) está pronto a ser enviado para as adegas em camiões cisterna.

Novamente, tomando a possibilidade de realizar uma pequena análise de ciclo de vida à aguardente vínica, definiu-se o sistema de estudo como mostra a Figura 10. Foi contactado o fornecedor, em Espanha, por forma a averiguar se o mesmo teria realizado algum estudo relativo ao impacto ambiental do seu produto. Assim, este forneceu a pegada carbónica associada à produção de aguardente, a partir da qual se calculou a quantidade de cada fluxo para incorporar no estudo. Uma vez que não existiam dados relativos ao vinho utilizado na destilação, consultou-se a literatura e adaptou-se um estudo da mesma ao caso real. Para tal

efeito recorreu-se ao trabalho de (Fusi, et al., 2014) tendo por base de estudo um vinho branco de alta qualidade. Como mencionado anteriormente, converteu-se as emissões de carbono em quantidade de matéria, os gramas de carbono emitido por tonelada de produto seco. Em primeiro lugar, consultou-se o Mix energético espanhol referente ao ano de 2019, do qual se concluiu que são emitidos 251,09 g de CO<sub>2</sub> por cada kWh de energia elétrica. Seguiu-se a determinação de gás natural consumido através da seguinte Equação 3-1.

$$CO_2 \text{ emitido (kg)} = FE \times FO \times \frac{PCI}{PCS} \times \text{Consumo GN} \quad \text{Equação 3-1}$$

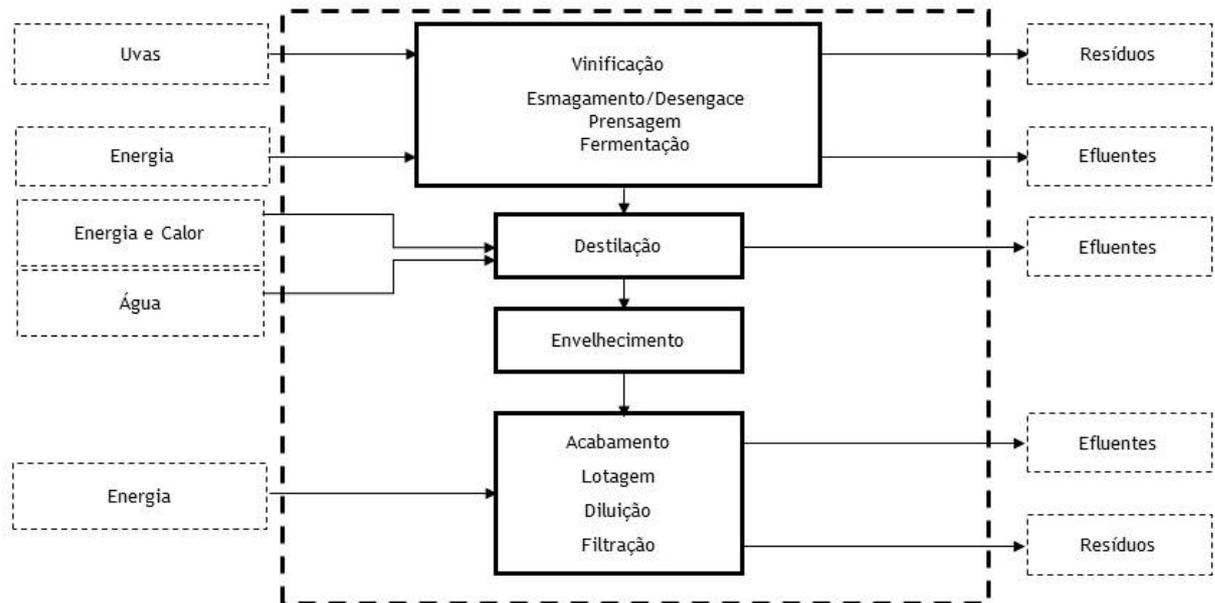


Figura 10: Fronteiras do sistema de aguardente vínica.

Em terceiro lugar foi determinada a quantidade de água consumida durante a destilação para obtenção de 1 tonelada de produto seco. Para tal consultou-se (Mariano, 2011) verificando que por cada litro de água potável bombada são emitidos  $2,81 \times 10^{-4}$  kg de CO<sub>2</sub>. Por último, recorreu-se ao trabalho de (Vásquez-Rowe, et al., 2017) por forma a determinar a quantidade de bagaço necessário através da relação entre quantidade de dióxido de carbono emitido por utilização de bagaço, sendo esta 1,51 kg CO<sub>2</sub> por 1 L de bagaço.

A aguardente vínica adquirida não é produzida no local de utilização pelo que foi necessário contabilizar o valor de diesel consumido no transporte desde a origem até à adega onde o produto é aplicado. A discriminação de origem e gasto de combustível encontram-se disponíveis no Apêndice A. Os dados de inventário referentes à aguardente vínica são apresentados na Tabela 3.

Como fluxos de saída da fase de vinificação apenas se registam os subprodutos, previamente calculados, que são apresentados na Tabela 4. Todos os subprodutos

apresentados são ou reintroduzidos no processo de vinificação ou vendidos para a produção de vinhos de qualidade inferior ou para produção de bebidas destiladas.

Apenas o valor de cachos descartados foi determinado recorrendo a dados primários fornecidos pela empresa. Em média, por cada 2 300 000 kg de cachos de uva, cerca de 18 000 kg de cachos são descartados. Pela quantidade total de uvas necessárias para produção de uma garrafa LBV foi determinado o valor de cachos descartados. Os valores dos restantes subprodutos foram averiguados recorrendo à literatura, pelo trabalho de (Silva, 2002) no qual se encontram disponíveis os dados de subprodutos resultantes da vinificação em Portugal. Através de relações de massa foi possível determinar o valor de cada um.

*Tabela 3: Inventário associado à produção de 1 L aguardente vínica.*

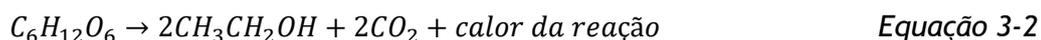
INPUTS	QUANTIDADE	UNIDADE
UVAS	24,28	Kg
DIÓXIDO DE ENXOFRE LÍQUIDO	$1,46 \times 10^{-3}$	Kg
AZOTO LÍQUIDO	$8,39 \times 10^{-3}$	Kg
BENTONITE	$7,93 \times 10^{-3}$	Kg
LPG	$1,45 \times 10^{-2}$	Kg
BAGAÇO	$2,94 \times 10^{-3}$	L
ÁGUA	142,49	L
ENERGIA ELÉTRICA	2,72	kWh
GÁS NATURAL	11,68	kWh
DIESEL	$1,93 \times 10^{-2}$	L
OUTPUTS	QUANTIDADE	UNIDADE
AGUARDENTE VÍNICA	1	L

*Tabela 4: Subprodutos da fase de vinificação.*

OUTPUTS	QUANTIDADE	UNIDADE
CO <sub>2</sub> EMITIDO	$7,80 \times 10^{-3}$	kg
CACHOS DESCARTADOS	$8,00 \times 10^{-3}$	kg
BAGAÇO	$1,01 \times 10^{-2}$	kg
ENGAÇOS	$3,01 \times 10^{-2}$	kg

<b>FOLHELHOS</b>	$4,05 \times 10^{-3}$	kg
<b>GRAINHAS</b>	$2,26 \times 10^{-2}$	kg
<b>BORRAS</b>	$3,75 \times 10^{-2}$	kg
<b>SARROS</b>	$7,50 \times 10^{-5}$	kg

Ainda na categoria de subprodutos é incorporada a libertação de CO<sub>2</sub>, emissão resultante da fermentação alcoólica, traduzida na Equação 2.



Pelo trabalho de Mena (2015), averiguou-se que no vinho tinto por cada 18 gramas de açúcar fermentado são libertados 8,8 g de CO<sub>2</sub> e para se atingir um grau alcoólico são necessários 18 gramas de açúcar. Teoricamente, sabendo que uma UF de LBV possui 20 graus alcoólicos determinou-se que por cada unidade funcional (0,75 L) seriam libertados 176 g de CO<sub>2</sub>. Atendendo que a fermentação do vinho em estudo é interrompida quando cerca de metade do açúcar foi transformado em álcool, a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido é também metade, correspondendo então a 78 g por UF.

### 3.4.2 Envelhecimento

O processo de engarrafamento durante os primeiros quatro anos não apresenta praticamente consumos nem emissões. Os valores associados ao transporte do produto para submissão aos tratamentos prévios antes de engarrafamento são relevantes em comparação com o estágio nos balseiros. Os valores de inventário são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Fluxos de entrada no envelhecimento para 0,75 L.

INPUT	QUANTIDADE	UNIDADE
VINHO DO PORTO	0,75	L
SULFUROSO	-	L
AGUARDENTE VÍNICA	-	L
SODA CÁUSTICA	$1,67 \times 10^{-3}$	L
ÁCIDO CÍTRICO	$5,02 \times 10^{-3}$	L
PERATIVO	$2,34 \times 10^{-3}$	L
QUATRO PLUS	$6,69 \times 10^{-3}$	L
BOOSTER	$3,35 \times 10^{-3}$	L
ÁGUA	$3,35 \times 10^{-1}$	L

ENERGIA ELÉTRICA	$7,95 \times 10^{-3}$	kWh
DIESEL	$9,13 \times 10^{-4}$	L
GÁS NATURAL	$3,26 \times 10^{-3}$	kWh
OUTPUT	QUANTIDADE	UNIDADE
VINHO DO PORTO PRONTO PARA ENGARRAFAR	0,75	L

A adição de sulfuroso e aguardente vínica tem a finalidade de corrigir o vinho durante o envelhecimento. No entanto, a sua adição é tão residual e por vezes nula que não se considerou a sua contribuição para o impacte ambiental.

O valor de *diesel* consumido está associado ao transporte do produto desde a adega até Vila Nova de Gaia, nos anexos a informação e os cálculos associados encontram-se detalhados. Os valores associados ao consumo de água, energia elétrica e gás natural foram obtidos através de cálculo de média mensal para o ano de 2019 e depois ajustados para a unidade funcional. O consumo de soda cáustica, ácido cítrico, quatro plus, booster e perativo foi alcançado pela razão quantidade de produto por quantidade de água, estas relações estão disponíveis em anexo. Como mencionado no Capítulo 2, o valor de aguardente e sulfuroso utilizado na correção quando o vinho se encontra em estágio varia sempre conforme a sua necessidade pelo que o seu valor não deverá ser considerado como equivalente para estudos posteriores. Nesta avaliação decidiu-se não se contabilizar as possíveis correções de aguardente vínica e sulfuroso uma vez que os seus valores são residuais e não afetam os resultados.

### 3.4.3 Engarrafamento

Os valores correspondentes ao engarrafamento de uma unidade funcional foram retirados de literatura e recolhidos na empresa, como se pode observar na Tabela 6.

Tabela 6: Fluxos de entrada no processo de engarrafamento.

INPUTS	QUANTIDADE	UNIDADE
VINHO DO PORTO	0,75	L
GARRAFA	1	Unidade
ROLHA	1	Unidade
ROUPAGEM	$2,17 \times 10^{-3}$	Kg
CÁPSULA	$1,04 \times 10^{-3}$	Kg
ÁGUA	$4,85 \times 10^{-1}$	L

<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	$1,91 \times 10^{-2}$	kWh
<b>OUTPUT</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>UNIDADE</b>
<b>GARRAFA DE LBV PARA CONSUMO</b>	1	Unidade

A roupa, isto é, rótulo, contrarrótulo e brasão foram pesados numa balança analítica com e sem o seu suporte, sendo que o valor apresentado não inclui o suporte. À semelhança do procedido anteriormente, os consumos de água e de energia elétrica mensais foram recolhidos e depois realizado um somatório para obter o valor anual para cada, e feita a razão entre o volume total de vinho que passou nas linhas de engarrafamento e a unidade funcional.

Pelo trabalho de (Aranda, et al., 2005) foi possível a recolha de dados para a análise de impacte ambiental da garrafa e, pelo trabalho de (Amorim, 2019) no qual foi estudada a Avaliação de Ciclo de Vida de uma rolha de cortiça natural, que pode ser adotado para as rolhas bar top uma vez que a produção de rolhas capsuladas é extremamente semelhante à produção de rolhas naturais; foram retirados os dados necessários para averiguar o impacte das rolhas capsuladas uma vez que são contabilizadas para o estudo. Os valores mencionados encontram-se disponíveis em anexo, no formato de tabelas.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Introdução

Nesta secção são apresentados e analisados os resultados do estudo de ACV desenvolvido neste trabalho. Com base nestes foram propostas medidas para melhorar o desempenho ambiental, não tendo sido avaliada qual é a melhoria na performance ambiental do processo das mudanças propostas.

Uma forma de avaliar a validade dos resultados e o desempenho ambiental do produto é comparação com outros estudos de ACV disponíveis na literatura. Dada a vasta gama de estudos publicados relacionados com o impacte ambiental associados à produção de vinho recorrendo à metodologia Avaliação de Ciclo de Vida, torna-se necessário fazer uma seleção de artigos tomando em conta as condições específicas do estudo. Assim, foram selecionados quatro estudos de ACV para vinhos produzidos no sul da Europa, sendo estes apresentados na Tabela 7.

*Tabela 7: Estudos selecionados para comparação de resultados.*

<b>Autores</b>	<b>Zona</b>	<b>Tipo de vinho</b>	<b>UF</b>	<b>Processo analisado</b>
1. (Meneses, et al., 2016)	Catalunha, Espanha	Vinho tinto	0,75 L	Vinificação, Engarrafamento
2. (Gazulla, et al., 2010)	La Rioja, Espanha	Vinho tinto envelhecido	0,75 L	Vinificação e Engarrafamento
3. (Benedetto, 2013)	Sardenha, Itália	Vinho branco	0,75 L	Vinificação, e Engarrafamento
4. (Neto, et al., 2012)	Região Demarcada do Vinho Verde, Portugal	Vinho verde	0,75 L	Vinificação e Engarrafamento
5. (Vásquez-Rowe, et al., 2017)	Perú	Pisco	0,5 L	Comparação com a Aguardente Vínica

De notar que a comparação é de natureza mais qualitativa, uma vez que entre estudos e produção de vinho existe muita variabilidade em aspetos como por exemplo: inventários e

fontes de dados (questões de representatividade e adequação ao estudo), fatores climáticos, formas de produção, entre outras, que reduzem a objetividade das comparações. Uma comparação adicional foi também efetuada para a aguardente vínica, em particular com outra aguardente vínica denominada Pisco, produzida no Chile e Peru, cujo processo de produção é similar à da aguardente vínica apesar do grau alcoólico diferir 16% da aguardente vínica.

A apresentação dos resultados será feita para o ciclo de vida completo e depois por fase de ciclo de vida. Visto que a produção do vinho do Porto LBV tem algumas diferenças significativas na vinificação quando comparado com um vinho normal, apenas foram feitas comparações com dados da literatura por etapa de ciclo de vida. Na fase de envelhecimento não foi feita nenhuma comparação com a literatura por não terem sido encontrados resultados sobre esta na literatura. Também será efetuada uma comparação com a pegada carbônica determinada de forma independente para a empresa, em que se incluem as etapas do ciclo de vida considerados neste trabalho. Os resultados detalhados obtidos no estudo são apresentados nos Apêndices C e D, debruçando-se este último numa análise do consumo energético do processo.

## 4.1 Resultados

### 4.1.1 Avaliação Global

*Na*

Tabela 8 e na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** são apresentados os valores dos indicadores ambientais para o ciclo de vida do vinho de Porto LBV. Na tabela são apresentados os valores numéricos, e na figura é apresentada a importância relativa de cada fase de ciclo de vida para cada categoria de impacto ambiental.

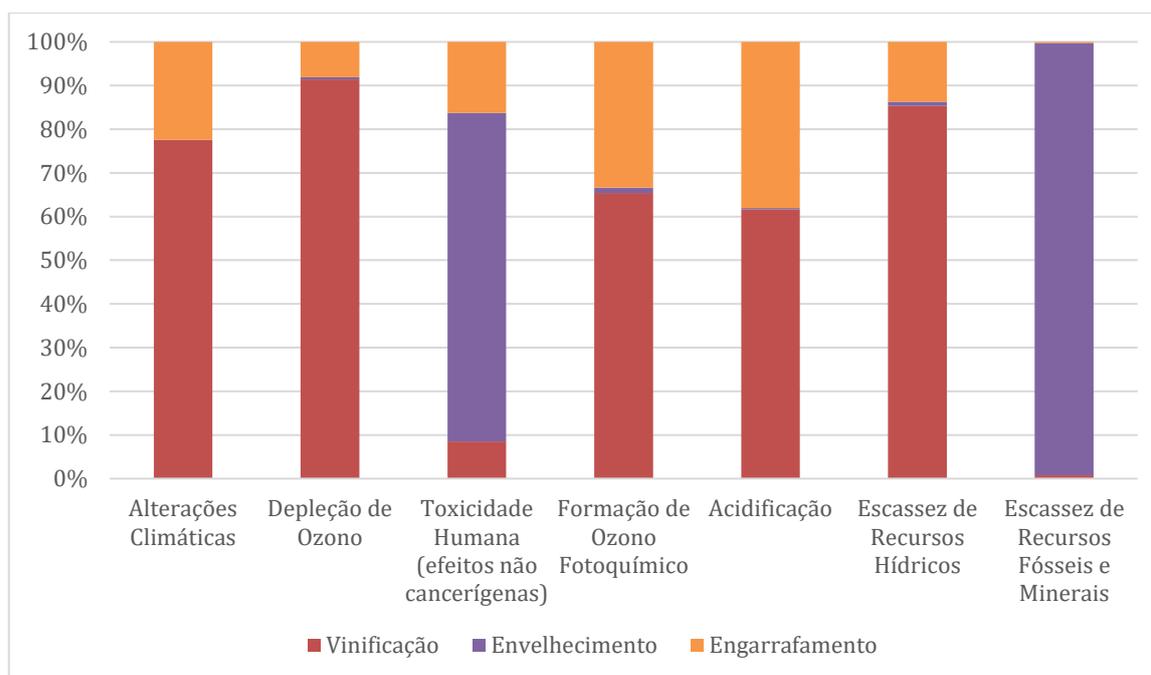


Figura 11: Resultados globais do impacto ambiental do produto LBV.

Tabela 8: Valores dos indicadores de impacto global e por etapa de ciclo de vida.

	Vinificação	Envelhecimento	Engarrafamento	Total
<b>Alterações Climáticas (kg CO<sub>2</sub> eq)</b>	2,03	$4,43 \times 10^{-9}$	$5,87 \times 10^{-1}$	2,62
<b>Depleção de Ozono (kg CFC-11 eq)</b>	$5,43 \times 10^{-7}$	$3,11 \times 10^{-9}$	$4,80 \times 10^{-8}$	$5,94 \times 10^{-7}$
<b>Toxicidade Humana (efeitos não cancerígenas) (kg 1,4 DB eq)</b>	1,35	$1,19 \times 10^1$	2,59	$1,59 \times 10^1$
<b>Formação de Ozono Fotoquímico (kg NMVOC eq)</b>	$5,45 \times 10^{-3}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-3}$	$8,34 \times 10^{-3}$
<b>Acidificação (kg NH<sub>3</sub> eq)</b>	$3,29 \times 10^{-3}$	$1,41 \times 10^{-5}$	$2,03 \times 10^{-3}$	$5,34 \times 10^{-3}$
<b>Escassez de Recursos Hídricos (m<sup>3</sup>)</b>	3,34	$3,58 \times 10^{-2}$	$5,38 \times 10^{-1}$	3,91
<b>Escassez de Recursos Fósseis e Minerais (kg Sb eq)</b>	$1,06 \times 10^{-4}$	$1,43 \times 10^{-2}$	$3,52 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-2}$

Os resultados apresentados na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** permitem concluir que é o processo de vinificação o que mais contribui para o impacto

ambiental do vinho do Porto LBV, seguindo-se da fase de engarrafamento, em todas as categorias de impacto ambiental com exceção da Toxicidade Humana e da Escassez de Recursos Fósseis em que a etapa de Envelhecimento é dominante. Em relação à vinificação, a sua maior importância relativa está diretamente associada ao impacto da aguardente vínica utilizada para parar a fermentação. A aguardente vínica é obtida pela destilação de um vinho de alta qualidade e o seu procedimento implica um gasto de energia térmica muito considerável e o transporte desde o local de origem até à adega.

Na etapa de engarrafamento o termo dominante no impacto global são os materiais de embalagem, em particular a garrafa de vidro usada. O tipo de garrafa tem características distintas das utilizadas em vinho de mesa, nomeadamente o vidro apresenta uma maior densidade, sendo a sua massa maior e havendo necessidade de recorrer a maior quantidade de recursos para a sua produção. A utilização de garrafas com menor massa pode reduzir o impacto ambiental no engarrafamento. Destaca-se ainda o processo de envelhecimento nas categorias de impacto Toxicidade Humana e Escassez de Recursos Fósseis e Minerais, quando comparado com os outros passos do ciclo de vida. Esta situação decorre dos produtos de limpeza e desinfecção utilizados após esvaziamento dos balseiros. Como as substâncias usadas são soluções básicas e ácidas, o impacto da sua utilização reflete-se nas categorias de impacto onde o processo de envelhecimento é o maior. A utilização de produtos de limpeza ou mesmo outros processos de limpeza poderá reduzir os impactos ambientais da sua utilização.

A fase de engarrafamento não é dominante em nenhuma das categorias de impacto, mas os seus impactos ambientais são relevantes. Estes devem-se sobretudo ao consumo de energia, sendo a utilização de energia renovável uma das opções para a sua redução.

#### **4.1.2 Vinificação**

A Figura 12 apresenta a percentagem da contribuição de cada componente em cada categoria de categoria ambiental para a fase de vinificação. Como esperado, a aguardente vínica é a contribuição principal para o impacto ambiental da etapa de vinificação, mais de 80% em todas as categorias, devido ao elevado consumo de energia (gás natural) na sua produção, e do transporte para a adega. Deste modo, é possível concluir que usar uma aguardente vínica com menos impacto ambiental pode ter um impacto muito significativo na performance ambiental do produto, desde que se cumpram os requisitos de qualidade para a sua utilização na produção de vinho do Porto LBV.

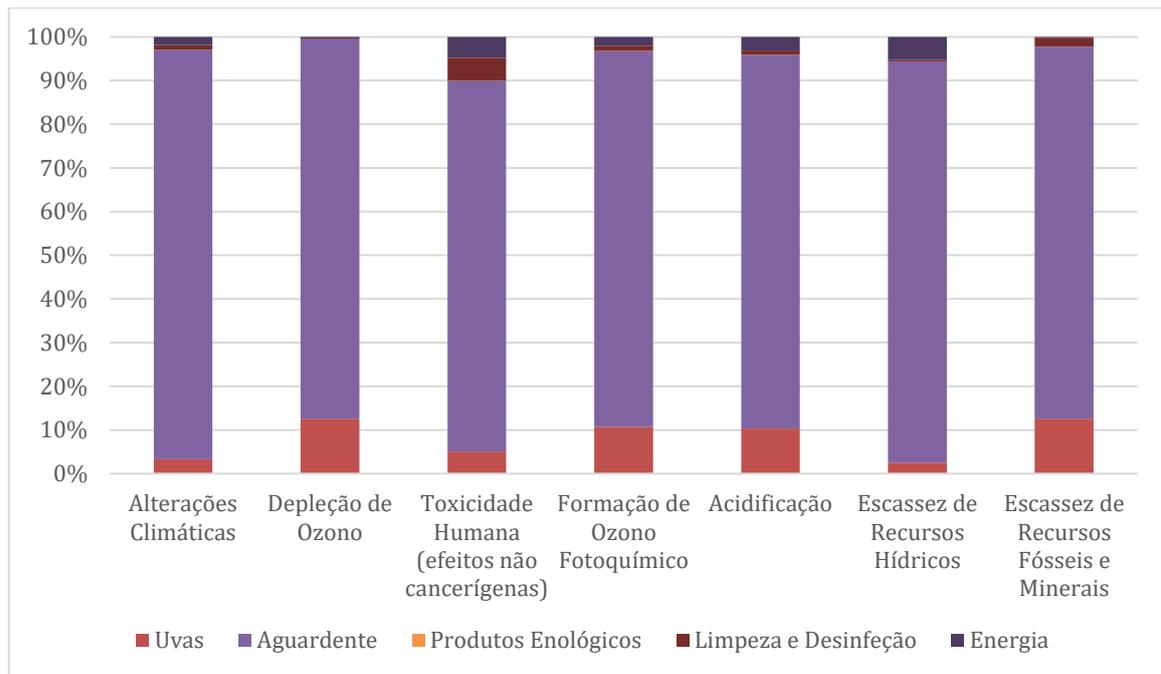


Figura 12: Impactes ambientais associados ao processo de vinificação.

As restantes etapas são pouco significativas. A produção das uvas é o segundo termo mais relevante, resultado sobretudo do consumo de utilização de produtos químicos na viticultura. Dentro dos fatores relevantes deve-se tomar em conta a quantidade de diesel consumido pelo transporte das uvas desde as vinhas até ao local de transformação. O impacto do consumo de energia é sempre pouco significativo, mesmo tomando em conta o fato do processo de vinificação na adega ser completamente automatizado o que resulta num consumo de elevado de eletricidade elétrica para o funcionamento de todos os aparelhos. Por último, entende-se que os produtos utilizados na limpeza e desinfecção dos tanques de fermentação e vinhadores, têm algum impacto devido às suas características de toxicidade e perigosidade contribuindo para todas as categorias de impacto.

De modo a tentar perceber se a modelização do ciclo de vida de produção da aguardente vínica e os resultados obtidos são razoáveis, foi efetuada uma comparação com um produto semelhante e com um processo de produção similar, o Pisco tradicional do Perú. O Pisco é uma bebida alcoólica tradicional da América do Sul, produzida no Chile e no Perú. Estas bebidas são aguardentes vnicas fabricadas por métodos distintos variando o tipo de destilação, o tipo de casta de uvas e grau alcoólico. Para termo de comparação considerou-se um estudo sobre o Pisco do Perú, aguardente vínica obtida pela destilação do vinho da uva de Moscatel (Pacheco, 2019). Os valores do impacto do Pisco foram ajustados pelo fator de alocação igual a 1,5 pois a unidade funcional no estudo de Vásquez-Rowe, et al. (2017) é de 500 ml.

Figura 13 ambos os produtos são comparados, sendo possível concluir que os impactos ambientais são da mesma ordem de grandeza, suportando a conclusão de que a modelização da produção da aguardente vínica é adequada. Visto que os valores dos impactos ambientais variam significativamente em termos numéricos, estes foram escalados de modo a permitir a representação dos mesmos no mesmo gráfico. De notar que a comparação dos resultados apenas deve ser feita dentro da mesma categoria de impacto ambiental e não entre categorias, visto representarem impactos diferentes.

É possível observar que os impactos ambientais associados à aguardente vínica são menores em todas as categorias de impacto ambiental, exceto para a Depleção da Camada de Ozono. As diferenças devem-se sobretudo à forma como a energia é obtida nos dois processos, gás natural para a aguardente vínica e queima de madeira no caso do Pisco, o que resulta por exemplo em maiores emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa para a aguardente vínica.

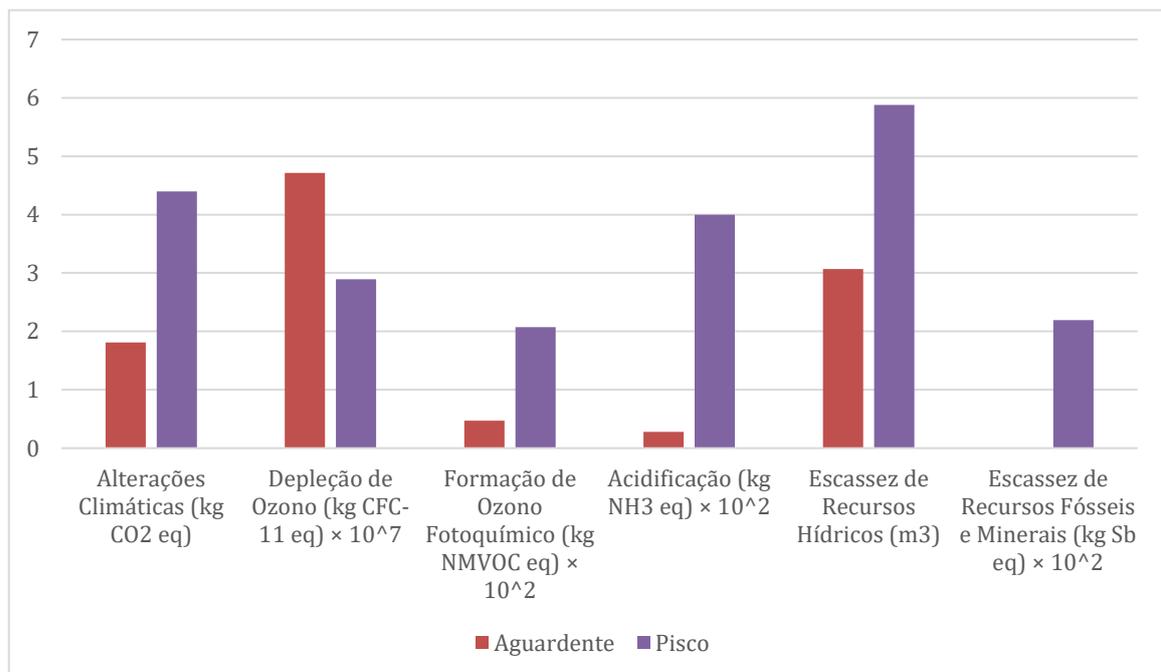


Figura 13: Comparação impacto ambiental entre Pisco e Aguardente Vínica.

Como se referiu atrás, devido às diferenças no processo de vinificação uma comparação direta com resultados da literatura de estudos de ACV para a produção não é aplicável. Em particular, a fermentação é mais curta e adiciona-se aguardente vínica para alcançar o teor alcoólico do vinho de Porto marca LBV. No entanto, se forem retirados os impactos ambientais respeitantes à aguardente vínica é possível comparar os impactos resultantes da fermentação, que é feita de forma similar independentemente do tipo de vinho. Apesar da comparação não ser rigorosa, devido às diferenças entre os processos, é possível pelo menos fazer uma avaliação qualitativa entre processos e averiguar se a

performance ambiental do vinho do Porto LBV está dentro do esperado, de acordo com os resultados disponíveis na literatura.

*Desse modo, na Figura 14 são comparados os valores dos indicadores ambientais do vinho do Porto LBV e os reportados nos estudos listados na Tabela 7 para a etapa de vinificação, com exceção da categoria Escassez de Recursos Fósseis e Minerais para o qual resultados não foram reportados pelos estudos seleccionados. A mesma estratégia de representação dos resultados considerada na*

Figura 13 foi usada também para facilitar a análise dos resultados.

Observa-se na Figura 14 que o LBV tem uma performance ambiental distinta dos outros vinhos, com exceção das Alterações Climáticas em que o valor obtido é da mesma ordem de grandeza embora superior. Com exceção das categorias ambientais de acidificação e Escassez de Recursos Hídricos. As diferenças entre os processos produtivos usados para produzir os vários vinhos, forma e dados obtidos no inventário, e mesmo processos considerados no sistema, podem resultar em diferenças significativas nos impactes ambientais estimados, tornando a comparação apenas qualitativa. No entanto, o facto da pegada carbónica ser da mesma ordem de grandeza suporta a conclusão de que o estudo foi feito de forma adequada.

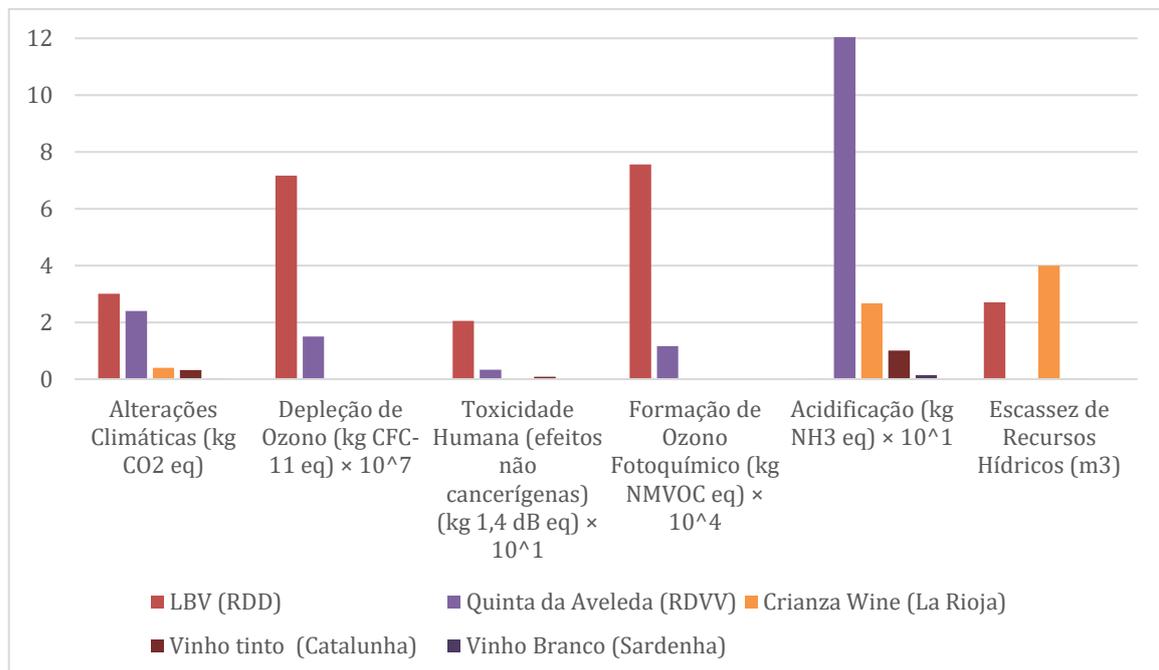


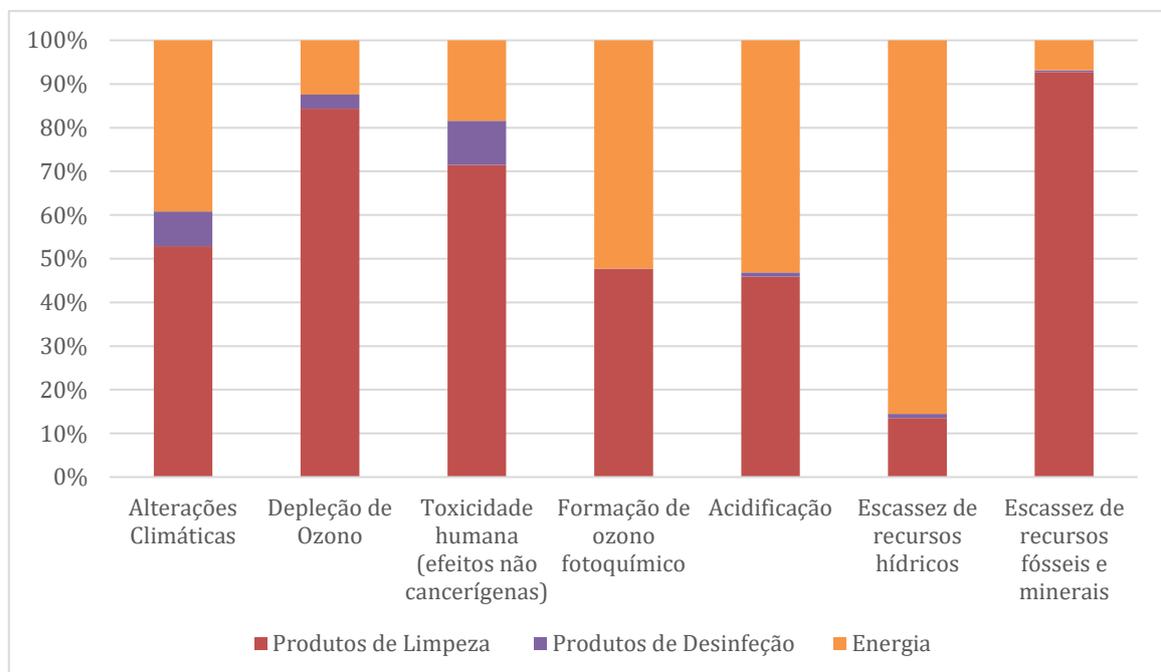
Figura 14: Comparação dos resultados referentes à vinificação com a literatura.

#### 4.1.3 Envelhecimento

Como explicado no Capítulo 2, o processo de envelhecimento do vinho LBV demora cerca de 4 a 6 anos, período no qual o vinho permanece em repouso dentro de cubas, na adega. A Figura 15 apresenta os valores dos indicadores ambientais, tendo-se agregado os vários dados

de inventário em três tipos: energia, produtos de limpeza, e produtos de desinfeção. É possível observar que o consumo de energia e a utilização dos produtos são os fatores dominantes, variando qual das categorias de impacte ambiental em que cada um deles é mais importante. Produtos de Limpeza são mais relevantes nas categorias de Depleção de Ozono, Toxicidade Humanam e Escassez de Recursos Fósseis e Minerais; energia em Escassez de Recursos Hídricos, tendo importância similar nas restantes categorias.

De notar que o período em que o LBV está encubado, cerca de 4 anos, tem um impacte ambiental praticamente nulo, visto que este permanece imóvel não sofrendo nenhum tratamento ou manipulação. Os impactes deste passo de ciclo de vida estão associados aos tratamentos pré enchimento, mas deve-se maioritariamente ao consumo de energia necessário para proceder ao tratamento térmico do vinho antes de este ser engarrafado, tanto como nos produtos de desinfeção utilizados na máquina de frio e no filtro tangencial, maquinaria à qual se recorre para arrefecer o vinho antes de ser submetido ao processo de engarrafamento. É importante notar o impacte ambiental nas categorias de Toxicidade Humana e Depleção do Ozono associado aos produtos de limpeza, devido à sua toxicidade e perigosidade associados aos componentes usados neste tipo de produtos. No entanto, estes resultados têm sempre uma margem de erro associado, uma vez que, mais uma vez, o Ecolvent não dispõe na sua base todos os produtos utilizados e ocorreu a necessidade de adaptar de considerar uns semelhantes, refletindo-se no resultado do impacte ambiental.



*Figura 15: Impactes ambientais associados ao envelhecimento.*

O processo de envelhecimento é uma fase característica do vinho do Porto e só decorre na fabricação deste tipo de produtos ou bebidas muito semelhantes. Regra geral, os vinhos de

mesa são logo engarrafados após vinificação, onde continuam a sua maturação dependendo o seu envelhecimento do consumidor, sendo que os vinhos de mesa não têm a mesma capacidade de conservação que o vinho do Porto, após abertura. Após pesquisa verificou-se que não se encontram disponíveis estudos de ACV de produtos similares ou com esta etapa na sua produção, pelo que não é possível comparar o desempenho ambiental do envelhecimento de LBV com outros vinhos.

#### 4.1.4 Engarrafamento

Os resultados associados ao impacto do processo de engarrafamento são apresentados na Figura 16. Como esperado, o impacto ambiental associado à produção da garrafa é dominante em todas as categorias ambientais devido ao processo de produção que é muito exigente em termos energéticos. Também o facto de a garrafa em questão ser de um tipo de vidro mais denso e menos usual no mercado pode implicar mais impactos ambientais na produção das garrafas, visto ser um processo de produção menos otimizado.

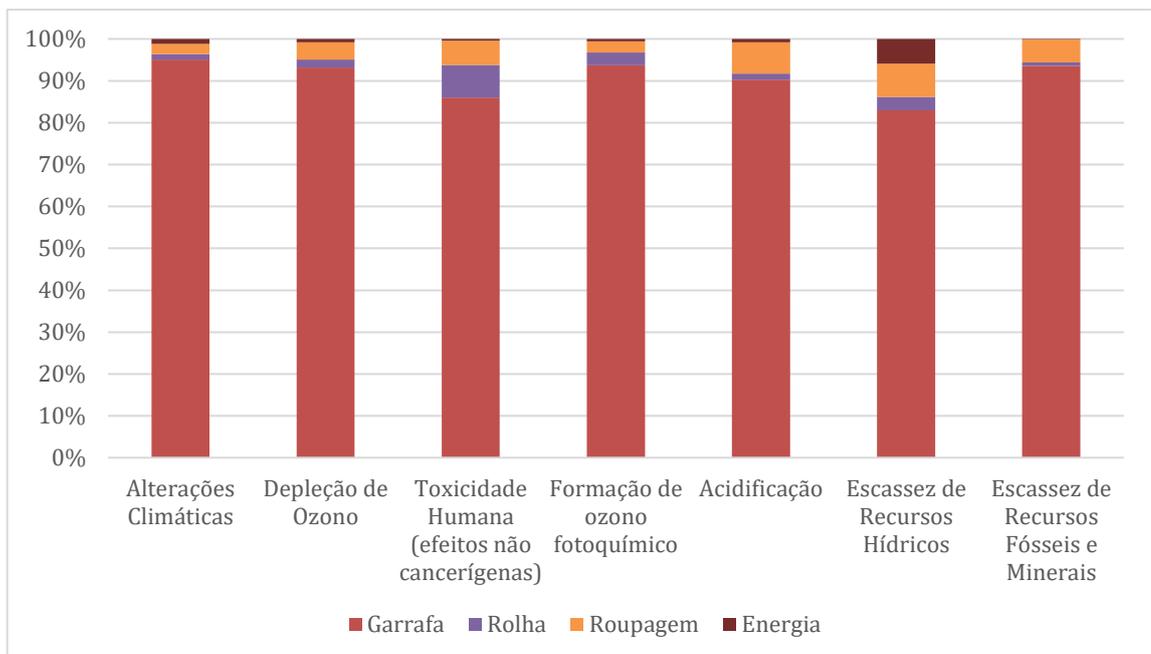


Figura 16: Impactes ambientais associados ao engarrafamento.

Na comparação com a literatura é importante assegurar que a etapa de engarrafamento é equivalente entre os vários estudos. Os artigos escolhidos como termo de comparação tomam em conta sempre a produção das garrafas, mas as etapas de engarrafamento variam. Assim, apenas os resultados respeitantes à produção das garrafas foram considerados.

A Figura 16 compara os valores dos impactes ambientais do vinho do Porto LBV e dos estudos selecionados, em que fez o ajuste dos valores de modo a permitir a representação na mesma figura. É possível observar que o LBV tem pior performance nas categorias de impacte

Toxicidade Humana e Formação de Ozono Fotoquímico, possivelmente devido à utilização de produtos de limpeza mais tóxicos.

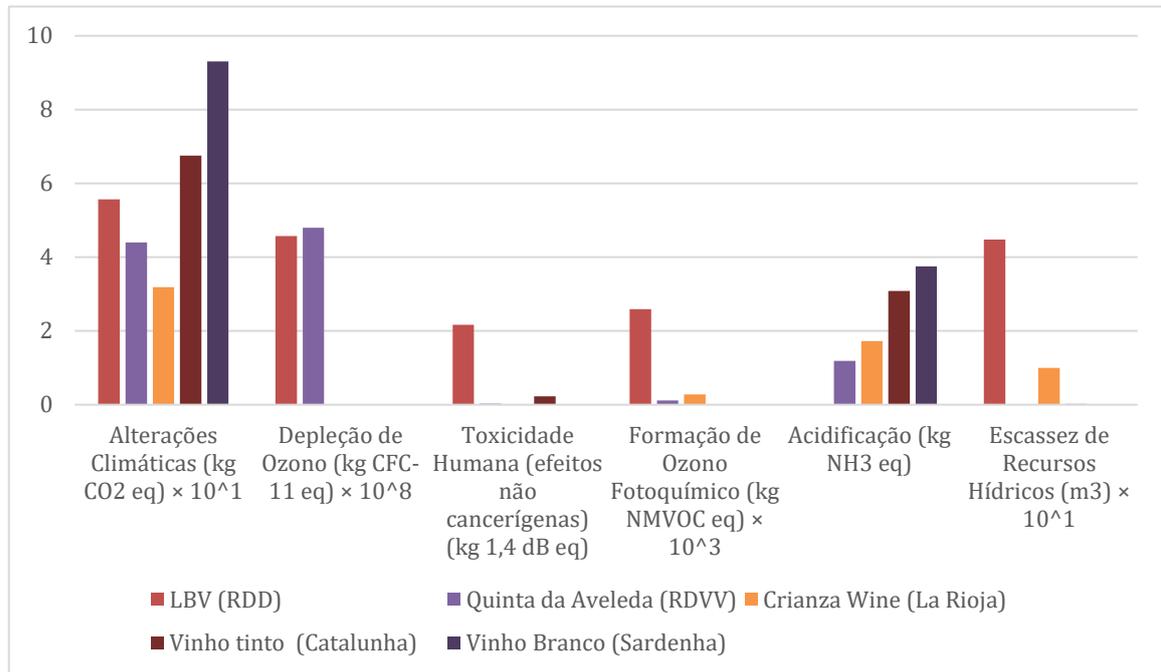


Figura 17: Comparação entre desempenho ambiental da garrafa LBV e literatura.

Para as restantes categorias de impacte ambiental o LBV tem um impacte similar aos dos estudos seleccionados da literatura, sendo mesmo o melhor na categoria de Acidificação em que o impacte é muito inferior. De igual modo, variações no processo e nos dados de inventário limita a validade da comparação, que apenas pode ser considerada qualitativa.

## 4.2 Comparação entre ACV e Pegada de Carbono

A Taylor's assumiu o compromisso de trabalhar por um futuro mais sustentável, e de acordo com esse objetivo estratégico tomou a iniciativa de estudar a Pegada de Carbono (PC) associada ao seu LBV. O estudo foi feito por uma empresa de consultoria, e foi usada a metodologia definida em PAS 2050 (BSI, 2015). Como unidade funcional foi definida um litro, e foram usados, na medida possível, dados/informação da empresa. A Tabela 9 apresenta o resultado da PC para os anos de 2014, 2015 e 2016, sendo possível observar alguma variabilidade entre os vários anos nas fases de engarrafamento e enológica, resultando possivelmente de condições variáveis entre os anos (Taylor's, 2020). O estudo foi efetuado por uma empresa de consultoria externa à empresa.

Tabela 9: Pegada de Carbono de cada área de trabalho associada ao LBV.

Fase (kg CO <sub>2</sub> eq)	2014	2015	2016
Administrativa	1,10 × 10 <sup>-1</sup>	1,10 × 10 <sup>-1</sup>	1,00 × 10 <sup>-1</sup>

Comercial	$3,00 \times 10^{-2}$	$3,00 \times 10^{-2}$	$4,00 \times 10^{-2}$
Engarraamento	1,42	1,90	1,82
Enológica	1,01	1,02	$9,90 \times 10^{-1}$
Envelhecimento	$1,00 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{-2}$

A metodologia de ACV está na base do cálculo da PC pela PAS 2050, sendo que a PC corresponde à categoria de impacto ambiental, Alterações Climáticas. Desse modo é válida uma comparação entre os valores obtidos neste trabalho e os reportados para as fases de Engarraamento, Envelhecimento e Enológica que corresponde à vinificação.

A Figura 19 apresenta a comparação entre os valores da categoria de impacto Alterações Climáticas e a Pegada de Carbono reportada para o produto em estudo. De notar que os valores da PC reportados foram ajustados para a UF escolhida para o estudo de ACV, e usou-se um valor médio dos três anos reportados para a PC.

Visto que os dados usados no cálculo da PC e na categoria de impacto foram similares, seria de esperar que as diferenças nos resultados fossem semelhantes. No entanto, tal não se verifica. Razões para as disparidades observadas podem-se dever a inventários diferentes obtidos para os dois estudos, diferentes fronteiras do sistema. Deve-se notar que o resultado obtido na comparação da vinificação se encontra muito disperso, pensa-se que nesta fase pela dificuldade em encontrar, na base de dados, os produtos correspondentes à realidade possam ter sido selecionados substitutos dispares em vista à mesma funcionalidade.

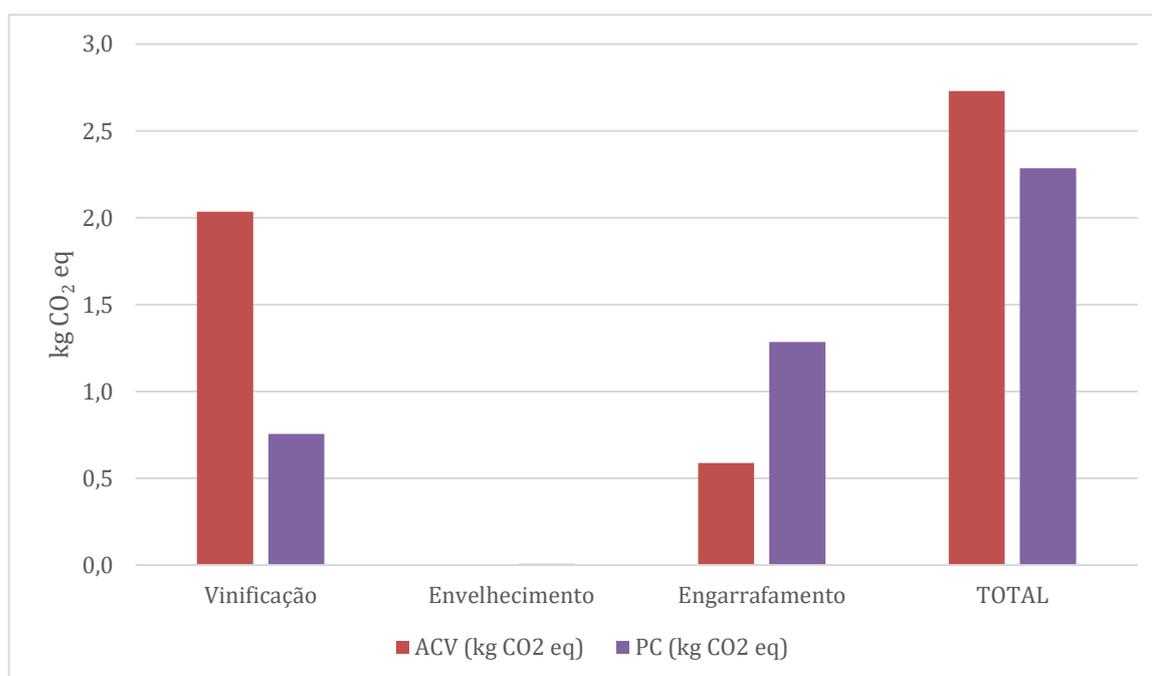


Figura 18: Comparação entre ACV e PC do produto em estudo.

## 5 Conclusões

A produção de vinho do Porto LBV envolve a utilização de recursos complexos cuja utilização gera impactes ambientais. De modo a ser possível minimizar e/ou gerir esses impactes, é necessário quantificá-los, o que neste trabalho foi feito tomando em conta o ciclo de vida do produto, usando para tal a metodologia de ciclo de vida de acordo com as normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006. Assim, foi estudado o processo de produção desde a obtenção das matérias-primas, produção da aguardente vínica (que envolveu modelizar o ciclo de vida da sua produção), até ao momento em que este está concluído para expedição (engarrafamento). O objetivo principal era caracterizar e identificar quais os aspetos que controlam a performance ambiental, de modo a propor sugestões de melhoria do desempenho ambiental do LBV. Todos estes objetivos foram alcançados.

Os resultados obtidos permitem concluir que a etapa de vinificação é que mais contribui para os impactes ambientais do processo, em particular devido à utilização da aguardente vínica na sua produção. Segue-se a fase de engarrafamento, no qual está incluído o estudo da produção da garrafa para LBV. Verificou-se ainda a expressividade da fase de envelhecimento nas categorias de Toxicidade Humana e Escassez de Recursos Fósseis e Minerais devido aos tipos de produtos químicos usados para limpeza e desinfeção dos balseiros e cubas de aço inox. Deste modo, é proposto a utilização de aguardente vínica produzida com menor impacte ambiental e/ou a utilização de garrafas mais leves, tomando em conta os requisitos de qualidade e marketing do vinho do Porto LBV.

Os resultados do estudo foram comparados com os valores obtidos em outros estudos de ACV de vinhos, preferencialmente da Europa do Sul para assegurar, dentro do possível, uma comparação mais objetiva em termos climáticos. Mesmo tomando em conta as diferenças do processo produtivo, o vinho de Porto LBV tem um desempenho ambiental similar aos outros vinhos, em particular se a utilização de aguardente vínica for descontada para a categoria de impacte Alterações Climáticas. As diferenças observadas ocorrem nas categorias de Toxicidade Humana e Formação de Ozono Fotoquímico, devido aos produtos de limpeza e desinfeção usados.

Assim, sugere-se a adoção de algumas políticas como pedir aos fornecedores dos diferentes produtos fichas informativas com a descrição do produto e algum estudo de impacte ambiental do mesmo e analisar fornecedores mais próximos no caso dos produtos enológicos e produtos de limpeza e desinfeção. No ramo da energia a empresa aposta em soluções alternativas como é exemplo a instalação de painéis solares na Adega da Nogueira. No entanto poder-se-á melhorar ainda mais esta área apostando na otimização do processo de

vinificação, através da programação dos equipamentos e procurar outras fontes de energia alternativas como, por exemplo, calor da queima de subprodutos. Relativamente à contribuição para o impacte Escassez de Recursos Hídricos, uma preocupação crescente dada a tendência para aumento de *stress* hídrico em Portugal, poder-se-á implementar um programa de reaproveitamento hídrico, como por exemplo recolha e armazenamento de águas pluviais e sistemas de recirculação de água após tratamento de efluentes.

Também foi comparada a produção de aguardente vínica com a produção de Pisco, uma aguardente vínica similar, tendo-se verificado um melhor desempenho da aguardente vínica considerada neste trabalho, devido à utilização de gás de natural em vez de madeira para gerar o calor necessário para o processo de destilação.

Para trabalho futuro sugere-se a inclusão da fase de viticultura, usando dados primários obtidos da empresa, com vista à criação de uma Declaração Ambiental de Produto, DAP, ou mesmo rótulo ambiental, que permitisse transmitir a retalhistas, vendedores, e consumidores, qual é a performance do vinho do Porto LBV. Por outro, poderia ser realizada uma análise quantitativa de possíveis melhorias de um ponto de vista ambiental, de modo a avaliar em que medida melhorariam a performance ambiental do produto. O estudo de ACV também poderia ser estendido para um estudo de sustentabilidade do vinho do Porto LBV, que para além da dimensão ambiental inclui-se também as dimensões económica e social.

## 6 Referências

- AICEP** Agricultura Portuguesa - Um setor em forte crescimento [Diário] // Revista Portugal Global. - 2017. - pp. 6-7.
- Amado Miguel Pires e Barroso Luis Marques** Sustainable Construction: Water use in residential buildings in Portugal [Artigo] // International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology. - 2013. - pp. 14-22.
- Amorim Gonçalo** Avaliação Comparativa do Ciclo de Vida da Rolha de Cortiça Natural e de uma Técnica [Relatório]. - Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2019.
- Aranda Alfonso, Zabalza Ignacio e Scarpellini Sabina** Economic and Environmental Analysis of the Wine Bottle Production in Spain by means of Life Cycle Assessment [Artigo] // International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology. - Zaragoza : CIRCE Foundation - Centre of Research for Energy Resources and Consumption, 1 de february de 2005. - pp. 178-191.
- Benedetto Graziella** The environmental impact of a Sardinian wine by partial Life Cycle Assessment [Artigo] // Wine Economics and Policy. - Florence : Elsevier, 2013. - 33-41.
- BSI PAS 2050: 2015** [Patente]. - 2015.
- Costa Maria Cristina França** Pegadas Hídricas e de Carbono, Aspetos Económicos, Sociais e Culturais de um Vinho de Terroir [Relatório] : Dissertação de Mestrado / Engenharia Química ; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. - Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2017.
- Cros Christine, Fourdrin Edouard e Réthoré Olivier** The French initiative on environmental information of mass market products [Artigo] // Int J Life Cycle Assess. - 2010. - pp. 537-539.
- Finnveden Goran** Analytical Tools for Environmental Design and Management in a Systems Perspective. [Artigo] // Journal of Cleaner Production. - 2005. - Vol. 13. - pp. 867-868.
- Fundação Francisco Manuel dos Santos** Valor acrescentado bruto: total e por ramo de atividade [Online] // PORDATA. - 17 de março de 2020. - [https://www.pordata.pt/Portugal/Valor+acrescentado+bruto+total+e+por+ramo+de+actividad+e+\(base+2016\)-2293](https://www.pordata.pt/Portugal/Valor+acrescentado+bruto+total+e+por+ramo+de+actividad+e+(base+2016)-2293).
- Fundação Francisco Manuel dos Santos** Valor da produção vegetal: total e por tipo de bens [Online] // PORDATA. - 16 de março de 2020. - <https://www.pordata.pt/Portugal/Valor+da+produ%c3%a7%c3%a3o+vegetal+total+e+por+tipo+de+bens-3375>.

**Fusi Alessandra, Guidetti Riccardo e Benedetto Graziella** Delving into the environmental aspect of a Sardinian white wine: From a partial to total life cycle assessment [Artigo] // Science of the Total Environment. - 2014. - pp. 989-1000.

**Gazulla Cristina, Raugei Marco e Fullana-i-Palmer Pere** Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks? [Artigo] // Int J Life Cycle Assess. - 17 de march de 2010. - pp. 330-337.

**Gazulla Cristina, Raugei Marco e Fullana-i-Palmer Pere** Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks? [Artigo] // Int J Life Cycle Assess. - Barcelona : Springer, 2010. - Spinger. - 330-337 : Vol. 15.

**Hellweg Stefanie and Canals Llorenç Milà i** Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment [Article] // Science magazine. - 5 june 2014. - pp. 1109-1113.

**Instituto da Vinha e do Vinho** Estatística [Online] // Instituto da Vinha e do Vinho. - 2019. - <https://www.ivv.gov.pt/np4/36/>.

**Instituto dos Vinhos do Porto** Introdução aos Vinhos do Porto [Online] // Vinhos do Porto e do Douro. - 2019. - 12 de fevereiro de 2020. - <https://www.ivdp.pt/consumidor/swn8q-introducao>.

**International Organization for Standardization** Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework [Relatório]. - Geneva : International Organization for Standardization, 2006.

**Leitão Sofia Isabel Silva Martins Monteiro** Análise comparativa dos métodos de Avaliação do Impacto de Ciclo de Vida na sua aplicação a processos químicos [Relatório] : Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial / Instituto Superior Técnico. - Lisboa : [s.n.], 2016.

**Mariano Nuno Filipe Rodrigues** Impactos do uso da água no consumo de energia e nas emissões de CO2 [Relatório]. - Aveiro : Departamento de Engenharia Civil - Universidade de Aveiro, 2011.

**Martins António A. [et al.]** Towards sustainable wine: Comparasion of two Portuguese wines [Artigo] // Journal of Cleaner Production. - 6 de february de 2018. - pp. 662-676.

**Mattila Tuomas [et al.]** Methodological Aspects of Applying Life Cycle Assessment to Industrial Symbioses [Article] // Journal of Industrial Ecology. - 2012. - pp. 51-60.

**Mena Rúben Filipe Martinho** Controlo da Fermentação do Mosto e das Condições Ambientais de uma Sala de Lagares [Relatório] : Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de

Mestre em Engenharia Mecânica / Área Departamental de Engenharia Mecânica ; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. - Lisboa : [s.n.], 2015.

**Meneses M., Torres C. M. e Castells F.** Sensitivity analysis in a life cycle assessment of an aged red wine production from Catalonia, Spain [Artigo] // Science of the Total Environmental. - [s.l.] : Elsevier, 2016. - Vol. 562. - pp. 571-579.

**Neto Belmira, Dias Ana Cláudia e Machado Marina** Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution. [Artigo] // Int J Life Cycle Assess . - Porto : Springer, 2012. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg . - 590-602 : Vol. 18.

**Neto Belmira, Dias Ana Cláudia e Machado Marina** Life Cycle Assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution. [Artigo] // Springer. - 23 de october de 2012. - pp. 590-602.

**OIV** OIV Sustainable Vitiviculture Guidelines: Environmental Issues [Relatório]. - Verona : OIV, 2008.

**Owsianiak Mikołaj [et al.]** IMPACT 2002+, ReCiPe 2008 and ILCD's recommended practice for characterization modelling in life cycle impact assessment: a case study-based comparison [Artigo] // Int J Life Cycle Assess. - Berlin : Springer-Verlag, 2014. - Vol. 19. - pp. 1007-1021.

**Pacheco Aristides de Oliveira** Iniciação à Enologia [Livro]. - São Paulo : Senac, 2019. - 6.

**Pattara Claudio, Raggi Andrea e Cichelli Angelo** Life Cycle Assessment and Carbon Footprint in the Wine Supply-Chain [Artigo] // Springer Science. - 11 de abril de 2012. - pp. 1247-1258.

**Pereira Gaspar Martins** Porto: um vinho com história [Online] // Vinhos do Douro e do Porto. - 2019. - 10 de fevereiro de 2020. - <https://www.ivdp.pt/consumidor/historia>.

**Petti Luigia [et al.]** Life Cycle Assessment in the Wine Sector [Book Section] // Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector / book auth. Notarnicola Bruno [et al.]. - Geneve : Springer International, 2015.

**Petti Luigia [et al.]** Lyfe Cycle Approach in an organic wine-making firm: An italian case-study [Conferência] // 5th Australian Conference on Life Cycle Assessment. - Melbourne : 5th Australian Conference on Life Cycle Assessment, 2006.

**PNPOT** Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território [Relatório]. - Lisboa : Direção Geral do Território, 2014.

**PORDATA** Fundação Francisco Manuel dos Santos [Online] // Valor acrescentado bruto: total e por ramo de atividade.. - 2020a. - 16 de março de 2020. - [https://www.pordata.pt/Portugal/Valor+da+produ%  
c3%a7%c3%a3o+vegetal+total+e+por+tipo+  
de+bens-3375](https://www.pordata.pt/Portugal/Valor+da+produ%c3%a7%c3%a3o+vegetal+total+e+por+tipo+de+bens-3375).

**Reis Pedro [et al.]** Sistemas agroflorestais em Portugal continental. Parte I: economia e distribuição geográfica. [Artigo] // Revista de Ciências Agrárias. - 27 de março de 2014. - pp. 113-121.

**Scharlemann Jorn P. W. and Laurance William F.** How Green Are Biofuels? [Article] // Environmental Science. - 4 January 2008. - pp. 43-44.

**Silva Luis Manuel Lopes Rodrigues da** Caracterização dos Subprodutos da Vinificação [Artigo] // Spectrum. - 2002. - pp. 123-132.

**Sousa Fernando de** O Alto Douro. Da demarcação pombalina à classificação de património mundial [Secção do Livro] // Os Arquivos da Vinha e do Vinho no Douro. - Porto : CEPESE, 2003.

**Stoessel Franziska [et al.]** Life Cycle Inventory and Carbon and Water Footprint of Fruits and Vegetables: Application to a Swiss Retailer [Article] // Environmental Science & Technology. - 2012. - pp. 3253-3262.

**Swiss Centre for Life Cycle Inventories** The Ecoinvent database [Online] // Ecoinvent Centre. - 23 March 2020. - [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch).

**Taylor's** Práticas Sustentáveis [Online] // Taylor's. - 2020. - 3 de junho de 2020. - <https://www.taylor.pt/pt/sobre/praticas-sustentaveis/pegada-de-carbono>.

**Taylor's Port** Late Bottled Vintage [Online] // Taylor's. - 2020. - 20 de maio de 2020. - <https://www.taylor.pt/pt/vinho-do-porto/late-bottled-vintage>.

**The Fladgate Partnership** Sustentabilidade [Online] // The Fladgate Partnership. - The Fladgate Partnership, 2019. - 19 de maio de 2020. - [www.fladgatepartnership.com](http://www.fladgatepartnership.com).

**Tukker Arnold e Jansen Bart** Environmental Impacts of Products - A Detailed Review of Studies [Artigo] // Journal of Industrial Ecology. - 2006. - pp. 159-182.

**UNEP** Towards a Life Cycle Sustainability Assessment [Relatório]. - [s.l.] : UNEP Life Cycle Initiative, 2011.

**Vásquez-Rowe Ian [et al.]** Environmental analysis of Ribeiro wine from a timeline perspective: Harvest year matters when reporting environmental impacts [Artigo] // Journal of Environmental Management. - 13 de January de 2012. - pp. 73-83.

**Vásquez-Rowe Ian [et al.]** Life Cycle Assessment of the production of Pisco in Peru [Artigo] // Journal of Cleaner Production. - 2017. - pp. 4369-4383.

**Vicente Cristina Ribeiro** Influência da Microfiltração Tangencial na Qualidade do Vinho Filtrado [Relatório] : Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Biológica / Instituto Superior Técnico ; Universidade Técnica de Lisboa. - Lisboa : [s.n.], 2012.



## Apêndice A - Consumo de Diesel

Como mencionado no Capítulo 3 - Materiais e Métodos, após realizada a vindima as uvas são transportadas para a Adega. As vindimas são executadas por pequenas cooperativas ou agricultores da Região Demarcada do Douro nas suas vinhas e quintas e, após a sua concretização vendem os cachos à indústria transformadora para que seja produzido o vinho do Porto. A Tabela A-1 apresenta as localidades de onde provêm os cachos assim como a distância das mesmas até à Adega, sabendo o tipo de viatura que efetua o transporte assim como a sua capacidade de transporte, geralmente modelos de carrinha de caixa aberta, foi possível averiguar o seu consumo médio, cerca de 14 L por 100 km e levam cerca de 3800 kg de cacho de uva por viagem. Sabendo o peso da carga total recebida de cada local foi possível, proceder ao cálculo do número de viagens necessárias e assim chegar ao valor de Diesel consumido.

*Tabela A-10: Distância total percorrida para entrega de matéria prima.*

Local	Quantidade recebida (kg)	Distância percorrida (km)	Nº viagens	Total km percorridos
Adorigo	74600	36,70	20	1440,96
Beira Grande	73190	37,20	19	1432,98
Cambres	1940	53,50	1	54,63
Canelas	74570	55,10	20	2162,53
Castanheiro do Douro	352795	33,00	93	6127,49
Castedo	5600	43,80	1	129,09
Celeirós	122600	41,70	32	2690,75
Covas do Douro	3210	37,10	1	62,68
Custoias	24770	7,30	7	95,17
Ervedosa do Douro	330775	16,20	87	2820,29
Escalhão	103020	74,30	27	4028,62
Folgosa	16880	39,40	4	350,04
Freixo de Espada à Cinta	41670	86,60	11	1899,27

Gouvães	63260	36,50	17	1215,26
Longroiva	98670	35,90	26	1864,34
Meda	1290	29,20	1	58,40
Mos	24330	33,80	6	432,82
Nagozelo do Douro	51920	17,10	14	467,28
Numão	300	19,20	1	38,40
Peredo Castelhana	36490	50,90	10	977,55
Pinhão	76240	30,20	20	1211,81
Poiães	28870	55,60	8	844,83
Provesende	35560	40,30	9	754,25
Ribalonga	2500	59,60	1	78,42
S. Cristóvão	61340	32,50	16	1049,24
S. João da Pesqueira	291370	8,60	77	1318,83
Samodães	7680	58,00	2	234,44
Sanfins do Douro	14780	46,60	4	362,50
Soutelo	115610	16,40	30	997,90
Torre de Moncorvo	92480	51,60	24	2511,56
Vacalar	55560	43,30	15	1266,18
Vale de Figueira	209510	9,10	55	1003,44
Vale de Mendiz	46680	34,10	12	837,78
Valença do Douro	56090	28,70	15	847,25
Valongo dos Azeites	66960	6,40	18	225,55
Várzeas de Trevões	158440	15,40	42	1284,20
Vila Nova de Foz Côa	24390	33,20	6	426,18
Vilarinho de S.	3200	41,50	1	69,89

<b>Romão</b>					
<b>Vilarouco</b>	146720	2,00	39	154,44	
<b>Vilas Boas</b>	18360	56,00	5	541,14	

A segunda matéria prima rececionada na Adega é a aguardente vínica, esta é proveniente de quatro fornecedores todos de destinos distintos. A Tabela A-2 apresenta o seu local de origem, a distância percorrida até à Adega e a quantidade que é comprada em cada local, assim como o número de camiões necessários para o transporte deste produto, sabendo que a capacidade de cada camião cisterna corresponde a 29600 L. De seguida, tendo conhecimento de que este tipo de viatura consome cerca de 80 L de combustível por cada 100 km percorridos, foi possível calcular o consumo de combustível associado à quantidade total de aguardente necessária para produzir o volume total de vinho do Porto a um ano e, só depois, esse valor, por razão proporcional, foi calculado para a unidade funcional em estudo.

*Tabela A-11: Transporte de aguardente vínica.*

<b>Origem</b>	<b>Distância (km)</b>	<b>Quantidade e (L)</b>	<b>Nº de camiões</b>	<b>Nº de viagens</b>	<b>km total</b>	<b>Diesel (L)</b>
<b>Ciudad Real (Espanha)</b>	580	28000	1	2	1097	878
<b>Riachos (Portugal)</b>	288	144000	5	10	2802	2242
<b>Ambés (França)</b>	944	88000	3	6	5613	4490
<b>Alcazar San Juan (Espanha)</b>	597	111000	4	8	4478	3582

## Apêndice B - Consumo de Energia Elétrica, Gás Natural e Água

Em primeira instância importa referir que todos os processos analisados ao longo do trabalho, decorrem em áreas que possuem contadores destes fluxos de entrada pelo que os dados obtidos foram apenas de leitura dos mesmos.

Começando pela fase de vinificação, que apenas decorre entre setembro e outubro, foram apenas contabilizados os consumos referentes a este período nesta fase para o estudo. Assim, sabendo que, no ano passado, a adega consumiu cerca de 1974 m<sup>3</sup> de água em setembro e 1588 m<sup>3</sup> em outubro, foi calculado o consumo de água médio diário neste local para cada mês. Sabendo que a água consumida neste período correspondia a consumo para lavagem dos equipamentos e para uso doméstico (higiene pessoal dos funcionários), formulou-se a Equação B-1.

$$\text{Consumo para lavagem} = \text{Consumo diário} \times N^{\circ} \text{ de dias} - \text{Consumo doméstico} \quad \text{Equação B-1}$$

Para se averiguar qual o consumo doméstico, consultou-se o trabalho de (Amado, et al., 2013) no qual se verifica que cerca de 32% do consumo de água de uso doméstico corresponde a banhos ou seja cerca de 52 L por pessoa por dia. Sabendo que o número total de funcionários corresponde a 27 e que o número de dias de produção para cada mês foi aproximadamente 20, calculou-se o consumo doméstico pela Equação B-2.

$$\text{Consumo doméstico} = 52 \text{ L/pessoa/dia} \times 27 \text{ pessoas} \times 20 \text{ dias} \quad \text{Equação B-2}$$

Deste modo obteve-se o valor total de água de lavagem, ou seja, a que é usada para todo o vinho produzido que corresponde a cerca de 2 772 921 L, de seguida averiguou-se o valor correspondente ao vinho em estudo, LBV, pela correlação descrita na Equação B-3 e finalmente foi convertido para a unidade funcional.

$$\frac{2\,284\,000 \text{ L de água}}{2\,772\,921 \text{ L de vinho}} = \frac{x \text{ L de água}}{1\,000\,000 \text{ L de vinho}} \quad \text{Equação B-3}$$

Seguiu-se a determinação do consumo de energia elétrica para a vinificação do LBV. Em primeiro lugar recolheu-se os dados referentes ao consumo durante o ano de 2019 na Adega da Nogueira. Sabendo que o processo de vinificação após a altura da vindima, Setembro/Outubro, apenas se recolheu a informação, disponível na Tabela B-1. De seguida, consultou-se os períodos de horário a que correspondiam as designações de energia, atendendo que o processo decorre no horário de Verão. Os períodos estão disponíveis na Tabela B-2.

Tabela B-12: Consumo de energia por horário.

	Setembro (kWh)	Outubro (kWh)
<b>Ponta</b>	6352	5541
<b>Cheio</b>	34625	24603
<b>Vazio Normal</b>	21492	14018
<b>Super Vazio</b>	11410	7901

A Tabela B-2 apresenta os períodos horários pelos quais se estipulou o consumo total.

Tabela B-13: Horário de energia.

	Horário de Verão		Período	
<b>Ponta (h)</b>	10:30	13:00	02:30	4:00
	19:30	21:00	01:30	
	08:00	10:30	02:30	
<b>Cheias (h)</b>	13:00	19:30	06:30	10:00
	21:00	22:00	01:00	
	00:00	02:00	02:00	
<b>Vazio normal (h)</b>	06:00	08:00	02:00	6:00
	22:00	00:00	02:00	
	02:00	06:00	04:00	
<b>Super vazio (h)</b>	02:00	06:00	04:00	4:00

Atendendo ao facto da vinificação decorrer entre 14 de setembro e 14 de outubro (aproximadamente), considerou-se que o consumo de energia pelo processo corresponde a metade do consumo mensal pelo que se dividiu os períodos de energia, efetuando os cálculos pela metade. Seguiu-se o cálculo da média para cada período, como apresenta a Tabela B-3 e, finalmente, determinou-se o consumo total de energia elétrica na Adega da Nogueira, durante o período de transformação, Equação B-4.

Tabela B-14: Média do consumo de energia por horário.

	Setembro (kWh)		Outubro (kWh)		Média
<b>Ponta</b>	6352	3176,0	5541	2770,5	2973,25
<b>Cheia</b>	34625	17312,5	24603	12301,5	14807,00
<b>Vazio normal</b>	21492	10746,0	14018	7009,0	8877,50

**Super vazio**            11410            5705,0            7901            3950,5            4827,75

$$\text{Consumo Total E.E.} = CP \times PP + CC \times PC + CVN \times PVN + CSV \times PSV \quad \text{Equação B-4}$$

Sabendo que o consumo total de Energia Elétrica na Adega da Nogueira foi de 232 539 kWh para produzir 2 772 922 L de vinho do Porto e sabendo que a quantidade de LBV consumida é igual a 1 000 000 L, calculou-se qual seria a necessidade de E.E. para a unidade funcional.

No processo de envelhecimento, como descrito no Subcapítulo 2.3. - Produção de Vinho do Porto LBV, o vinho é submetido a tratamentos térmicos os quais consomem água, energia elétrica e gás natural. Para se poder averiguar o valor de cada fluxo efetuou-se a leitura dos consumos mensais, depois calculou-se o valor do consumo anual pelo somatório - 4respetivo, expostos na Tabela B-4, e sabendo qual o volume total de vinho que passa nesta etapa, 15 445 569 L, e o volume total de LBV, pela correlação descrita na Equação B-5 determinou-se os valores de consumo correspondentes ao vinho em estudo.

$$\frac{\text{Consumo total do fluxo}}{15\,445\,569\text{ L de vinho}} = \frac{x \text{ consumo do fluxo}}{1\,000\,000\text{ L de vinho}} \quad \text{Equação B-5}$$

*Tabela B-15: Consumo de água, eletricidade e gás no local de envelhecimento.*

Mês	Consumo Água (m <sup>3</sup> )	Consumo E.E. (kWh)	Consumo Gás Natural (kWh)
Janeiro	562	11638	5696,26
Fevereiro	629	12279	6112,48
Março	590	10369	5387,07
Abril	473	10046	5446,53
Maió	615	13675	5315,72
Junho	500	10127	4197,87
Julho	664	21062	6564,37
Agosto	455	11793	5018,42
Setembro	773	24706	6029,23
Outubro	729	21041	6718,97
Novembro	500	9062	5624,91
Dezembro	399	8001	5042,20
<b>TOTAL</b>	<b>6889</b>	<b>163799</b>	<b>67154</b>

Durante o processo de engarrafamento ocorre o maior consumo de energia elétrica, este facto decorre de todo o sistema ser automático. Note-se ainda que o consumo de água é elevado uma vez que se procede à desinfeção de maquinaria diariamente e as máquinas requerem de vapor para funcionamento. O consumo de gás natural está associado à utilização de empilhadores para transporte de cargas. A quantidade total de vinho engarrafado corresponde à que é submetida a tratamentos térmicos. O processo de cálculo para averiguar os valores de consumo correspondentes à unidade funcional é igual ao processo utilizado no estado de envelhecimento.

*Tabela B-16: Consumo de eletricidade, água e gás no local de engarrafamento.*

Unidade	Energia Elétrica	Água		GÁS NATURAL	
	kWh	m <sup>3</sup>	L	m <sup>3</sup>	kWh
Janeiro	22940	770	770000	1084	12890,91
Fevereiro	24660	958	958000	1247	14829,30
Março	20849	818	818000	1112	13223,88
Abril	20468	970	970000	1016	12082,25
Maiο	18697	690	690000	1109	13188,21
Junho	15603	771	771000	937	11142,79
Julho	19785	917	917000	1123	13354,69
Agosto	12332	472	472000	602	7158,97
Setembro	23830	856	856000	1108	13176,31
Outubro	21465	925	925000	1192	14175,24
Novembro	20103	1138	1138000	1349	16042,28
Dezembro	17695	708	708000	1129	13426,05
<b>TOTAL</b>	<b>238427</b>	<b>9993</b>	<b>9993000</b>	<b>13008</b>	<b>154691</b>

## Apêndice C - Resultados das Categorias de Impacte em valor absoluto

Para as quatro fases de produção do LBV estudadas os resultados obtidos foram apresentados em forma de percentagem permitindo assim uma leitura mais acessível e comparação mais visual. No entanto, considera-se relevante a apresentação dos números absolutos.

A Tabela C-1 apresenta os dados de entrada no processo de vinificação, agregados por tipo de função, e a sua contribuição para cada categoria de impacte. Como expectável os valores de impacte associado à aguardente sobrepõem-se às restantes entradas. Como referido no Capítulo 3, por não existir informação sobre estudos de impacte ambiental da aguardente vínica determinou-se que se deveria estudar a sua produção para se conseguir contabilizar o seu resultado na ACV do produto em estudo. Assim, a Tabela C-2 apresenta os resultados de cada entrada no sistema Aguardente Vínica por categorias de impacte ambiental.

*Tabela C-17: Impactes ambientais da vinificação.*

Categoria	Uvas	Aguardente	Produtos Enológicos	Limpeza e Desinfeção	Energia
Alterações Climáticas (kg CO <sub>2</sub> eq.)	$6,45 \times 10^{-2}$	1,81	$5,14 \times 10^{-5}$	$2,13 \times 10^{-2}$	$3,66 \times 10^{-2}$
Depleção de Ozono (kg CFC-11 eq.)	$6,85 \times 10^{-8}$	$4,72 \times 10^{-7}$	$3,58 \times 10^{-12}$	$1,13 \times 10^{-9}$	$2,02 \times 10^{-9}$
Toxicidade Humana (efeitos não cancerígenos) (kg 1,4 DB eq)	$6,83 \times 10^{-2}$	1,15	$5,61 \times 10^{-4}$	$7,13 \times 10^{-2}$	$6,48 \times 10^{-2}$
Formação de Ozono Fotoquímico (kg NMVOC)	$5,83 \times 10^{-4}$	$4,70 \times 10^{-3}$	$2,41 \times 10^{-7}$	$6,27 \times 10^{-5}$	$1,09 \times 10^{-4}$
Acidificação (kg NH <sub>3</sub> eq)	$3,40 \times 10^{-4}$	$2,82 \times 10^{-3}$	$3,25 \times 10^{-7}$	$3,25 \times 10^{-5}$	$1,02 \times 10^{-4}$

<b>Escassez de Recursos Hídricos (m<sup>3</sup> água)</b>	$8,36 \times 10^{-2}$	3,07	$4,06 \times 10^{-5}$	$1,03 \times 10^{-2}$	$1,76 \times 10^{-1}$
<b>Escassez de Recursos Fósseis e Minerais (kg Sb eq)</b>	$1,34 \times 10^{-5}$	$9,00 \times 10^{-5}$	$2,88 \times 10^{-8}$	$2,16 \times 10^{-6}$	$1,75 \times 10^{-7}$

Ao analisar ambas as tabelas conclui-se que as categorias de impacto mais afetadas são a Escassez de Recursos Hídricos e as Alterações Climáticas. A primeira está diretamente relacionada com a necessidade de água quer durante o processo de vinificação, quer para a lavagem de todo o equipamento utilizado no mesmo como a necessidade de água para a produção de aguardente vínica, usada maioritariamente na destilação do vinho branco para obtenção da segunda maior matéria prima do LBV. As Alterações Climáticas estão diretamente associadas às emissões de carbono para a atmosfera, decorridas de todas as atividades, desde o transporte das uvas até à adega passando pela libertação de CO<sub>2</sub> aquando da fermentação, incluindo a libertação do mesmo pelo consumo de energia das máquinas. Como indicado, a Tabela C-2 refere-se exclusivamente ao impacto dos produtos necessários para a produção de aguardente vínica.

*Tabela C-18: Impactes ambientais da aguardente vínica.*

<b>Categoria</b>	<b>Uvas</b>	<b>Bagaço</b>	<b>Componentes para Vinho</b>	<b>Energia</b>
<b>Alterações Climáticas (kg CO<sub>2</sub> eq)</b>	1,05	0,00	$1,85 \times 10^{-3}$	$7,63 \times 10^{-1}$
<b>Depleção de Ozono (kg CFC-11 eq)</b>	$4,34 \times 10^{-7}$	0,00	$2,97 \times 10^{-10}$	$3,68 \times 10^{-8}$
<b>Toxicidade Humana (efeitos não cancerígenos)</b>	$2,77 \times 10^{-8}$	0,00	$7,11 \times 10^{-10}$	$4,51 \times 10^{-8}$
<b>Formação de Ozono Fotoquímico</b>	$3,70 \times 10^{-3}$	0,00	$7,36 \times 10^{-6}$	$9,89 \times 10^{-4}$
<b>Acidificação</b>	$6,52 \times 10^{-3}$	0,00	$3,28 \times 10^{-3}$	$1,97 \times 10^{-3}$
<b>Escassez de Recursos Hídricos</b>	$5,30 \times 10^{-1}$	0,00	$4,28 \times 10^{-3}$	2,49
<b>Escassez de Recursos Fósseis e Minerais</b>	$8,47 \times 10^{-5}$	0,00	$2,07 \times 10^{-7}$	$5,15 \times 10^{-6}$

A Tabela C-3 apresenta os valores absolutos dos fluxos de entrada associados às categorias de impacto, durante o envelhecimento. Os produtos de limpeza e desinfeção utilizados nas cubas são mais expressivos, devido ao facto de se contabilizar o seu ciclo de vida no estudo, uma vez que os produtos foram selecionados a partir da base de dados, já contemplando a sua ACV. É de notar a categoria Toxicidade Humana que, relativamente aos

outros processos, apresenta valores muito superiores, isto deve-se, mais uma vez, aos produtos utilizados na limpeza e desinfeção, cuja toxicidade e perigosidade é relativamente elevada. O desempenho energético e o elevado nível de contribuições está associado ao tratamento térmico necessário de executar anterior ao engarrafamento.

*Tabela C-19: Impactes ambientais do envelhecimento.*

<b>Categoria</b>	<b>Produtos de Limpeza</b>	<b>Produtos de Desinfeção</b>	<b>Energia</b>
<b>Alterações Climáticas (kg CO<sub>2</sub> eq)</b>	$3,42 \times 10^{-9}$	$4,40 \times 10^{-10}$	$5,72 \times 10^{-10}$
<b>Depleção de Ozono (kg CFC-11 eq)</b>	$2,62 \times 10^{-9}$	$1,01 \times 10^{-10}$	$3,86 \times 10^{-10}$
<b>Toxicidade Humana (efeitos não cancerígenos) (kg 1,4 DB eq)</b>	$1,04 \times 10^1$	$1,10 \times 10^0$	$4,91 \times 10^{-1}$
<b>Formação de Ozono Fotoquímico (kg NMVOC eq)</b>	$5,35 \times 10^{-5}$	$6,33 \times 10^{-6}$	$4,13 \times 10^{-5}$
<b>Acidificação (kg NH<sub>3</sub> eq)</b>	$7,67 \times 10^{-6}$	$1,08 \times 10^{-6}$	$5,39 \times 10^{-6}$
<b>Escassez de Recursos Hídricos (m<sup>3</sup>)</b>	$1,17 \times 10^{-2}$	$1,49 \times 10^{-3}$	$2,24 \times 10^{-2}$
<b>Escassez de Recursos Fósseis e Minerais (kg óleo eq)</b>	$7,56 \times 10^{-3}$	$1,14 \times 10^{-3}$	$5,62 \times 10^{-3}$

A Tabela C-4 apresenta, em valores absolutos, o desempenho ambiental de cada fluxo de entrada na etapa de engarrafamento para cada categoria de impacte eleita.

*Tabela C-20: Impactes ambientais do engarrafamento.*

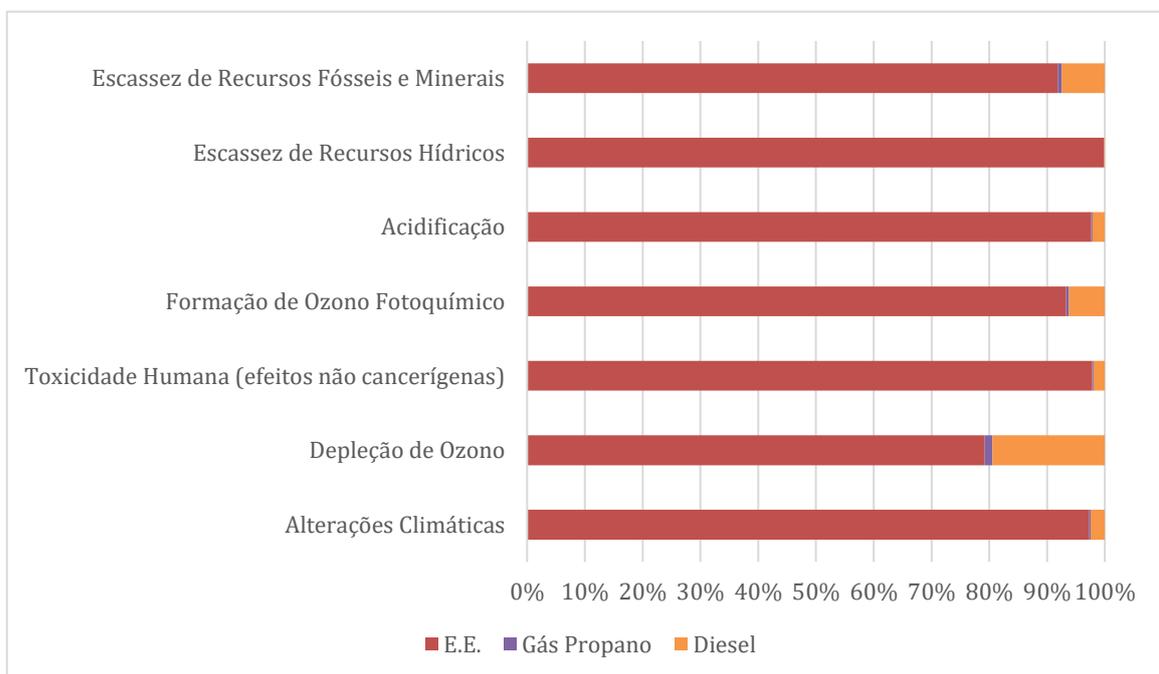
<b>Categoria</b>	<b>Garrafa</b>	<b>Rolha</b>	<b>Roupagem</b>	<b>Energia</b>
<b>Alterações Climáticas (kg CO<sub>2</sub> eq)</b>	$5,57 \times 10^{-1}$	$8,09 \times 10^{-3}$	$1,43 \times 10^{-2}$	$8,18 \times 10^{-3}$
<b>Depleção de Ozono (kg CFC-11 eq)</b>	$4,58 \times 10^{-8}$	$7,37 \times 10^{-10}$	$1,24 \times 10^{-9}$	$3,02 \times 10^{-10}$
<b>Toxicidade Humana (efeitos não cancerígenos) (kg 1,4 DB eq)</b>	2,17	$2,44 \times 10^{-1}$	$1,59 \times 10^{-1}$	$1,24 \times 10^{-2}$

---

<b>Formação de Ozono Fotoquímico (kg NMVOC)</b>	$2,59 \times 10^{-3}$	$1,03 \times 10^{-4}$	$6,88 \times 10^{-5}$	$1,94 \times 10^{-5}$
<b>Acidificação (kg NH<sub>3</sub> eq)</b>	$1,81 \times 10^{-3}$	$3,53 \times 10^{-5}$	$1,73 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-5}$
<b>Escassez de Recursos Hídricos (m<sup>3</sup>)</b>	$4,48 \times 10^{-1}$	$1,76 \times 10^{-2}$	$3,91 \times 10^{-2}$	$3,27 \times 10^{-2}$
<b>Escassez de Recursos Fósseis e Minerais (kg óleo eq)</b>	$3,25 \times 10^{-5}$	$3,71 \times 10^{-7}$	$2,30 \times 10^{-6}$	$4,14 \times 10^{-8}$

## Apêndice D - Impactes ambientais associados ao consumo de Energia

A produção do vinho do Porto LBV conta com cinquenta anos de história. Alterar o seu processo de vinificação ou os seus componentes não será uma solução a considerar pelo que é preciso encontrar pequenas alternativas que possibilitem a melhoria do desempenho ambiental deste produto. A Figura D-1 apresenta a contribuição de cada fonte de energia para o impacte ambiental do LBV, na vinificação.

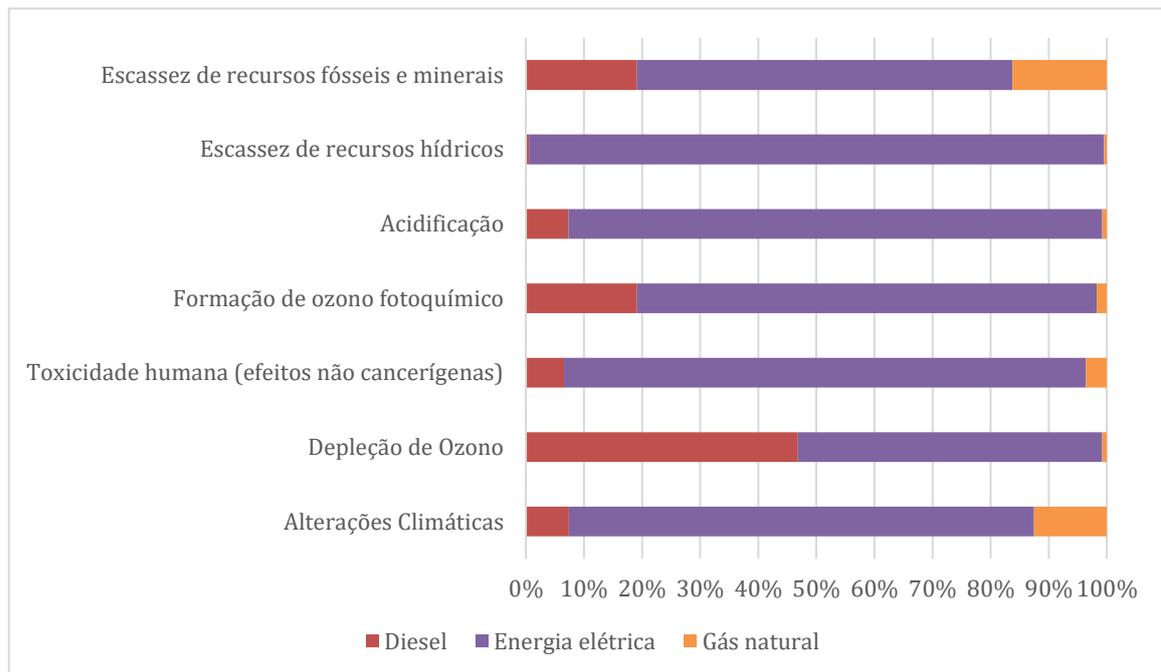


*Figura D-19: Contribuição dos diferentes tipos de energia para o impacte ambiental na vinificação.*

A utilização energia elétrica é o que mais contribui com emissões pelo que são apresentadas diversas alternativas por forma a reduzir o seu consumo e sugestão de investimentos em mais fontes de energia renovável. O gás propano é apenas utilizado para aquecimento de águas balneares pelo que não tem praticamente expressividade. O consumo de diesel em relação à energia elétrica apresenta um impacte muito reduzido e poucas alterações podem ser recomendadas nesse campo.

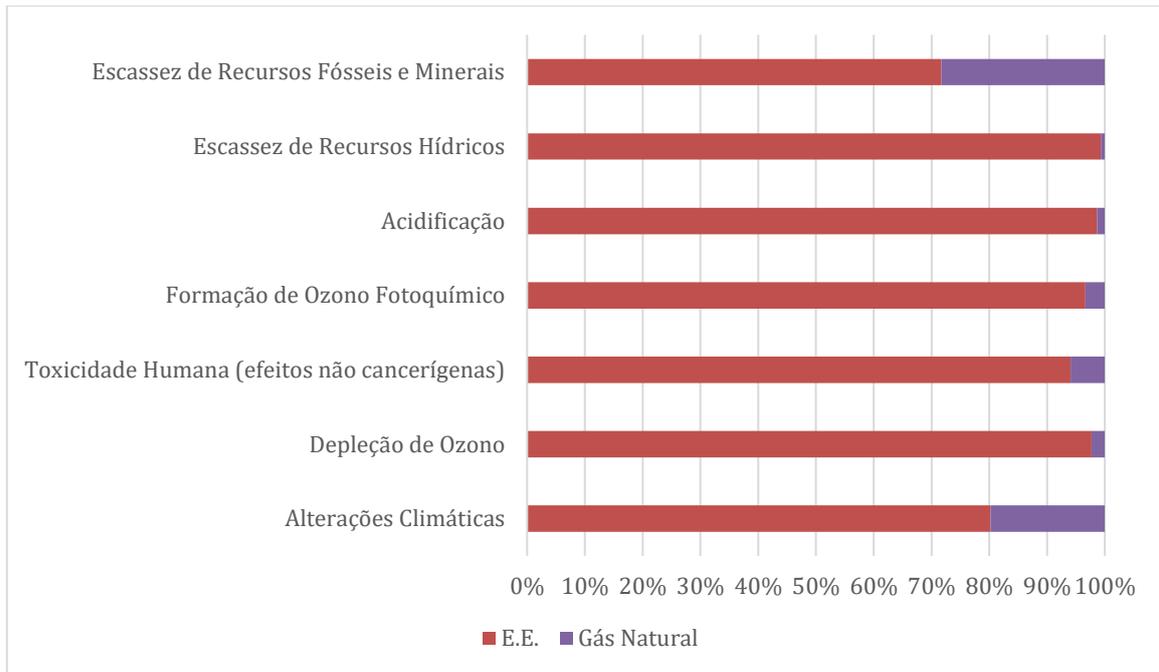
A Figura D-2 apresenta os impactes ambientais dos tipos de energia usados no envelhecimento. Como expectável, a energia elétrica apresenta uma maior contribuição devido ao seu consumo aquando do tratamento térmico a que o vinho é submetido. O consumo de diesel decorre apenas do transporte do vinho desde a Adega da Nogueira até Vila

Nova de Gaia. O consumo de gás natural está também ligado aos tratamentos térmicos mas não é tão expressivo. Mais uma vez deve-se repensar a utilização de energia elétrica, otimizar-la e sugerir alternativas de fontes energéticas mais limpas.



*Figura D-20: Contribuição dos diferentes tipos de energia para o impacto ambiental, no envelhecimento.*

A Figura D-3 apresenta o impacto ambiental da energia na fase de engarrafamento do produto. Neste caso, o gás natural é utilizado para aquecer a água da linha e transformar parte em vapor que sai para a linha de engarrafamento. Para melhorar o desempenho energético pode-se procurar a otimização das linhas de engarrafamento e trabalhar em horários desfasados para distribuir o consumo de energia mas é necessário apostar ainda mais em energias alternativas.



*Figura D-21: Contribuição dos diferentes tipos de energia para o impacto ambiental, no engarrafamento.*

## Anexo A - Inventário associado aos materiais auxiliares

### A.1 Rolha de Cortiça Natural

Pelo trabalho realizado por (Amorim, 2019) que teve por fim uma Avaliação Comparativa entre uma Rolha de Cortiça Natural e uma Rolha de Cortiça Técnica, recorrendo à metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida; foi possível considerar todos os fluxos para a obtenção de mil rolhas de cortiça natural, a unidade funcional proposta pelo autor do trabalho. Como indicado no Subcapítulo 3.2.2. - Análise do Inventário, a literatura indica que devido à sua semelhança pode-se considerar uma rolha *bar top* como rolha de cortiça natural. Assim, considerou-se todas as entradas e saídas para a unidade funcional de uma rolha de cortiça natural, após conversão dos valores disponibilizados no trabalho de (Amorim, 2019), como parte integrante da análise de ciclo de vida de uma garrafa de 0.75 L de vinho do Porto LBV. A Tabela A.1 contempla todos os fluxos considerados, para a unidade funcional deste estudo.

Tabela A.21: Inventário da rolha de cortiça.

INPUTS	Quantidade	Unidade
Cortiça trabalhada rolhável	$2,30 \times 10^{-2}$	Kg
Água do poço	$2,00 \times 10^{-5}$	m <sup>3</sup>
<b>Base de Dados</b>		
Óleo lubrificante	$3,08 \times 10^{-5}$	Kg
Peróxido de hidrogénio	$8,42 \times 10^{-4}$	Kg
Emulsão de capolímero vinil- acrílico	$1,47 \times 10^{-5}$	Kg
Hidróxido de sódio	$1,14 \times 10^{-4}$	Kg
Silicatos de sódio	$8,99 \times 10^{-5}$	Kg
Hidrogenocarbonato de amónio	$9,37 \times 10^{-5}$	Kg
Ácido sulfâmico	$4,53 \times 10^{-5}$	Kg
Sulfossucinato de Éter	$1,90 \times 10^{-5}$	Kg

<b>monolaurildissódico</b>		
Enzima catalisadora de H <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$1,10 \times 10^{-5}$	Kg
Revestimento de base aquosa	$1,58 \times 10^{-4}$	Kg
Álcool etílico	$4,95 \times 10^{-5}$	Kg
Gás natural	$7,20 \times 10^{-3}$	kWh
Energia elétrica	$4,30 \times 10^{-3}$	kWh
<b>OUTPUTS</b>		
1000 rolhas de cortiça natural (UF)	$3,60 \times 10^{-3}$	Kg
Apara	$1,61 \times 10^{-2}$	Kg
Apara especial	$7,00 \times 10^{-4}$	Kg
Água	$1,60 \times 10^{-3}$	Kg
Pó de cortiça	$4,00 \times 10^{-4}$	Kg
Rolhas com defeitos	$6,00 \times 10^{-4}$	Kg
<b>Tratamentos aplicados</b>		
Tratamento químico do efluente da Lavação	$2,00 \times 10^{-5}$	m <sup>3</sup>
Deposição em aterro das lamas geradas na ETAR	$4,63 \times 10^{-5}$	kg
<b>Emissões para a água</b>		
CBO5 (450 mg/L)	9,00	mg
CQO (650 mg/L)	13,00	mg
Fenóis (0,1 mg/L)	$2,00 \times 10^{-3}$	mg
SST (25 mg/L)	$5,00 \times 10^{-1}$	mg

## A.2 Garrafa de Vidro

A unidade funcional escolhida tem por base a capacidade da garrafa, 0.75 cl, e sendo este vinho do Porto LBV pertencente a uma gama média dentro da classificação deste tipo de vinho e sendo este pouco comum, o tipo de vidro constituinte da garrafa é também pouco usual, classificado de “Euro green”. Recorrendo ao trabalho de (Aranda, et al., 2005) sobre o impacto ambiental e económico da produção de garrafas para vinho em Espanha, pela

Avaliação de Ciclo de Vida, adaptou-se o estudo às características da garrafa utilizada neste estudo. A Tabela A.2 apresenta o inventário presente no artigo publicado por (Aranda, et al., 2005) e a Tabela A.3 apresenta os resultados obtidos após adaptação ao estudo conduzido neste documento.

*Tabela A.22: Inventário de garrafa de vidro.*

INPUT	Quantidade	Unidade	Especificações
Vidro verde	0,43	kg	Vinho tinto
Vidro branco	0,12	kg	Vinho branco ou rosé
Paleta madeira	0,015	kg	Madeira de pinho
Água	0,6	kg	Potável
Eletricidade	0,011	kWh	

*Tabela A.23: Inventário de garrafa LBV.*

INPUT	Quantidade	Unidade
Vidro - Euro green	$5,57 \times 10^{-1}$	kg
Paleta madeira	$1,94 \times 10^{-2}$	kg
Água	$7,77 \times 10^{-1}$	kg
Eletricidade	$1,42 \times 10^{-2}$	kWh

## Anexo B - Fichas Técnicas de Produtos Químicos

Para averiguar qual o impacte ambiental associado aos produtos químicos utilizados ao longo do processo recorreu-se à informação da base de dados Ecoinvent disponível no software SimaPro 8.0.2. No entanto, os produtos em estudo não constam da mesma pela sua designação. Assim houve a necessidade de verificar a sua composição e calcular a percentagem de cada constituinte. Em alguns casos foi preciso analisar substâncias semelhantes e que pudessem substituir as utilizadas por não estarem disponíveis na base de dados. A Tabela B.1 apresenta os componentes de cada produto desinfetante ou de lavagem assim como a massa considerada.

*Tabela B.24: Produtos de limpeza e desinfeção.*

Produto	Componentes	Representatividade	Quantidade	Unidade
Quatro Plus	Hidróxido de Sódio	40,0%	$2,6 \times 10^{-3}$	L
	Alquile álcool etoxilado	0,5%	$3,35 \times 10^{-5}$	L
Soda Cáustica	Hidróxido de sódio	100%	$6,18 \times 10^{-3}$	L
Perativo	Ácido peracético	3,50%	$6,09 \times 10^{-4}$	L
	Peróxido de hidrogénio	26,0%	$8,20 \times 10^{-5}$	L
Super Foam	Super Foam	-	$6,18 \times 10^{-3}$	L

No processo de vinificação são usados produtos químicos para complementar a fermentação, como explicado no Capítulo 2 - Estado de Arte, DAP (fosfato diamónio) e ácido tartárico. Uma vez que a base de dados utilizada não dispõe dos mesmos estes foram substituídos pelos componentes apresentados na Tabela B.2.

*Tabela B.25: Produtos enológicos.*

Produto Original	Produto para Substituição
DAP	Diammonium phosphate production (phosphate fertiliser)
Ácido Tartárico	Não foi considerado

O método de obtenção de ácido tartárico natural para utilização enológica passa pela recolha das borras para obtenção dos tártaros e posterior destilação dos mesmos, aí obtém-se o produto desejado que será incorporado no processo antes de se iniciar a fermentação. Na base de dados não está disponível nenhum ácido cuja forma de produção se assemelhe ao ácido tartárico pelo que não se pode utilizar outro uma vez que o impacte ambiental associado ao mesmo seria diferente do que está associado ao produto pretendido, o que se traduziria num erro significativo.

A Tabela B.3 apresenta a adaptação dos componentes de produtos de limpeza e desinfetantes utilizados nos diferentes processos aos dados disponíveis no Ecoinvent 3.0.

*Tabela B.26: Substituição de produtos.*

<b>Produto Original</b>	<b>Produto para Substituição</b>
<b>Ácido Paracético/ Perativo</b>	<b>Peróxido de Hidrogénio e Ácido Acético</b>
<b>Booster</b>	<b>Perborato de Sódio</b>
<b>Quatro Plus</b>	<b>Hidróxido de Sódio e Álcool Etoxilado</b>
<b>Soda Cáustica</b>	<b>Hidróxido de Sódio</b>
<b>Super Foam</b>	<b>Soap</b>

Procedeu-se ainda a alterações de alguns produtos químicos utilizados no processo de produção da rolha, uma vez que os contemplados no inventário da mesma, não estavam disponíveis na base de dados usada para o estudo. Assim houve necessidade de adaptar os componentes originais aos semelhantes disponibilizados no Ecoinvent 3.0. A Tabela B.4 apresenta todas as alterações concretizadas neste âmbito.

*Tabela B.27: Substituição de produtos da rolha de cortiça.*

<b>Produto Original</b>	<b>Produto para Substituição</b>
<b>Ácido Sulfâmico</b>	<b>Composto de Ureia Sulfónico</b>
<b>Lauril Éter Sulfossuccinato Dissódico</b>	<b>Silicato de Sódio em camadas</b>
<b>Enzima catalisadora de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>Dióxido de Manganês<sup>4</sup></b>

<sup>4</sup> O dióxido de manganês é utilizado como catalisador na decomposição de água oxigenada, acelerando o processo  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$ .

## Anexo C - Conversão de Unidades

O software utilizado para determinação do impacto ambiental do LBV tem diversas metodologias de cálculo para se averiguar o valor associado a cada categoria. Assim, é necessário converter os resultados obtidos nos diferentes estudos para a mesma unidade, garantindo a coerência na comparação. O trabalho de (Owsianiak, et al., 2014) tem disponível os fatores de conversão de unidades para três metodologias e recorreu-se a este artigo para determinar estes fatores e conseguir colocar os valores obtidos na unidade de referência, todos apresentados na Tabela C.1.

Tabela C.28: Tabela de conversão de unidades.

Metodologia e Categoria de Impacte			Fator de Conversão			Unidade de Referência
ILCD 2009	ReCiPe 2008	IMPACT 2002+	ILCD 2009	ReCiPe 2008	IMPACT 2002+	
Alterações Climáticas [kg CO <sub>2</sub> eq]		Aquecimento Global [kg CO <sub>2</sub> eq emitido]	1	1	1	kg CO <sub>2</sub> eq
Depleção de Ozono [kg CFC-11 eq]		Depleção da camada de Ozono [kg CFC - 11 eq emitido]	1	1	1	kg CFC-11 eq
Formação de Ozono Fotoquímico [kg NMVOC eq]		Oxidação fotoquímica [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq]	1	1	1,66	kg NMVOC eq
Acidificação [AE]	Acidificação terrestre [kg SO <sub>2</sub> eq]	Acidificação terrestre [kg SO <sub>2</sub> eq emitido]	$3,31 \times 10^{-1}$	$4,08 \times 10^{-1}$	$6,69 \times 10^2$	kg NH <sub>3</sub> eq
Toxicidade Humana (efeitos não cancerígenas) [CTUh]	Toxicidade Humana [kg 1,4-DB eq]	Não Cancerígenos [kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq emitido]	$1,56 \times 10^7$	1	$1,74 \times 10^2$	kg 1,4-DB eq

