

Catarina Raquel Basto Correia Silva

## **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de ingredientes aquícolas**

Dissertação de Candidatura ao grau de Mestre em Ciências do Mar – Recursos Marinhos, especialização em Aquacultura e Pescas, submetida ao Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto.

Orientador(a): Belmira Neto

Categoria: Professor Auxiliar

Afiliação: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP

Co-orientador(a): Luísa Valente

Categoria: Professor Associado

Afiliação: Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar – ICBAS, Universidade do Porto

Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental – CIIMAR

Apoio do Programa IJUP- Empresas

Sorgal S.A. – Estrada 109 Lugar da Pardala

3880-728 S. João Ovar – Portugal

Responsável: Elisabete Matos

## **Agradecimentos:**

Ao projeto IJUP- Empresas, em particular à Sorgal S.A. e a toda a equipa que tive o prazer de conhecer,

Em especial, um grande obrigada à Doutora Elizabeth Matos e ao Doutor Tiago Aires, por me terem recebido de braços abertos, e mostrado o que é trabalhar em equipa, numa empresa cheia de êxitos. Foi para mim um orgulho e um prazer poder conviver e aprender convosco,

À professora Belmira Neto, pelo caminho que percorremos juntas. Por ter aceite desde o início, o desafio proposto por uma desconhecida, e que não percebia nada disto. Obrigada pela excelente orientação incansável, sempre com a preocupação de nunca me deixar perdida no meio deste desafio tão exigente e tão novo para mim. Sem a professora, este trabalho não teria sido passível e acima de tudo não teria sido tão satisfatório e educativo. Foi um dos melhores processos de aprendizagem do meu percurso académico,

Um obrigado especial, à Professora Luísa Valente. Que abraçou o projeto desde o início, dando me sempre todo o apoio, força, energia, dedicação e alegria que lhe são tão próprias,

Às minhas “colegas” de curso (que de colegas têm muito pouco, porque são verdadeiras amigas), Francisca, Rita e Sónia, pelo apoio incondicional, já lá vão 5 anos, na praia da Aguda,

Acrescento ainda a nossa “traidora” Joana Rita, que nos abandonou no curso, mas nunca na amizade,

A toda a equipa Karaté Kid, em especial à Sofia, ao João e ao Bruno, por todos os momentos “karatekid” (vocês sabem - aqueles tão nossos); pelas tardes de “estudo” e acima de tudo, obrigada pelos sorrisos, equipa. Tornaram tudo mais fácil. São incansáveis.

Por fim, à minha família, em especial aos meus pais, irmã e avós, um enorme obrigada, por apoiaram de forma incondicional tudo o que eu faço. Obrigada por suportarem o meu feito tão difícil, por me mostrarem o “mundo”. Espero que o resultado desta etapa, dedicada a vós, vos possa deixar tão orgulhosos, como eu me orgulho de vocês,

Amigo

*Mal nos conhecemos  
Inaugurámos a palavra «amigo».*

*«Amigo» é um sorriso  
De boca em boca,  
Um olhar bem limpo,  
Uma casa, mesmo modesta, que se oferece,  
Um coração pronto a pulsar  
Na nossa mão!*

*«Amigo» (recordam-se, vocês aí,  
Escrupulosos detritos?)  
«Amigo» é o contrário de inimigo!*

*«Amigo» é o erro corrigido,  
Não o erro perseguido, explorado,  
É a verdade partilhada, praticada.*

*«Amigo» é a solidão derrotada!*

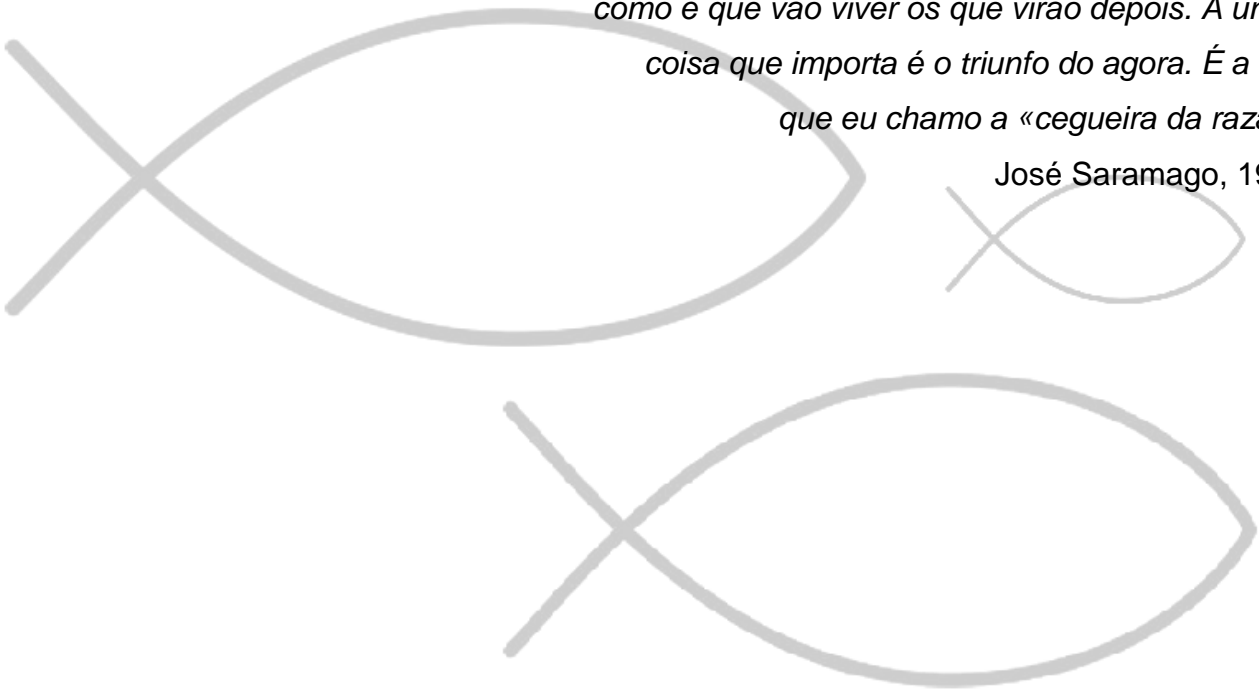
*«Amigo» é uma grande tarefa,  
Um trabalho sem fim,  
Um espaço útil, um tempo fértil,  
«Amigo» vai ser, é já uma grande festa!*

Alexandre O'Neill

**Dedico este tempo, esta tese, aos meus pais e irmã,**

*"Estamos a destruir o planeta e o egoísmo de cada geração não se preocupa em perguntar como é que vão viver os que virão depois. A única coisa que importa é o triunfo do agora. É a isto que eu chamo a «cegueira da razão»*

José Saramago, 1998



## Resumo

A aquacultura recentemente surge como uma alternativa à obtenção de pescado através da captura marinha que segundo a FAO regista atualmente níveis pouco sustentáveis. No entanto, o crescimento da indústria aquícola levanta algumas preocupações ambientais face a sua dependência da exploração de recursos marinhos usados nas dietas aquícolas. Correntemente, a formulação da maioria dos alimentos compostos para peixes depende ainda de farinha e óleos de peixe. No entanto, alguns estudos recentes focam a possibilidade de substituição destes recursos animais marinhos, por fontes vegetais, promovendo a sustentabilidade da aquacultura e a preservação de recursos marinhos. Muitos estudos mostram a viabilidade desta substituição, quer biologicamente, quer fisiologicamente, para várias espécies de peixe. No entanto, os impactes ambientais associados a estes *novos* ingredientes são ainda, na maioria dos casos desconhecidos. Este estudo faz uma abordagem neste sentido, de modo a promover uma primeira avaliação comparativa entre os vários ingredientes de origem animal e vegetal.

A metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) adotada, é descrita pela norma NP EN ISO 14040 de 2008, e realiza um estudo comparativo, na medida do possível, focando o desempenho ambiental de alguns ingredientes com interesse para a incorporação em alimentos compostos para peixes. Os ingredientes em estudo são: farinha e óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.), farinha e gordura de subprodutos de aves (Savinor S.A.), farinha e óleo de peixe do Perú, e farinha e óleo de soja, proveniente do Brasil. Este trabalho foi realizado tendo como base o projeto PP-IJUP2012-SOJA DE PORTUGAL- 8, com o apoio da Soja de Portugal, que forneceu dados relevantes sobre o inventário de materiais, energia e água usados na produção de alguns dos ingredientes estudados.

Na avaliação dos impactes ambientais, dos ingredientes selecionados, considerou-se desde a produção ou captura da matéria-prima até ao seu processamento e transporte até Portugal, onde deverão ser processados e transformados em *pellets* de ingredientes compostos para peixes. A metodologia usada na avaliação foi o método CML 2001 e foram tidas em consideração treze categorias de impacte ambiental.

Os resultados permitiram concluir que os ingredientes: farinha e a gordura de subprodutos de aves são aqueles ingredientes, proteicos e lipídicos, que apresentam maiores impactes ambientais associados. A produção de frango é a fase do ciclo de vida que mais contribui para todas as categorias de impacte selecionadas. Por outro lado, a farinha e óleo de peixe do Perú e a farinha e óleo de soja foram os ingredientes que apresentaram menores impactes associados. Na farinha e óleo de peixe do Perú, a fase do transporte, incluindo o transporte rodoviário de Lima (Perú) até Caracas (Venezuela) foi a que mais contribui para o impacte ambiental. A farinha e óleo de subprodutos de peixe quando comparados com a farinha e óleo de peixe do Perú, demonstraram piores desempenhos ambientais, para as mesmas categorias de impacte. Na farinha e óleo de subprodutos de peixe, a etapa do ciclo de vida com maior peso ambiental, em todas as categorias de impacte, foi a de captura do peixe.

Este estudo permite um conhecimento único e individual do impacte ambiental associado aos ingredientes selecionados, e comumente utilizados pela indústria de alimentos compostos, permitindo a consciencialização pelo ambiente, e consequentemente a escolha de ingredientes mais sustentáveis.

## Abstract

Aquaculture has recently emerged as an alternative to getting fish by marine capture that according to FAO records currently unsustainable levels. However, the growth of the aquaculture industry raises some environmental concerns about its dependence on the exploitation of marine resources used in aquaculture diets. Currently, the \_ diets fish still depend on fish meal and fish oils. However, some recent studies focus on the possibility of replacing these marine animal resources, for vegetable sources, promoting the sustainability of aquaculture and conservation of marine resources. Many studies show the viability of this substitution, either biologically or physiologically, to several species of fish. However, the environmental impacts associated with these new ingredients are still unknown in most cases. This study presents an approach in this direction, in order to promote a first comparative evaluation of the various ingredients of animal and vegetable origin.

The methodology of Life Cycle Assessment (LCA) adopted, is described by the NP EN ISO 14040, 2008, and carries out a comparative study, as far as possible, focusing on the environmental performance of some ingredients with interest for incorporation into fish diets. The ingredients in the study are: fishmeal and fish oil byproducts (Savinor SA), poultry meal and fat byproducts (Savinor SA), fishmeal and fish oil from Peru, and soy meal and and oil, from Brazil. This work was conducted based on the PP-IJUP2012-SOJA DE PORTUGAL 8 project, with the support of Soja de Portugal, who provided relevant data on the inventory of materials, energy and water used in the production of some of the ingredients studied.

In environmental impact assessment, the selected ingredients, considered from the production or capture of raw materials to the processing and transport to Portugal, where they will be processed into pellets of compound ingredients for fish. The methodology used in the evaluation was the CML 2001 method and were considered thirteen categories of environmental impact.

The results showed that the ingredients: poultry meal and fat byproducts are those ingredients, protein and lipid, respectively, which present major environmental impacts associated. Poultry production is the stage of the life cycle that contributes the most to all impact categories selected. On the other hand, fish meal and oil from Peru and the soy meal and oil were the ingredients impacts associated with smaller. In fish meal and fish oil from Peru, the phase of transport, including road transport from Lima (Peru) to Caracas (Venezuela) was the largest contributor to the environmental impact. The fishmeal and fish oil byproducts compared with the fish meal and fish oil from Peru, showed poorer environmental performance, for the same impact categories. In the fish meal and oil by-products, the stage of the life cycle with greater environmental burden, in all categories of impact was the catch of the fish.

This study allows a unique and individual knowledge of the environmental impact associated the ingredients selected, and consequently used by the food industry, allowing awareness of the environment impacts, and consequently permitting the choice of more sustainable ingredients.

## Índice

Índice de Figuras.....	ii
Índice de Tabelas.....	v
<b>CAPÍTULO I: Introdução.....</b>	<b>1</b>
Secção 1: Situação do setor aquícola.....	1
Secção 2: Produção de alimentos compostos para peixes.....	5
2.1. Ingredientes usados nas dietas para aquacultura.....	7
2.1.1. Fontes marinhas – Farinha e óleo de peixe.....	7
2.1.2. Fontes vegetais.....	13
2.1.3. Subprodutos animais.....	19
Secção 3: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).....	24
3.1. Surgimento da metodologia.....	24
3.2. Descrição da metodologia.....	25
3.3. Vantagens, Limitações e Aplicações da ACV.....	28
3.4. Estudos de ACV focando a indústria pesqueira e a aquacultura.....	29
<b>CAPÍTULO II: Objetivos da tese.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO III: Caso de estudo - Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de ingredientes aquícolas.....</b>	<b>39</b>
3.1. Farinha e óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.).....	39
3.1.1. Definição de objetivos e âmbito.....	39
3.1.2. Análise do inventário do ciclo de vida (ICV).....	41
3.1.3. Avaliação do impacte ambiental (AICV).....	45
3.2. Farinha e óleo de subprodutos de aves (Savinor S.A.).....	50
3.2.1. Definição de objetivos e âmbito.....	50
3.2.2. Análise do inventário do ciclo de vida (ICV).....	52
3.2.3. Avaliação do impacte ambiental (AICV).....	58
3.3. Farinha e óleo de peixe do Perú.....	63
3.3.1. Avaliação do impacte ambiental (AICV).....	67
3.4. Farinha e óleo de Soja (Geneticamente modificada).....	72
3.4.1. Avaliação do impacte ambiental (AICV).....	76
<b>CAPÍTULO IV: Comparação de resultados e Discussão.....</b>	<b>81</b>
<b>CAPÍTULO V: Limitações, Conclusões e Perspetivas Futuras.....</b>	<b>91</b>
<b>Referências.....</b>	<b>95</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>100</b>

## Índice de Figuras

Figura 1: Total de capturas globais pela pesca e produção total aquícola (adaptado de FAO, 2012).....	2
Figura 2: Desenvolvimento da aquacultura e previsões futuras da expansão da atividade (adaptado de FAO, 2014).....	4
Figura 3: Distribuição das principais empresas dedicadas à produção de alimentos compostos para peixes, na Europa (adaptado de Rana et al., 2009).....	5
Figura 4: Produção das principais farinhas (fontes proteicas) mundiais. Dados de 2007, expressos em milhões de toneladas métricas (adaptado de Rust et al., 2011)..	6
Figura 5: Produção dos principais óleos (fontes lipídicas) mundiais. Dados de 2007, expressos em milhões de toneladas métricas. (adaptado de Rust et al., 2011).....	7
Figura 6: Evolução da utilização da farinha de peixe, nos diversos sectores agroalimentares. Dados referentes a 1988 e 2010 (adaptado de Olsen & Hasan, 2012).....	8
Figura 7: Evolução dos preços globais da farinha e óleo de peixe por tonelada desde 1983 até 2009 (adaptado de Tacon & Metian, 2008).....	9
Figura 8: Evolução dos preços globais da farinha e óleo de peixe por tonelada entre 2000 e 2021 (adaptado de FAO, 2012).....	9
Figura 9: Evolução da incorporação de farinha e óleo de peixe nas dietas (% e valor total) por cada 1000 toneladas de peixe produzido, para alguns grupos de espécies do sector aquícola, desde 1995 até ao espectável em 2020 (adaptado de Tacon et al., 2011).....	12
Figura 10: Etapas da ACV (NP EN ISO 14044, 2008).....	25
Figura 11: Estudo de Pelletier & Tyedmers (2007). Resultados da fase de caracterização, para os vários ingredientes usados nas dietas aquícolas. Unidade funcional: 1 tonelada de ingrediente.....	36
Figura 12: Fases do ciclo de vida associadas à produção de farinha e óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.).....	41
Figura 13: Comparação entre farinha e óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.).....	47
Figura 14: Resultados obtidos na etapa de caracterização AICV, contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerados para a produção de farinha de subprodutos de peixe (Savinor S.A.).....	48

Figura 15: Resultados obtidos na etapa de caracterização AICV, contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerados para a produção de óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.).....	49
Figura 16: Fases do ciclo de vida associadas à produção de farinha e gordura de subprodutos de aves (Savinor S.A.).....	52
Figura 17: Comparação entre farinha e gordura de subprodutos de aves (Savinor S.A.).....	60
Figura 18: Resultados obtidos na etapa de caracterização AICV, contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerados para a produção de farinha de subprodutos de aves (Savinor S.A.).....	61
Figura 19: Resultados obtidos na etapa de caracterização AICV, contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerados para a produção de gordura de subprodutos de aves (Savinor S.A.).....	62
Figura 20: Fases do ciclo de vida associadas à produção de farinha e óleo de peixe do Perú.....	64
Figura 21: Comparação entre farinha e óleo de peixe do Perú.....	69
Figura 22: Contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerado para a produção de farinha de peixe do Perú.....	70
Figura 23: Contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerado para a produção de óleo de peixe do Perú.....	71
Figura 24: Fases do ciclo de vida associadas à produção de farinha e óleo de Soja...	73
Figura 25: Comparação entre farinha e óleo de soja.....	78
Figura 26: Contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerado para a produção de farinha de soja.....	79
Figura 27: Contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerado para a produção de óleo de soja.....	80
Figura 28: Comparação entre todas as farinhas selecionadas no presente estudo, para todas as categorias de impacte consideradas.....	82
Figura 29: Comparação entre todos os óleos selecionados no presente estudo, para todas as categorias de impacte consideradas.....	83
Figura 30: Comparação de vários ingredientes selecionados, entre o presente estudo e o estudo de Pelletier & Tyedmers (2007), apenas das categorias de impacte comuns a ambos.....	84
Figura 31: Distribuição e intensidade do uso de combustível, pelas pescas em 2000 (Tyedmers et al., 2005).....	85



Figura 32: Gráfico radial dos impactes ambientais associados a 1 tonelada de STD e LFD para a produção de salmão do Atlântico (esquerda) e truta arco-íris (direita) (Boissy et al., 2011).....	89
---	----

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Variação percentual que existe na utilização da farinha de peixe (FP) e óleo de peixe (OP) para a mesma espécie de cultivo, e entre diferentes espécies de cultivo (adaptado de Natale et al., 2013 ; Tacon & Metian, 2008).....	13
Tabela 2: Vantagens e desvantagens do uso de algumas alternativas vegetais proteicas. Casos de estudo com estas alternativas vegetais, para várias espécies, sob determinadas percentagens de inclusão. (Adaptado de Rana et al., 2009).....	15
Tabela 3: Percentagem de incorporação de óleos vegetais, como fonte lipídica da dieta aquícola, e suas limitações, por espécie de peixe produzida.....	17
Tabela 4: Vantagens e desvantagens da utilização de subprodutos animais, como fonte proteica na dieta. Casos de estudo para várias espécies, sob determinadas percentagens de inclusão. (Adaptado de Rana et al., 2009).....	21
Tabela 5: Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia (%) para os ingredientes comumente testados em dourada e robalo (adaptado de Alexis, 1997)..	23
Tabela 6: Seleção de categorias de impacte utilizadas no estudo de ACV (NP EN ISO 14044, 2008; Guineé et al., 2001).....	27
Tabela 7: Seleção de estudos de ACV aplicados à aquacultura, pescas e ingredientes aquícolas.....	31
Tabela 8: Análise de inventário de ciclo de vida do S.1. (Captura do peixe). Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Informação obtida a partir de Cavadas, 2013.....	43
Tabela 9: Análise de inventário de ciclo de vida do S.2. (Produção/processamento). Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida (valores arredondados às centésimas). Dados fornecidos pela Savinor S.A., relativos ao ano 2012.....	44
Tabela 10: Análise de inventário de ciclo de vida referente à fase de transporte dos produtos de S.1. pra S.2.. Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Dados fornecidos pela Savinor S.A., relativos ao ano 2012.....	45
Tabela 11: Comparação dos valores dos impactes ambientais, por 1 tonelada de ingrediente, fase de produção e categoria de impacte selecionada. Método de CML (2001).....	46
Tabela 12: Análise de inventário de ciclo de vida do S.1. (Produção de frango). Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Lopes (2011).....	54

Tabela 13: Análise de inventário de ciclo de vida do S.2. (Matadouro). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados fornecidos pela Savinor S.A., reportam ao ano 2012.....	55
Tabela 14: Análise de inventário de ciclo de vida do S.3. (Produção/processamento). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados fornecidos pela Savinor S.A., reportam ao ano 2012.....	56
Tabela 15: Análise de inventário de ciclo de vida referente à fase de transporte dos produtos de S.1. para S.2.. Valores reportam-se unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram fornecidos pela Savinor S.A., e remetem para o ano 2012.....	57
Tabela 16: Análise de inventário de ciclo de vida referente à fase de transporte dos produtos de S.2. para S.3.. Valores reportam-se unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram fornecidos pela Savinor S.A., e remetem para o ano 2012.....	58
Tabela 17: Comparação dos valores dos impactes ambientais, por 1 tonelada de ingrediente, fase de produção e categoria de impacte selecionada. Método CML (2001).....	59
Tabela 18: Análise de inventário de ciclo de vida do S.1. (Captura de anchova). Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Fréon et al. (2014).....	65
Tabela 19: Análise de inventário de ciclo de vida do S.2. (Produção/Processamento). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Avadí (2014).....	65
Tabela 20: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte rodoviário de Lima, Peru até Caracas, Venezuela. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. O itinerário foi definido por <a href="http://www.mapquest.com/">http://www.mapquest.com/</a> .....	66
Tabela 21: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte marítimo de Caracas, Venezuela até Roterdão, Holanda. . Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. O itinerário foi definido por <a href="http://www.searates.com/">http://www.searates.com/</a> .....	66
Tabela 22: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte rodoviário de Roterdão, Holanda até Ovar, Portugal. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida O itinerário foi definido por <a href="http://www.mapquest.com/">http://www.mapquest.com/</a> .....	66

Tabela 23: Comparação dos impactes ambientais, por 1 tonelada de ingrediente, fase de produção e categoria de impacte selecionada. Método CML (2001).....	68
Tabela 24: Análise de inventário de ciclo de vida do S.1. (Produção agrícola). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).....	74
Tabela 25: Análise de inventário de ciclo de vida do S.2. (Processamento). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).....	74
Tabela 26: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte rodoviário de S.1. para S.2.. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).....	75
Tabela 27: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte ferroviário desde a fábrica de processamento até Santos, Brasil. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).....	75
Tabela 28: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte marítimo desde Santos, Brasil até Roterdão, Holanda. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).....	76
Tabela 29: Comparação dos impactes ambientais, por 1 tonelada de ingrediente, fase de produção e categoria de impacte selecionada. Método CML (2001).....	77

## CAPÍTULO I: Introdução

### Secção 1: Situação do setor aquícola

A população mundial mais do que duplicou entre o início de 1960 e 2008, aumentando de 3 mil milhões para 6,5 mil milhões de habitantes, sendo que no final de 2011 ultrapassou a marca dos 7 biliões de pessoas, e continua em franca expansão, prevendo-se que atinja, até 2050, os 10 biliões de pessoas. No entanto, com este aumento populacional, verificou-se também um aumento de riqueza mundial, especialmente nos países com economias emergentes, e conseqüentemente assistiu-se ao aumento do consumo de pescado *per capita*, passando de 9 kg/ano para 17 kg/ano, entre 1960 e 2008 (Klinger & Naylor, 2012; Olsen & Hasan, 2012). De facto, a alimentação é uma das necessidades básicas do Homem, e a indústria alimentar assume um papel essencial no desenvolvimento e sobrevivência da nossa população. O consumo de pescado, devido ao seu valor nutricional e aos seus benefícios associados, é altamente recomendado mundialmente por razões de saúde pública (Hospido et al., 2006). Estes recursos marinhos podem ser obtidos através da pesca e da aquacultura. No entanto, o aumento de consumo de pescado *per capita* tem sido assegurado pela aquacultura, uma vez que as pescas estão, no geral, estagnadas ou diminuídas desde meados de 1980 (Klinger & Naylor, 2012). Como figura ilustrativa, vejamos que se toda a população dos Estados Unidos da América consumisse a quantidade de pescado recomendada pela comissão governamental de saúde nacional seria necessário disponibilizar à população mais de 10 milhões de toneladas de peixe por ano, até ao final do século XXI (Kite-Powell et al., 2013).

A pesca é uma arte antiga, havendo registos que a datam de há cerca de 50 mil anos atrás - época do Paleolítico - sendo definida como o ato de capturar peixes ou outros animais aquáticos tais como: crustáceos, moluscos, equinodermes, entre outros, nos rios, lagos ou mares/oceanos, com propósitos comerciais, ou de subsistência e/ou desportivos. Esta atividade foi uma das primeiras profissões do Homem, juntamente com a caça e mais tarde a agricultura. A pesca desde logo assumiu um papel comercial e económico muito ativo. Atualmente são vários os nichos sociais que são totalmente dependentes das receitas desta atividade, proporcionando empregos numa vasta área de atividade, como por exemplo: a construção de redes, de barcos, zonas de comércio e alfândega (Sahrhage & Lundbeck, 1992). Em 2009, cerca de 70 % do total das pescas foram diretamente consumidas pelo Homem, sendo que apenas 30 % foram remetidas para a indústria não alimentar, tal como o setor de produção de alimentos compostos,

quer para animais domésticos, quer para criação/produção industrial de outros animais (FAO, 2012).

A aquicultura é uma atividade mais recente do que a pesca, mas que coexiste há vários milhares de anos, e integra o cultivo de qualquer organismo aquático, como por exemplo: moluscos, plantas aquáticas, peixes, anfíbios e/ou crustáceos (FAO, 2012). A China foi o país pioneiro nesta atividade há cerca de 4000 anos atrás (2000 -1000 A.C) com o cultivo de ciprinídeos (Rabanal, 1998). Nos últimos 15 anos a produção em aquicultura aumentou mais do dobro (Naylor et al., 2000). Desde o seu surgimento que o número de espécies produzidas bem como a expansão tecnológica tem sido crescente. Atualmente, e segundo a FAO (2012) são produzidas cerca de 220 espécies totais de peixe e mexilhão. Tal como acontece na pesca, também na aquicultura existem, atualmente, populações economicamente dependentes do setor aquícola, principalmente em alguns países com economias emergentes. Por exemplo, em 2008, a nível mundial dependiam deste setor industrial cerca de 10,8 milhões de pessoas. Estima-se que 94 % desta população seja asiática. No entanto, Kite-Powell et al. (2013) lembram que para que haja um ainda maior e constante crescimento do setor aquícola, é necessário que haja uma legislação e uma atividade governamental mais coerente e permissiva, que permita o crescimento deste setor industrial, tal como é permitido às restantes indústrias alimentares, sem que este comprometa obviamente os parâmetros ambientais legislados.

Na última década, a produção de aquicultura mundial tem vindo a crescer continuamente, enquanto que a quantidade de peixe capturado se mantém estável (FAO, 2012). Estimativas da FAO (2012) indicam que o total de capturas pela pesca, em 2010, foi de 88,6 milhões de toneladas enquanto que a produção aquícola, no mesmo ano, foi de 59,9 milhões de toneladas. A Figura 1 apresenta a evolução comparativa na produção e obtenção de pescado mundial através da pesca e da aquicultura.

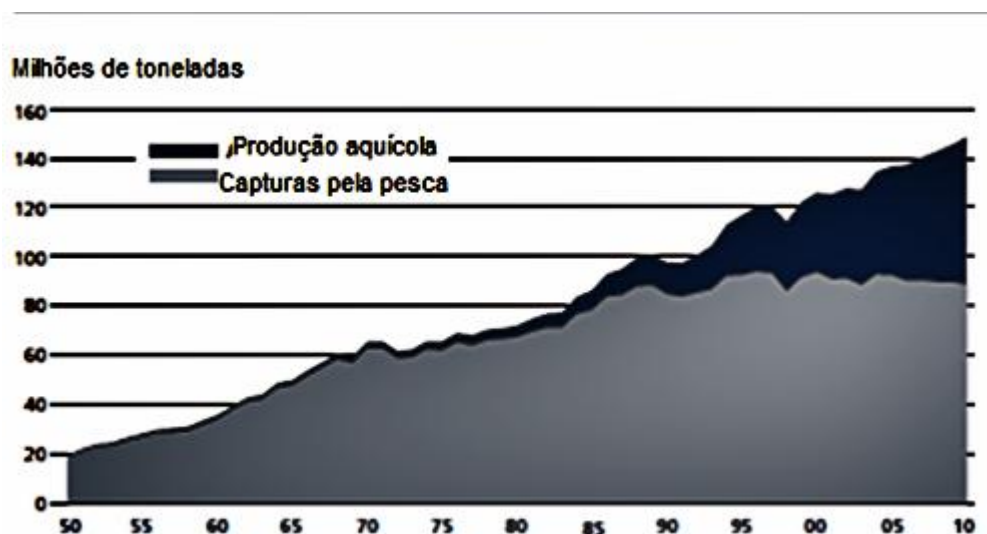


Figura 1: Total de capturas globais pela pesca e produção total aquícola (adaptado de FAO, 2012).

Do ponto de vista da subsistência, a aquacultura é uma das formas mais eficientes para alimentar a crescente população mundial, para além da sua qualidade nutricional e benefícios para a saúde humana, já abordados, o peixe é extremamente eficiente na conversão alimentar, não despendendo energia por exemplo, para manter a sua temperatura corporal, ao contrário do que acontece com as produções agroalimentares, de gado, suínos, ou caprinos (Kite-Powell et al., 2013). Na verdade, por exemplo o salmão consegue converter, atualmente, em média, 1 kg de alimento composto em 1 kg de peso húmido; em contraste na produção de aves são necessários 3 a 5 kg de alimento composto para a criação de 1 kg de crescimento, e já na produção de suínos, para o mesmo crescimento são necessários cerca de 8 kg de ração (Rust et al., 2011).

A aquacultura é atualmente a produção animal com o crescimento comercial e industrial mais rápido (Rust et al., 2011). Um dos estudos consultados indica que a aquacultura, com uma taxa de crescimento de 8,3 %, foi de todas as indústrias de produção agroalimentar a que apresentou um maior crescimento entre 1970 e 2009 (Duarte et al., 2007), sendo até superior ao crescimento anual inerente à própria população mundial, que ronda apenas os 1,6 % (Klinger & Naylor, 2012). Esta informação resulta da comparação com a produção: de aves (4,9 %); suínos (2,9 %), caprinos (1,8 %); gado (1,4 %) e até com as pescas (1,2 %) (Duarte et al., 2007). Este crescimento da aquacultura é importante no contexto global, devido à crescente procura de recursos marinhos (Jerbi et al., 2012).

Este crescimento suporta a visão de alguns autores quanto à aquacultura como sendo a solução para aliviar a corrente pressão sobre os recursos pesqueiros (Naylor et al., 2000). Por outro lado, verifica-se que o desenvolvimento e crescimento da aquacultura provocam um aumento de competitividade nos mercados nacionais e internacionais, para o escoamento do pescado, e conseqüentemente a desvalorização do valor do pescado selvagem (Naylor et al., 2000; Natale et al., 2013).

Sob o ponto de vista do consumidor, este considera o peixe de aquacultura menos natural e menos benéfico para a saúde, mas admite que é uma fonte igualmente válida, barata em comparação com o peixe selvagem, e que respeita e conserva o meio ambiente e os recursos selvagens (Natale et al., 2013). Apesar desta reação do consumidor, de acordo com a FAO (2012), aproximadamente 40 % de todo o pescado atualmente consumido provém da aquacultura, e perspectiva-se um aumento de 70 % na produção aquícola até 2030 (FAO, 2012; FAO, 2014). A Figura 2 apresenta as perspectivas mundiais para o desenvolvimento da aquacultura.

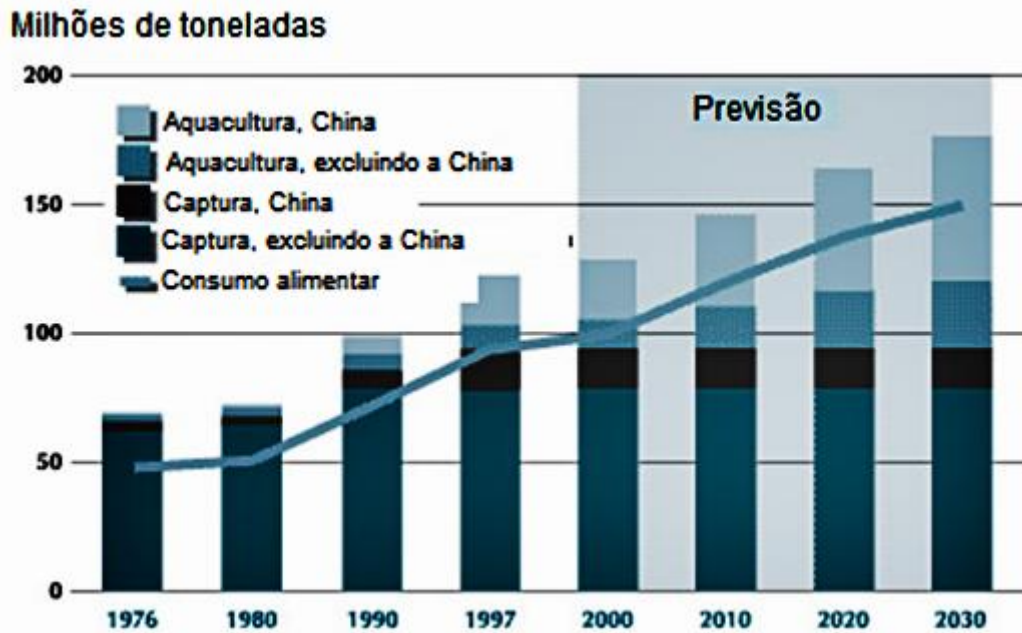


Figura 2: Desenvolvimento da aquicultura e previsões futuras da expansão da atividade (adaptado de FAO, 2014)

Segundo a FAO (2012) 88 % da produção aquícola acontece na Ásia, sendo que 62 % correspondem somente à China. A aquicultura de água doce é a mais praticada, representando 60 % de toda a aquicultura mundial; sendo que é composta principalmente pela produção de peixes ósseos (55 %), dos quais 71 % são ciprinídeos, produzidos em regime extensivo, na China. Já a aquicultura em água salgada representa cerca de 32 %, e normalmente corresponde a regimes aquícolas intensivos. A de água salobra ocupa apenas 7,7 % da produção mundial (FAO, 2012).

De facto, a aquicultura pode ser categorizada em: (i) extensiva, onde apenas existe um controlo mínimo dos predadores, e o fornecimento de alimento provem unicamente do meio ambiente; (ii) semi-intensiva, na qual existe controlo de predadores, e ainda um controlo mínimo das condições da água e do meio de produção, e a provisão de alimento é de origem natural e artificial; (iii) intensiva, onde todos os cuidados e requisitos nutricionais são garantidos e controlados, assim como toda a logística, controlo e cuidados em toda a linha de produção. Realça-se que, neste tipo de aquicultura, existe, por exemplo, um controlo profilático de patógenos (vacinas) e da qualidade da água (Naylor et al., 2000; FAO, 2012). No entanto, a intensificação traz alguns efeitos secundários tais como: a necessidade de cuidados acrescidos na utilização e gestão de recursos, necessidade de maior nível tecnológico e custos acrescidos inerentes, maior geração de resíduos e um potencial aumento da disseminação dos agentes patogénicos (Naylor et al., 2000). Neste trabalho, teremos apenas em conta algumas problemáticas da



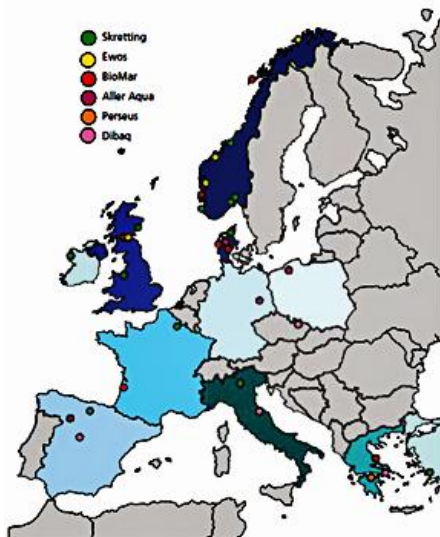
aquacultura intensiva, uma vez que apenas esta está dependente, do fornecimento de alimento artificial. É, no entanto, fulcral referir, que apesar de tudo a aquacultura é uma das indústrias menos poluentes, e que a intensidade dos problemas anteriores varia, por exemplo, com a localização, regime e intensificação de produção (Klinger & Naylor, 2012).

Natale et al. (2013) refere que a dependência da aquacultura pelos recursos pesqueiros, especificamente pelos peixes pelágicos, para o fabrico de farinha e óleo de peixe, usados nas rações é uma prática insustentável e acabará por dificultar e/ou impedir o crescimento e a expansão desta indústria. Já Klinger & Naylor (2012) indicam que, atualmente, a incorporação de farinha e óleo de peixe nos alimentos compostos para peixes, já não é tao intensa, podendo até ser substituída na totalidade, principalmente nas dietas das espécies herbívoras, tal como é explorado mais à frente. Na verdade, esta dependência sublinhada dos recursos marinhos, é o ponto que, provavelmente, acarreta maior preocupação a todos os envolvidos na aquacultura, podendo comprometer a sustentabilidade desta atividade industrial, num futuro próximo.

Em linhas gerais, realça-se que o futuro da aquacultura e da oferta de pescado disponível para consumo no mercado global, dependerá das futuras práticas adotadas pela ainda emergente indústria aquícola.

## Secção 2: Produção de alimentos compostos para peixes

Na Europa existem cerca de 6 principais empresas dedicadas à produção de alimentos compostos para peixes, sendo elas a Skretting, Ewos, BioMar, Aller Aqua, Perseus e a Dibaq. No entanto, apenas 3 delas (Skretting, Ewos e BioMar) representam 90 % da produção europeia. A primeira (Skretting), em 2008, produzia mais de metade



dos alimentos compostos para peixes (cerca de 64 %), utilizados na Europa, e com destino preferencial o mercado Norueguês, dedicado ao salmão. Já a Ewos e a BioMar representavam, respetivamente, 25 % e 18 % do fornecimento total europeu (Rana et al., 2009). A Figura 3 ilustra a distribuição europeia das empresas referidas.

Figura 3: Distribuição das principais empresas dedicadas à produção de alimentos compostos para peixes, na Europa (adaptado de Rana et al., 2009).

Os ingredientes compostos usados na aquicultura possuem diferentes origens, até porque a indústria de produção de alimentos compostos procura diversificar o tipo de ingredientes usados essencialmente devido à limitação de mercado. Tradicionalmente é usada a farinha e óleo de peixe, ou de subprodutos de peixe, enquanto que mais recentemente a lista de possibilidades abrange alternativas de origem animal (e.g. farinha e gordura de subprodutos de aves, farinha de penas hidrolisada, farinha de sangue) e alternativas de origem vegetal (e.g. farinha e óleo de soja, farinha e óleo de colza, farinha de glúten de milho, óleo de linhaça, concentrados proteicos vegetais). Assim, as escolhas de fontes proteicas e lipídicas a incorporar nas dietas para aquicultura são diversificadas. A Figura 4 traduz a quantidade de produção mundial de algumas farinhas, utilizadas como fontes proteicas; A Figura 5 apresenta os óleos mais produzidos mundialmente, e incorporados nas dietas como fontes lipídicas. Ou seja, a farinha e óleo de peixe são os menores contribuintes nos diagramas de consumo mundial de proteína e lípidos. Em 2007, a farinha representava apenas cerca de 2,3 % de todas as fontes proteicas utilizadas pela indústria de produção de alimentos compostos; já o óleo de peixe, no mesmo período de tempo, tinha um peso de apenas 2 % de entre todas as escolhas lipídicas. Assim, a soja assume um papel de eleição quer como fonte proteica, quer como fonte lipídica. A farinha e óleo de peixe são provavelmente os ingredientes que possuem o equilíbrio e perfil nutricional mais satisfatório, mas como a sua oferta é limitada prevê-se a sua substituição gradual por ingredientes alternativos (Rust et al., 2011).

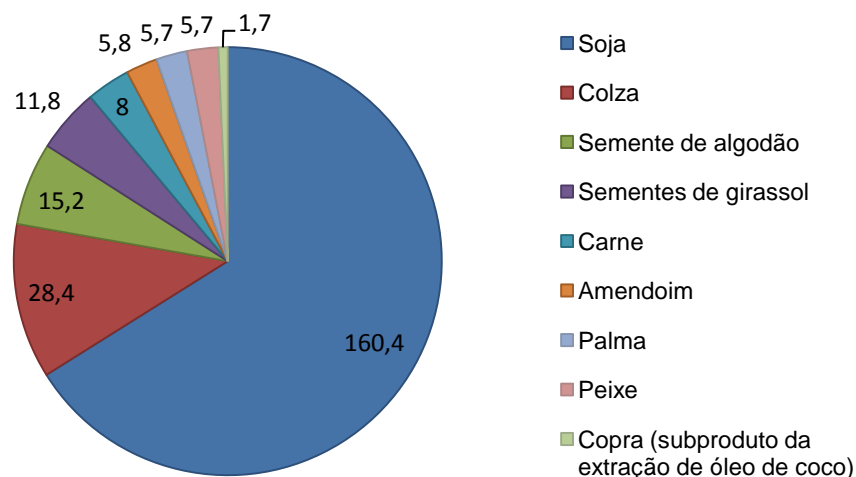


Figura 4: Produção das principais farinhas (fontes proteicas) mundiais. Dados de 2007, expressos em milhões de toneladas (adaptado de Rust et al., 2011).

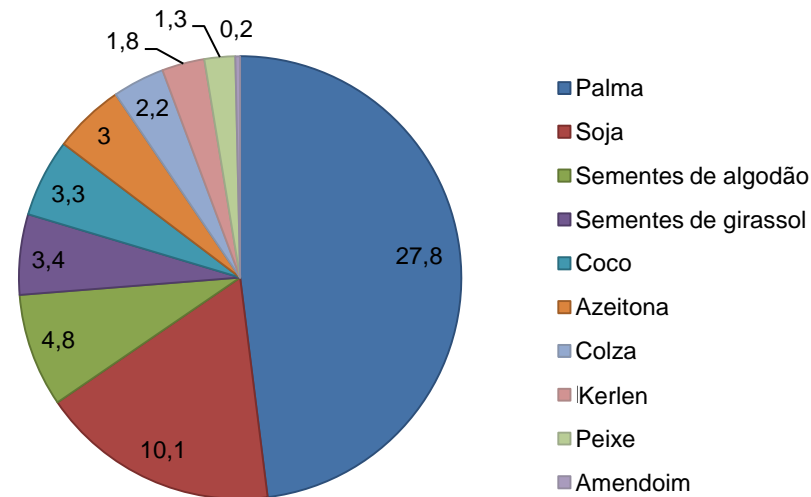


Figura 5: Produção dos principais óleos (fontes lipídicas) mundiais. Dados de 2007, expressos em milhões de toneladas (adaptado de Rust et al., 2011).

## 2.1. Ingredientes usados nas dietas para aquacultura

### 2.1.1. Fontes marinhas: a farinha e óleo de peixe

A farinha e óleo de peixe são usados tradicionalmente como fonte proteica e lipídica, respetivamente, para as fórmulas nutricionais aquícolas. No entanto, esta escolha causa uma dependência enorme da aquacultura pelos *stocks* pesqueiros selvagens, o que compromete a sustentabilidade da produção aquícola (Naylor et al., 2000; Tacon & Metian, 2008; Boissy et al., 2011; Natale et al., 2013). A farinha e o óleo de peixe são obtidos a partir de peixes de baixo valor comercial que não são apreciados para consumo humano direto, mas que podem fornecer à aquacultura proteína de alta qualidade, para produzir espécies de crescimento rápido e de valor comercial elevado (Naylor et al., 2000; Tacon & Metian, 2008). Segundo Naylor et al. (2000) a captura de pescado de baixo valor comercial e de baixo nível trófico altera de forma drástica não só a estrutura das populações de pescado existentes no meio natural como também as populações de mamíferos e aves cuja sua sobrevivência depende destas populações de baixo nível trófico (Naylor et al., 2000). Apesar destas condicionantes, a farinha e óleo de peixe continuam a ser utilizadas porque: (i) estão ainda largamente disponíveis física e economicamente; (ii) são a fonte alimentar com maior aceitabilidade pelo peixe cativo, devido à sua enorme semelhança com os seus alimentos naturais – boa palatibilidade e digestibilidade; (iii) proporcionam um rápido e correto desenvolvimento ao pescado produzido, contendo um perfil adequado de aminoácidos e minerais essenciais; (iv) são uma fonte rica em ácidos gordos polinsaturados de cadeia longa (n-3 LC-PUFA),

elementos estes essenciais ao desenvolvimento do peixe; (v) trazem benefícios à saúde do animal, melhorando a resposta imunitária, a taxa de sobrevivência e reduzindo a incidência de malformações (Rana et al., 2009; Rust et al., 2011). Particularmente, a qualidade nutricional é muito importante, influenciando a eficiência alimentar, o crescimento do peixe, a tolerância ao *stress* e a resposta e resistência imunitária. Os ácidos gordos essenciais (em particular os ácidos gordos polinsaturados n-3 de cadeia longa) são componentes críticos quer para a saúde do peixe, quer para a saúde humana (Klinger & Naylor, 2012).

Segundo Olsen & Hansan (2012), em 1988, 80 % da produção de farinha de peixe era usada sob a forma de alimento composto na produção de frango e porco, ficando destinado apenas 10 % para a alimentação do setor aquícola. No entanto, a magnitude destes valores inverteu-se, e em 2010, a maioria da farinha de peixe passou a ser usada na aquacultura (56 %), ficando o restante destinado às demais indústrias agroalimentares de frango e porco. A Figura 6 ilustra a evolução da utilização da farinha de peixe entre 1988 e 2010.

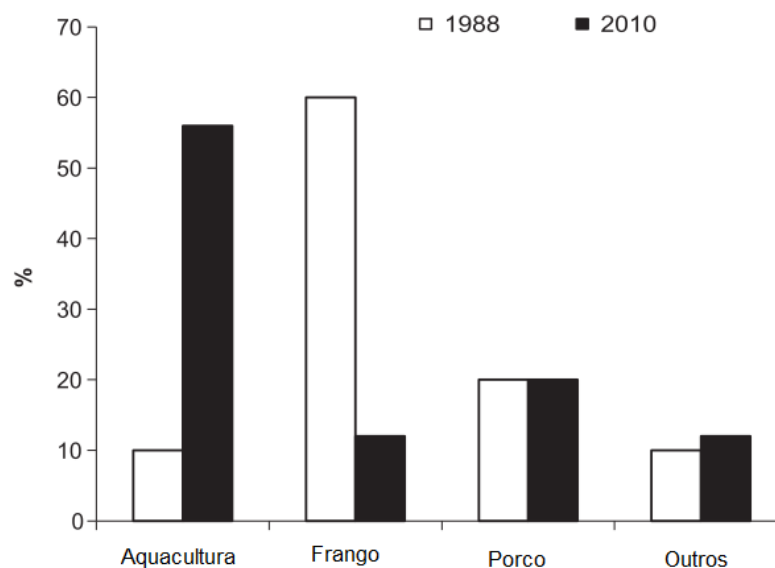


Figura 6: Evolução da utilização da farinha de peixe, nos diversos setores agroalimentares. Dados referentes a 1988 e 2010 (adaptado de Olsen & Hasan, 2012).

A percentagem de farinha de peixe destinada a alimentos compostos para peixes aumentou aproximadamente de 28 % para 69 % entre 1995 e 2005. A partir de 2006 diminuiu ligeiramente para os 68 %. Já o uso de óleo de peixe entre 1995 e 2005 registou um elevado aumento de 34 % para 94 %, e a partir de 2006 diminuiu para 89 % (Tacon &

Metian, 2008). O aumento da utilização de farinha e óleo de peixe não são consequência do aumento da percentagem de incorporação destes ingredientes nas rações, mas sim do crescimento exponencial da indústria aquícola (Tacon & Metian, 2008).

No entanto, a diminuição, verificada mais recentemente, da utilização de farinha e óleo de peixe nos alimentos compostos deve-se a uma questão económica. Os preços destes produtos aumentaram significativamente desde 2000 (Tacon & Metian, 2008; FAO, 2012). A Figura 7 representa a evolução dos preços da farinha e óleo de peixe desde 1983 até 2009. A Figura 8 apresenta uma previsão da evolução do preço entre 2000 e 2021.

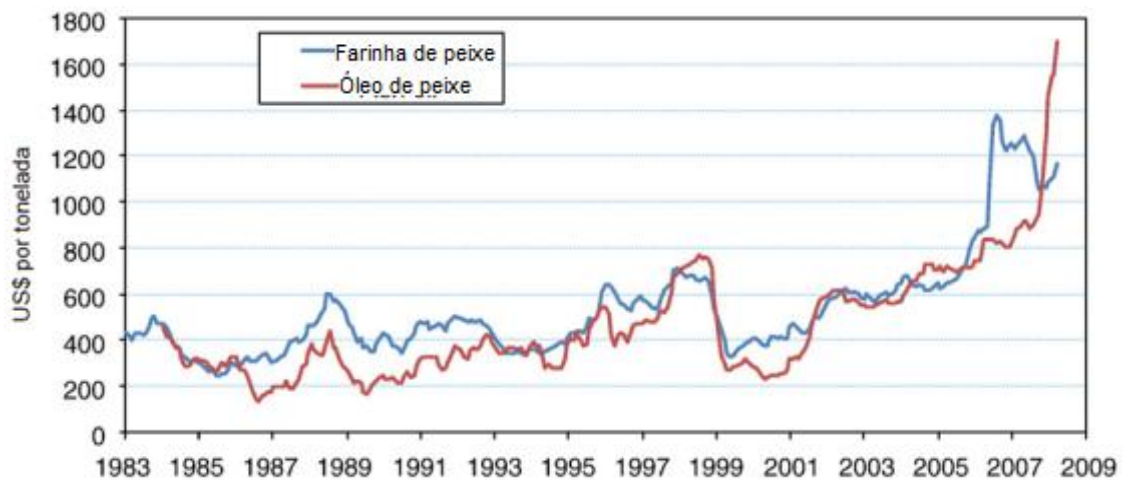


Figura 7: Evolução dos preços globais da farinha e óleo de peixe por tonelada desde 1983 até 2009 (adaptado de Tacon & Metian, 2008).

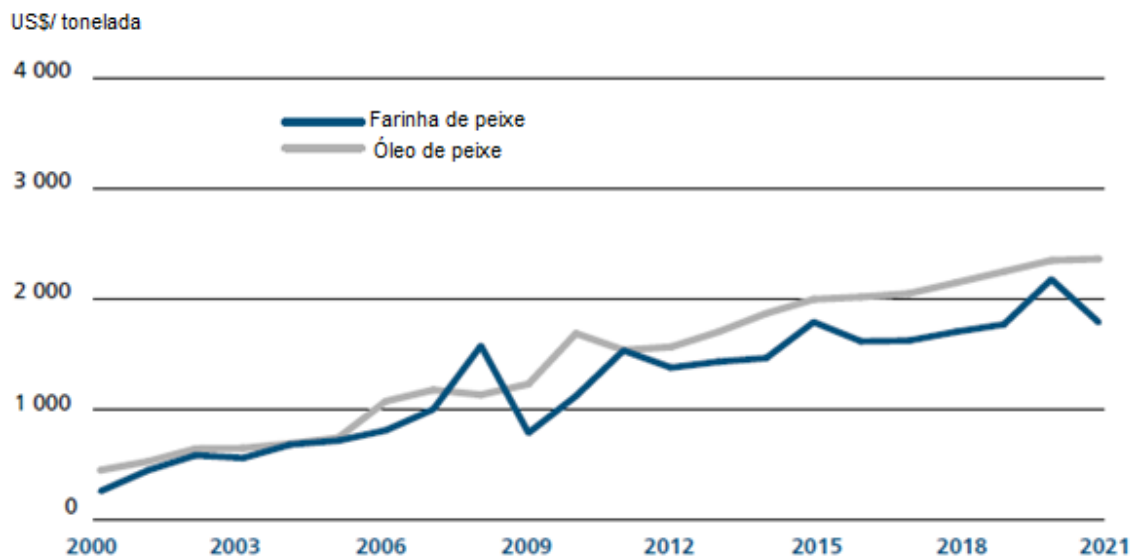


Figura 8: Evolução dos preços globais da farinha e óleo de peixe por tonelada entre 2000 e 2021 (adaptado de FAO, 2012).

O aumento de preço destes ingredientes pode ser justificado por um diverso conjunto de fatores, tais como: (i) estabilização e/ou declínio dos recursos pesqueiros; (ii) estabilização e/ou diminuição da disponibilidade de farinha e óleo de peixe para exportação; (iii) aumento da competição no mercado, por exemplo aumento dos preços dos pequenos peixes pelágicos; (iv) surgimento e aumento do uso de farinhas vegetais competitivas; (v) pressão global às fábricas de produção de alimentos compostos para a substituição da farinha e óleo de peixe por outros componentes, como as farinhas e óleos vegetais; (vi) aumento global dos custos energéticos, de processamento e transporte (Tacon & Metian, 2008); (vii) aumento da competição com a indústria farmacêutica, cosmética e outras indústrias alimentares (Klinger & Naylor, 2012).

Em suma, Olsen & Hansan (2012) explicam que a farinha e o óleo de peixe são uma das opções comerciais mais baratas para a alimentação em aquacultura. Mas o rápido crescimento do setor aquícola e o uso destes ingredientes (proteicos e lipídicos) como principais fontes nutricionais contribui francamente para o aumento e variação de preço destes produtos.

Segundo Rust et al. (2011), a América do Sul, (ex.: Perú), é a principal produtora de farinha e óleo de peixe, sendo que desta produção, a Ásia absorve a maior parte da produção de farinha de peixe. Já a Europa, nomeadamente a Noruega, é o consumidor maioritário do óleo de peixe.

O estudo de Tacon et al. (2011) indica que a par do aumento da produção aquícola, anteriormente descrita, existe também, tal como esperado, um aumento da produção e utilização de alimento artificial na aquacultura, para os diversos grupos de espécies produzidas. No entanto, quanto à percentagem de incorporação de farinha e óleo de peixe, nos alimentos compostos, esta tendência é contrariada. Na verdade, a percentagem de incorporação destes componentes nos alimentos compostos do setor aquícola, para cada um dos grupos de espécies produzidas, desde 1995 até hoje tem diminuído. O que significa que a dependência da aquacultura pelos recursos marinhos selvagens tem vindo a diminuir, e os autores aspiram que continue a diminuir pelo menos até 2020. Na produção de salmão, por exemplo, em 1995, a farinha e o óleo de peixe representavam, respetivamente, cerca de 45 % e 25 % da dieta. Atualmente, a percentagem de incorporação média destes ingredientes é, respetivamente, de apenas 22 % e 12 %; e os autores estimam que seja ainda menor em 2020, rondando os 12 % e 8 %, para farinha e óleo de peixe respetivamente. Esta diminuição verifica-se também para a produção de truta e dos peixes marinhos em geral. Para a truta, a incorporação necessária, em 1995, de farinha e óleo de peixe era respetivamente de 40 % e 20 %, sendo que atualmente, segundo os dados de 2010, esta percentagem de incorporação, tal como na produção de salmão, baixou para 22 % e 12 %, respetivamente, e estima-se

que chegue em 2020 a uma utilização de apenas 12 % para a farinha de peixe e 8 % para o óleo de peixe. Por último, na produção de peixes marinhos no geral, inicialmente, em 1995, a necessidade de incorporação de farinha de peixe nos alimentos compostos era de 50 % e de óleo de peixe 15 %. No entanto, atualmente, segundo os dados de 2010, é possível a incorporação de apenas 26 % e 6 % para farinha e óleo de peixe respetivamente, sem que isso traga efeitos negativos quer para o peixe cativo, quer para o próprio processo industrial, ou até para a saúde humana. Sendo que é espectável que em 2020, para a produção de peixes marinhos, a farinha e óleo de peixe apenas representem, respetivamente, 12 % e 4 % dos ingredientes necessários ao fabrico da dieta equilibrada comercial aquícola. Em suma, as taxas de inclusão de farinha e óleo de peixe em alimentos compostos para peixes têm sido reduzidas para a maioria das espécies produzidas. A Figura 9 mostra a evolução da incorporação de farinha e óleo de peixe nas dietas, assim como o seu uso total, por cada 1000 toneladas de peixe produzido, para alguns grupos de espécies do setor aquícola, desde 1995 até ao expetável em 2020. É de notar que na figura as colunas de uso total de farinha e óleo de peixe parecem contrariar a tendência de diminuição observada para percentagem de incorporação em cima descrita. No entanto tal facto não é corroborado, o que acontece na realidade é que a percentagem de incorporação de farinha e/ou óleo de peixe está efetivamente a baixar, mas a produção aquícola está a aumentar exponencialmente, logo, o consumo total de farinha e óleo de peixe aumenta não pelo aumento da incorporação destes ingredientes nas dietas, mas porque a quantidade de peixe produzido, e concomitantemente a quantidade de alimentos compostos produzidos aumenta.

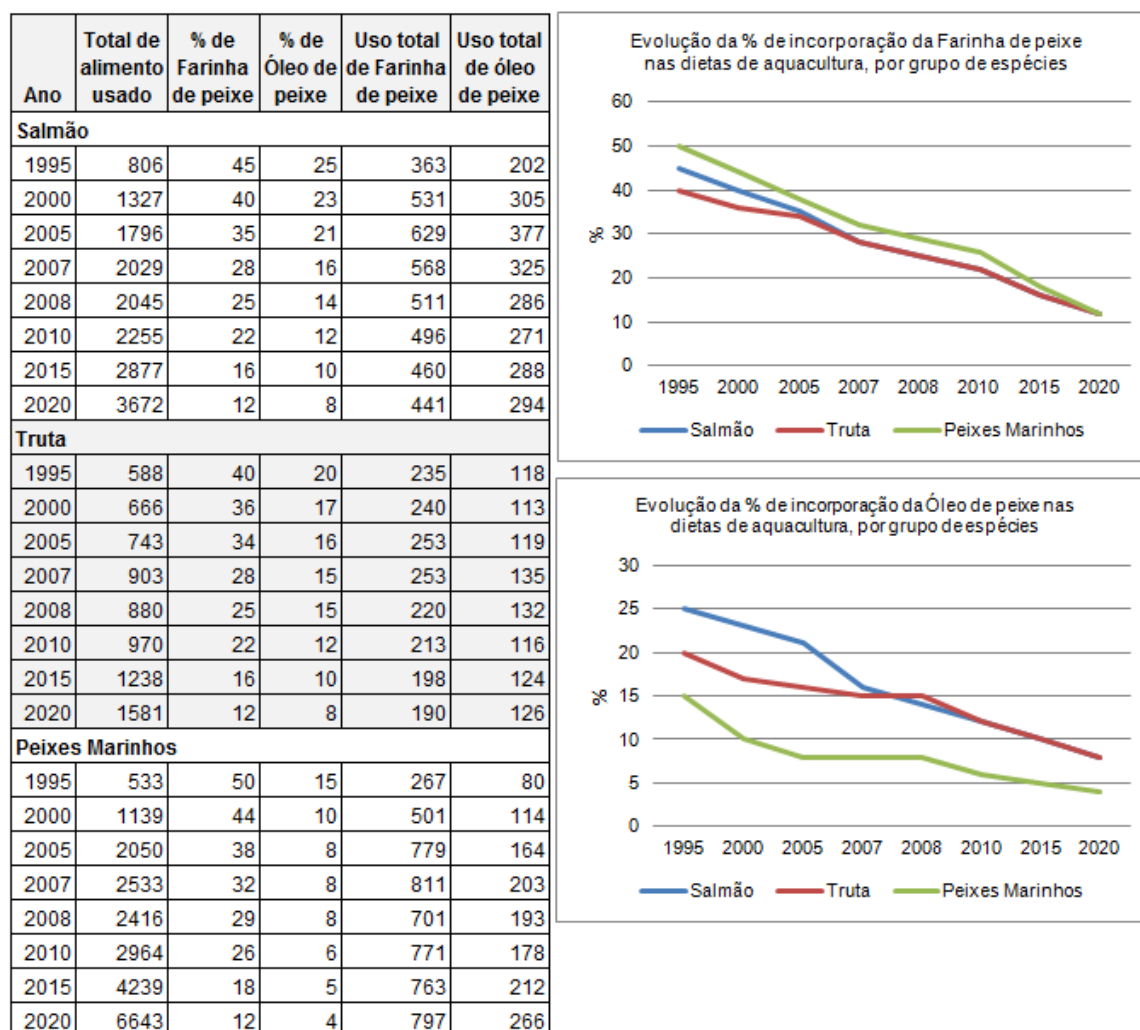


Figura 9: Evolução da incorporação de farinha e óleo de peixe nas dietas (% e valor total) por cada 1000 toneladas de peixe produzido, para alguns grupos de espécies do setor aquícola, desde 1995 até ao espectável em 2020 (adaptado de Tacon et al., 2011).

Realça-se que, no entanto, as percentagens de incorporação destes ingredientes podem variar dentro da mesma espécie. A Tabela 1 apresenta a gama de variação dos ingredientes para cada espécie. Estas oscilações refletem as diferenças entre os diferentes tipos de sistemas de produção, nos vários países, incluindo: (i) densidade, (ii) gestão e recurso à água, (iii) disponibilidade de alimento natural, (iv) qualidade dos componentes artificiais da ração, (v) eficácia e existência de normas legislativas, (vi) situação económica da instalação, (vii) taxas de crescimento intrínsecas ao animal, (viii) fatores ambientais, (ix) entre outros (Tacon & Metian, 2008).



Tabela 1: Variação percentual que existe na utilização da farinha de peixe (FP) e óleo de peixe (OP) para a mesma espécie de cultivo, e entre diferentes espécies de cultivo (adaptado de Tacon & Metian, 2008; Natale et al., 2013).

Espécie	Camarão	Salmão	Truta	Enguia	Tilápia	Carpas	Peixe-gato	Peixes marinhos
FP (%)	5 - 40	20 - 50	15 - 55	40 - 80	0 - 20	0 - 20	3 - 40	7 - 70
OP (%)	0.5 - 10	9 - 35	3 - 40	0 - 24	0 - 10	0 - 2	0 - 15	1 - 15

Com a perspetiva principal de garantir a sustentabilidade da aquacultura, durante a última década, têm sido desenvolvidos grandes esforços na procura de fontes alternativas proteicas e lipídicas capazes de substituir a farinha e óleo de peixe, sem comprometer o crescimento e qualidade final do pescado.

Atualmente, podemos agrupar os substitutos da farinha e óleo de peixe, em 3 categorias: fontes vegetais (ex.: soja); fontes animais (ex.: aves) e subprodutos animais (produtos excedentários inerentes às diversas indústrias alimentares, tais como subprodutos de aves ou de peixe, ou penas e vísceras). Para que um ingrediente seja considerado uma boa alternativa à farinha e óleo de peixe deve incluir as seguintes características: (i) adequação nutricional; (ii) disponibilidade imediata, em quantidades necessárias; (iii) preços competitivos; (iv) facilidade de manuseamento e processamento; (v) ser válido legalmente, uma vez que existem restrições legais em alguns casos.

### 2.1.2. Fontes vegetais

Cerca de 94 % das farinhas produzidas mundialmente, para os diversos fins, são vegetais. E cerca de 86 % dos óleos também são vegetais. As farinhas e óleos são usadas, por exemplo, para consumo humano, direto, indústria alimentares diversas, aquacultura e alimentos compostos (Rana et al., 2009). Assim, a substituição parcial ou total da farinha e óleo de peixe por componentes de origem vegetal é apresentada por vários autores como uma alternativa válida que simultaneamente poderá impulsionar a redução do esforço da pesca e conseqüentemente a conservação dos *stocks* selvagens, garantindo proteína e lípidos de qualidade para a indústria aquícola. Os autores defendem que o aumento do uso de ingredientes vegetais poderá promover também, o desenvolvimento agrícola. No entanto, é de lembrar que o crescimento e a rentabilidade desta produção agrícola está dependente de condições meteorológicas, e estas nos últimos anos têm sido cada vez mais variáveis, resultando numa escassez de sementes agrícolas, e num consecutivo aumento de preço, o que pode colocar em causa a rentabilidade económica da utilização destas alternativas vegetais, em dietas comerciais, no setor aquícola (Rana et al., 2009).

A Tabela 2 explora algumas vantagens e desvantagens do uso de algumas alternativas vegetais, como fonte proteica, e apresenta alguns artigos de sucesso, que para várias espécies, testaram estes ingredientes vegetais, sob determinadas percentagens de inclusão, sem que estas trouxessem malefícios para o peixe (Rana et al., 2009).

Claramente as alternativas vegetais têm algumas limitações, tal como explorado na Tabela 2. Entre outros, pode identificar-se a presença de compostos anti nutricionais, excesso de fibras, perfil de aminoácidos essenciais desequilibrado e a fraca digestibilidade. Contudo, estas limitações podem ser ultrapassadas através da manipulação tecnológica da dieta, e.g. tratamento enzimático, ou suplementação com aditivos (Olsen & Hasan, 2012), como também através de processos de seleção natural, onde o produtor seleciona os indivíduos que geneticamente melhor utilizam os ingredientes vegetais, ou seja seleciona os indivíduos que, quando alimentados com dietas vegetais obtêm um índice de conversão alimentar mais elevado (Rust et al., 2011; Klinger & Naylor, 2012).

Tabela 2: Vantagens e desvantagens do uso de algumas alternativas de fontes vegetais proteicas. Casos de estudo com estas alternativas vegetais, para várias espécies, sob determinadas percentagens de inclusão. Legenda: FP - Farinha de peixe. A negrito estão os artigos acrescentados à tabela adaptada de Rana et al., 2009.

Alternativa Vegetal	Vantagem(ns)	Desvantagem(ns)	Espécie	(%) Nível de inclusão / (% substituição de FP)	Limitação	Referência
Farinha de Soja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Económico;</li> <li>- Nutritivo, com grande quantidade de proteína bruta (44 - 48 %);</li> <li>- Grande concentração de cisteína.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa concentração dos 10 aminoácidos essenciais (AAE) (lisina, metionina, cisteína e teonina podem ser limitantes);</li> <li>- Elevada concentração de polissacarídeos não amiláceos;</li> <li>- Reduz a ingestão de alimento;</li> <li>- Possibilidade de crescimento e desenvolvimento de enterite intestinal;</li> <li>- Presença de fatores anti nutricionais, como a lectina;</li> <li>- Pobre em fósforo disponível.</li> </ul>	Salmão do Atlântico	34 % (40 %)	Pobre digestibilidade	Refstie, Storebakken and Roem (1998)
			Truta arco-íris	42% (50 %)	Apenas 0,3 % de metionina	Kaushik et al. (1995)
			Dourada	39,5 % (47 %)	Perfil de aminoácidos pobre	Martínez-Llorens et al. (2008)
			Robalo	25 % (27 %)	Pobre digestibilidade	Tibaldi et al. (2006)
			Carpa	100 % de substituição de FM	Pobre em metionina e lisina	Viola et al. (1982)
Concentrado de Soja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perfil de aminoácidos essenciais (AAE) igual ou semelhante ao perfil de AAE da farinha de peixe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metionina e cisteína podem ser limitantes;</li> <li>- Caro.</li> </ul>	Salmão do Atlântico	50 % (75 % PB na dieta)	Apenas 0,3 % de metionina	Storebakken, Shearer and Roem (2000)
			Truta arco-íris	62 % (100 % PB na dieta)	Apenas 0,4 % de metionina	Kaushik et al. (1995)
			Dourada	20 % (30 %)	-	Kissil et al. (2000)

Tabela 2 (cont.): Vantagens e desvantagens do uso de algumas alternativas de fontes vegetais proteicas. Casos de estudo com estas alternativas vegetais, para várias espécies, sob determinadas percentagens de inclusão. Legenda: FP - Farinha de peixe. A negrito estão os artigos acrescentados à tabela adaptada de Rana et al., 2009.

Concentrado de Ervilha	- Alto coeficiente aparente de digestibilidade da proteína.	- Lisina e metionina são limitantes; - Alta concentração de hidratos de carbono (o peixe não metaboliza polissacarídeos não amiláceos); - Presença de fatores anti nutricionais, como alcaloídes quinolínicos.	Salmão do Atlântico	27 % (33 %)	-	Carter and Hauler (2000)
			Robalo	36 % (60 %)	Pobre palatabilidade; Pouca metionina	Tibaldi et al. (2005)
Farinha de Canola	- Perfil de AAE muito semelhante ao da farinha de soja.	- Pobre em fósforo.	Salmão do Atlântico	35%	Presença de glucosinolatos e ácido fético	Sajjad and Carter (2004)
			Truta arco-íris	< 25 % (100 %)	Pobre palatabilidade; Baixo perfil de aminoácidos	Carter and Hauler (2000)
Farinha de Milho	- Proteína bruta: 60 - 73 %; - Alta digestibilidade.	- Pobre em lisina.	Salmão do Atlântico	50 % (60 %)	Pobre em lisina	Mente et al. (2003)
			Truta arco-íris	23 % (40 %)	Pobre digestibilidade de hidratos de carbono	Morales et al. (1994)
			Dourada	40 % (60 %)	Pobre em lisina e arginina	Pereira and Oliva-Teles (2003)
			Robalo	(70 %)	-	<b>Messina et al. (2013)</b>
Farinha de Trigo	-	- Grande quantidade de amido; - Lisina é limitante.	Salmão do Atlântico	16,7 % (36 %)	Pobre em lisina	Storebakken, Shearer and Roem (2000)
Farinha de Girassol	-	-	Salmão do Atlântico	27 % (33 %)	-	Gill et al. (2006)
			Truta arco-íris	42 % (40 %)	-	Sanz et al. (1994)
			Dourada	12 % (9 %)	Alta quantidade de fibras	Lozano et al. (2007)

Os óleos vegetais são alternativas atraentes ao óleo de peixe, como fontes lipídicas a incorporar nas dietas, da indústria aquícola, sendo que são passíveis de ser utilizadas e incorporadas em grandes quantidades, nas dietas de algumas espécies. No entanto, os óleos vegetais, ao contrário do óleo de peixe são pobres em HUFA, tais como EPA, DHA e ARA, mas sim ricos em PUFA, tais como os ácidos linoicos (ómega 6), que usualmente não conseguem ser absorvidos pelo peixe de forma eficiente e benéfica e têm propriedades pro-inflamatórias. Para colmatar, esta limitação são vulgarmente utilizadas, como fontes lipídicas nas dietas, misturas entre óleos vegetais e/ou suplementos e aditivos que promovam a absorção de nutrientes e a digestibilidade do alimento composto fabricado, melhorando e promovendo o crescimento e saúde do peixe (Klinger & Naylor, 2012).

A Tabela 3 enumera, para diferentes espécies, a percentagem (%) de incorporação de alguns óleos vegetais, como parcela lipídica, e suas principais limitações nos alimentos compostos para peixes.

Tabela 3: Percentagem de incorporação de óleos vegetais, como fonte lipídica da dieta aquícola, e suas limitações, por espécie de peixe produzida. (Legenda: OV – Óleos vegetais; OP – Óleo de peixe).

Alternativa Vegetal	Espécie	% de incorporação de OV por substituição de OP	Limitações	Referência
Óleo de Soja	Robalo	60	- Afeta o perfil de ácidos gordos de cadeia longa (n-3)	Montero et al. (2005)
	Dourada	60	-	Izquierdo et al. (2005)
	Truta arco-íris	50; 83	-	Alves Martins et al. (2006)
	Salmão do Atlântico	50; 100	-	Grisdale-Helland et al. (2002)
Óleo de Canola	Robalo	60	- Diminuição dos ácidos gordos de cadeia longa no músculo e no fígado	Izquierdo et al. (2003)
	Dourada	60	- Diminuição dos ácidos gordos de cadeia longa no músculo e fígado	Izquierdo et al. (2003)
	Salmão do Atlântico	33; 67; 100	- Diminuição da quantidade de ácidos gordos de cadeia longa, no músculo do peixe, sendo que os valores normais podem ser repostos com a utilização de uma dieta rica em óleo de peixe, durante algumas semanas (exceto quando a dieta usada foi a	Karalazos et al. (2007)

			substituição de 100 % por óleo vegetal)	
Óleo de Linhaça	Robalo	60	- Diminuição dos ácidos gordos de cadeia longa no músculo e fígado	Izquierdo et al. (2003)
	Dourada	50; 100	- Na substituição total, existe diminuição de crescimento e da resposta imunitária	Montero et al. (2008)
	Truta arco-íris	100	- Fraca palatabilidade	Geurden et al. (2007)
	Salmão do Atlântico	33; 67; 100	- Diminuição da quantidade de ácidos gordos de cadeia longa, no músculo do peixe, que pode ser reposta para valores normais, com o uso de uma dieta "terminal", com 100 % de óleo de peixe (exceto quando a dieta usada foi a que detinha uma substituição do OP a 100 %)	Bell et al. (2003)

É importante salientar que não é correto hierarquizar e/ou individualizar os ingredientes, uma vez que a sua incorporação, nas fórmulas comerciais é conjunta, de forma a perfazer os parâmetros nutricionais específicos da espécie, e depende de inúmeros fatores, tais como a espécie alvo, fase do ciclo de vida da espécie (larva, juvenil, adulto, uma vez que têm necessidades nutricionais distintas, assim como estruturas morfológicas diferenciadas), preço atual e disponibilidade do ingrediente.

Até meados de 2013, a utilização de ingredientes alternativos de origem animal, encontrava-se bastante limitada, de acordo com a CE 999/2001<sup>1</sup> retificada pela lei CE 1234/2003<sup>2</sup>. Atualmente, substituída pelo regulamento UE 56/2013<sup>3</sup>. Após, o alarmante aparecimento da encefalopatia espongiforme bovina (EEB), vulgarmente conhecida por "doenças das vacas loucas", a União Europeia e os restantes países interessados adotaram várias medidas de prevenção, controlo e eliminação da doença, no sentido de garantir a proteção humana e animal, publicando em 2001 regulamento No. 999/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho<sup>1</sup>, dedicado ao estabelecimento de regras para a prevenção, o controlo e a erradicação de determinadas encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET). Em 2003, visto que "não havia provas da ocorrência natural de EET em animais de criação não ruminantes destinados ao consumo humano" (CE

<sup>1</sup> Regulamento (CE) N.º 999/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de Maio de 2001 que estabelece regras para a prevenção, o controlo e a erradicação de determinadas encefalopatias espongiformes transmissíveis

<sup>2</sup> Regulamento (CE) N.º 1234/2003 da Comissão de 10 de Julho de 2003 que altera os anexos I, IV e XI do Regulamento (CE) n.º 999/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho e o Regulamento (CE) n.º 1326/2001 no que respeita às encefalopatias espongiformes transmissíveis e à alimentação dos animais

<sup>3</sup> Regulamento (UE) N.º 56/2013 da Comissão de 16 de janeiro de 2013 que altera os anexos I e IV do Regulamento (CE) n.º 999/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece regras para a prevenção, o controlo e a erradicação de determinadas encefalopatias espongiformes transmissíveis

1234/2003<sup>2</sup>), a União Europeia (UE) publica um novo regulamento que corrigiu e/ou alterou o anterior regulamento CE 999/2001. Este regulamento veio facilitar por simplificação, a utilização das farinhas de peixe, mantendo no entanto a proibição da utilização de proteínas de animais não-ruminantes de origem terrestre, visto haver uma falta de métodos de controlo adequados que diferenciasssem estas matérias-primas das proteínas animais provenientes de ruminantes. Mais recentemente, a 8 de Março de 2011, o défice evidente de proteína a nível mundial, juntamente com os desenvolvimentos tecnológicos alcançados durante a década anterior, no que refere à identificação molecular de espécies, leva o Parlamento Europeu a autorizar a utilização de proteína terrestre provinda de desperdícios de matadouros para a produção de alimentos destinados a animais monogástricos, desde que: (1) os ingredientes provenham de carnes aprovadas para consumo humano; (2) não haja evidências de reciclagem intraespecífica; e (3) sejam de origem não ruminante (UE 56/2013<sup>3</sup>).<sup>4</sup>

### 2.1.3. Subprodutos animais

Os subprodutos animais são uma das alternativas proteicas e lipídicas mais interessantes para serem usadas na alimentação aquícola. Incluídos nos subprodutos animais estão as partes e/ou *debris* de animais que não são diretamente consumidos por humanos, incluindo animais mortos, desperdícios alimentares (restaurantes, lotas, supermercados, etc.), crus e/ou cozinhados (MEMO, 2003).

A União Europeia classifica os subprodutos animais em três categorias, designadamente (MEMO, 2003; CE 1069/2009):

- (i) categoria 1: os subprodutos representam grandes riscos sanitários, de contaminação e doença (presença de dioxinas, hormonas, entre outros), e por essa razão devem ser completamente eliminados, recorrendo à incineração;
- (ii) categoria 2: subprodutos com algum risco de contaminação para animais débeis ou doentes (abatidos por prevenção de contaminação sanitária, e/ou de produtos químicos). Nesta categoria, os subprodutos podem ser aproveitados para a produção de outros produtos que não alimentares (por exemplo: biogás), somente após sofrerem um tratamento adequado;
- (iii) categoria 3: os subprodutos podem ser utilizados por inteiro, sem nenhum risco associado, estando aptos para o consumo humano ou para outros animais, e podem ser transformados em ingredientes para alimentação animal, seguindo

---

<sup>4</sup> Consultar no anexo A: descrição sumária e esquemática dos pontos fulcrais ditados nos regulamentos CE 999/2001; CE 1234/2003 e UE 56/2013

um processamento legal e aprovado (por exemplo pela Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo (HACCP)).

Segundo esta classificação apenas os subprodutos classificados na categoria 3 podem ser usados na indústria alimentar aquícola. No entanto a sua utilização é ainda sujeita a algumas restrições impostas pelo decreto-lei EU 56/2013. Ou seja, estes subprodutos só podem ser usados se, não são sujeitos a: (i) reciclagem intraespecífica (utilização do subproduto de determinada espécie para a mesma espécie) e (ii) utilização de carne de ruminantes (MEMO, 2003).

Uma análise mais detalhada indica que a utilização de subprodutos animais, como fonte alternativa à farinha de peixe, pode trazer vantagens e desvantagens à espécie produzida, consoante o tipo de subproduto utilizado, na incorporação na dieta.

A Tabela 4 resume as vantagens e desvantagens da utilização de vários tipos de subprodutos animais, como fonte proteica, assim como a sua percentagem de inclusão em dietas de investigação, para algumas espécies específicas, e suas limitações.

De facto, a utilização de subprodutos animais na dieta, conduzem a um perfil de aminoácidos mais completo e equilibrado, do que as fontes vegetais, aumentando por sua vez a digestibilidade do alimento, e consequentemente, promovendo o rápido crescimento do peixe produzido (Klinger & Naylor, 2012).

Tal como no caso das fontes alternativas vegetais não é possível hierarquizar os ingredientes animais por ordem de importância de utilização, uma vez que a sua incorporação, nas fórmulas comerciais, depende de inúmeros fatores, tais como: espécie alvo, fase do ciclo de vida da espécie (larva, juvenil, adulto, uma vez que têm necessidades nutricionais distintas, assim como estruturas morfológicas diferenciadas), preço atual e disponibilidade do ingrediente; sendo que a maioria das vezes os ingredientes são utilizados em conjunto e misturados de forma a satisfazer os requisitos nutricionais específicos da espécie de produção.



Tabela 4: Vantagens e desvantagens da utilização de subprodutos animais, como fonte proteica na dieta. Casos de estudo para várias espécies, sob determinadas percentagens de inclusão. Legenda: FP - Farinha de peixe. (adaptado de Rana et al., 2009).

Subproduto Animal	Vantagem(ns)	Desvantagem(ns)	Espécie	(%) Nível de inclusão / (% substituição de FP)	Limitação	Referência
Farinha de Sangue	- Rico em lisina	- Pobre em metionina; - Grande sensibilidade ao calor e em condições adversas pode danificar e afetar a digestibilidade da proteína.	Truta arco-íris	22,7 %	-	Luzier, Summerfelt and Ketola (1995)
			Dourada	5 % (15 %)	- Pobre em metionina; - Baixa digestibilidade	Martínez-Llorens (2008)
Farinha de Subprodutos de Aves	- Excelente perfil nutricional (proteína: 60 - 70 %; gordura: 10 - 20 %; cinzas: 10 %).	- Pobre em lisina, metionina e histamina.	Dourada	71 % (100 %)	-	Nengas, Alexis and Davies (1999)
			Truta arco-íris	20 % (40 %)	-	Mustafa and Huseyin (2003)
Farinha de Penas	- Excelente perfil de aminoácidos bioativos, e péptidos corretamente equilibrados.	- Pobre em lisina e metionina; - Mediante o tratamento usado, podem perder digestibilidade.	Truta arco-íris	15%	- Pobre em lisina e/ou outros AAE	Fowler (1990); Bureau et al. (2000)
			Truta arco-íris	30%	- Pobre em lisina e/ou outros AAE	Pfeffer, Wiesmann and Heinrichfreise (1994)
Farinha de Subprodutos de Peixe	- Perfil nutricional igual ou semelhante à FP.	- Risco de existência de patógenos e contaminantes prejudiciais para o peixe e para o consumidor.	-	-	-	-

A utilização da farinha de penas hidrolisada e farinha de subprodutos de aves/penas, em dietas para aquacultura viu-se comprometida em 2001, na União Europeia, pelo Decreto-lei CE 999/2001. O Anexo A apresenta a descrição sumária e esquemática dos pontos fulcrais ditados nos regulamentos CE No. 999/2001, CE No. 1234/2003 e UE No. 56/2013. Por esta razão, a avaliação sistemática do potencial destes ingredientes, nomeadamente através de projetos de investigação científica, ficou estagnada ou pelo menos diminuída. A informação disponível em relação a estes ingredientes é muito reduzida, durante o período de 2001 a 2003, ano em que o diploma legal (CE 999/2001) é revisto e se abrem mais possibilidades.

Apesar do potencial óbvio da recuperação de resíduos e do alto valor nutricional, muito semelhante às fontes marinha (farinha e óleo de peixe), associado aos ingredientes derivados de subprodutos de peixe, a sua utilização enfrenta alguns obstáculos, tais como a dificuldade de processamento e o risco, ainda que minoritário, de contaminação da matéria-prima (Klinger & Naylor, 2012).

Na comparação entre fontes proteicas vegetais e de subprodutos animais, Alexis (1997) compara e investiga os efeitos da substituição e incorporação de ingredientes alternativos, tanto de origem animal como vegetal, em dietas para peixes Mediterrâneos. Assim, a farinha de arenque evidenciou o melhor coeficiente de digestibilidade aparente (proporção de alimento ingerido que é realmente digerido e absorvido). Por outro lado, a farinha de milho e a polpa de tomate obtiveram os piores índices de todos os testados. A Tabela 5 apresenta os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia, obtidos no estudo de Alexis (1997) com dourada e robalo.

A digestibilidade dos alimentos varia, no entanto, e depende de inúmeros fatores, incluindo o tipo e extensão do processamento tecnológico aplicado durante a preparação e/ou manufatura do ingrediente (Nengas et al., 1999). Assim, um ingrediente, rico em proteína animal, sujeito a um excessivo tratamento de calor durante a fase de secagem, pode ter a quantidade de proteína digestível disponível comprometida (Cho et al., 1982). Consequentemente, a baixa digestibilidade da proteína vegetal pode ser justificada pelo alto teor em fibras e hidratos de carbono deste tipo de ingredientes que geralmente está associado a uma componente indigerível para a maioria dos carnívoros (Kirchgessner et al., 1986 citado por Alexis, 1997).

Tabela 5: Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia (%) para os ingredientes geralmente testados em dourada e robalo (adaptado de Alexis, 1997).

Ingrediente	Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína (Dourada)	Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína (Robalo)	Coeficiente de Energia para Dourada e Robalo
	Proteína	Proteína	Energia
<b>Subprodutos animais</b>			
Farinha de arenque	95,8	96,0	94,1
Farinha de subprodutos de aves	81,8	84,5	80,3
Farinha de aves	89,9	-	67,4
Farinha de penas (A)	24,9	-	6,7
Farinha de penas (B)	57,5	81,5	63,9
Farinha de carne e osso	72,2	92,2	69,2
Leite desnatado	95,5	-	104,3
Farinha de sangue	46,3	-	57,8
<b>Subprodutos vegetais</b>			
Farinha de soja	90,9	88,4	47,7
Farinha integral de soja	75,7	-	61,9
Farinha de glúten de milho	90,0	93,8	79,7
Glúten de milho	65,3	-	23,7
Milho em flocos	60,3	33,7	
Farinha de girassol	86,2	-36,0	
Farinha de algodão	75,4	39,2	
Farinha de polpa de tomate	20,1	8,8	

A produção lípidos com os subprodutos animais terrestres é pequena, por isso eles são caros e a sua incorporação na aquacultura não compensa. Para além disso, estas alternativas lipídicas manifestam baixa digestibilidade, tendo que ser sujeitas a um tratamento com gorduras poliinsaturadas, para facilitar a sua digestão; e ainda apresentam uma alta quantidade de ácidos gordos poliinsaturados de cadeia curta (n-6), sendo que, como já foi referido, os ácidos gordos preferenciais, que promovem a saúde e crescimento do peixe, são os de cadeia longa (n-3). Ou seja, o uso de óleos de subprodutos animais terrestres, como fonte de lipídica, pode de facto contribuir para a redução da incorporação de óleo de peixe, e consecutiva redução de impacte nas pescas, mas não serão a solução ideal, nem do ponto de vista económico, uma vez que é necessária uma grande quantidade de matéria-prima para a sua obtenção; nem do ponto de vista biológico, visto não serem a melhor opção para o peixe, como explorado anteriormente (Klinger & Naylor, 2012).

Por último, a procura de novos ingredientes e alternativas proteicas é urgente, e por isso são vários os estudos que se enfocam em ingredientes pouco usuais, tais como: farinha de larva de inseto (*Musca domestica*). A composição de aminoácidos desta alternativa é muito semelhante à da farinha de peixe, e por essa razão já foi testada na produção de salmão e truta (Spinelli, 1980).

### **Secção 3: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**

Atualmente, são vários os programas de certificação de “Aquacultura Orgânica”, sendo que todos eles incluem uma lista de ingredientes orgânicos vegetais a utilizar nas rações dos animais. Em geral, estes programas promovem a substituição dos ingredientes de origem animal por ingredientes orgânicos de origem vegetal (Debio, 2009; Naturland, 2013). No entanto, esta substituição, como temos vindo a referir, não implica necessariamente uma redução do impacte ambiental, sendo que para avaliar tal efeito é necessária a utilização de uma metodologia que permita a avaliação quantificável dos impactes, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (Pelletier & Tyedmers, 2007).

#### **3.1. Surgimento da metodologia**

O conceito de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) surgiu nos anos 60, de modo a dar resposta às questões que se colocavam sobre os impactes ambientais associados ao uso intensivo de matérias-primas e recursos energéticos (SAIC, 2006).

Em 1969, a companhia Coca-Cola levou a cabo o primeiro estudo de avaliação de impactes ambientais, na altura designado de Análise do Recurso e do Perfil Ambiental (SAIC, 2006). Este estudo, nunca publicado devido ao seu carácter confidencial, visou uma avaliação comparativa do impacte ambiental associado às embalagens usadas para o produto Coca-Cola (plástico ou vidro).

Nos anos 70 a crise petrolífera desencadeou o aparecimento de interesses públicos no controlo de custos de produção, embalagem, e transporte, entre outros. Estes fomentaram o desenvolvimento e o crescimento da metodologia ACV (SAIC, 2006). Já em 1972, foi realizado um estudo do impacte ambiental associado a embalagens de cervejas e sumos. Este estudo, encomendado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), marcou claramente o crescimento e aperfeiçoamento deste método de investigação, levando ao desenvolvimento da indústria do vidro, aço, alumínio, papel, plástico e ainda de mais de 40 materiais diferentes, com o intuito de promover um desenvolvimento industrial sustentável (Hunt & Franklin, 1996).

Em 1984, o Laboratório Federal Suíço para Teste e Investigação de Materiais (EMPA), publicou um artigo sobre o impacte ambiental das embalagens mais produzidas e utilizadas. Pela primeira vez o enfoque incide sobre os impactes da poluição na água e no ar. Daqui resulta o aparecimento de parâmetros designados como “volume crítico de água” e “volume crítico de ar” (Ahbe et al., 1991 citado por Ferreira, 2004).

A década de 1990 foi muito importante para o desenvolvimento da metodologia que foi conduzida pela Sociedade de Química e Toxicologia Ambiental (SETAC). Nesta altura foram criadas inúmeras ações de divulgação científica, como *workshops*, fóruns e publicações de artigos (Ferreira, 2004). Nesta altura, o conceito foi normalizado e o método uniformizado de modo a ser possível a sua aplicação mundial a qualquer produto ou serviço comercial. Em 1997 surgem, então, as normas internacionais da série ISO 14000, que identificam as etapas da metodologia a seguir para os estudos de ACV (SAIC, 2006).

Somente na última década do século XX, é que surgiram as primeiras publicações científicas aplicando a ACV às pescas e aquacultura. O primeiro artigo conhecido foi publicado em 2001 (Tyedmers, 2001). Mais tarde, em 2003, surge um estudo pioneiro na área aquícola, focando o impacte ambiental da produção de truta em França (Papatryphon et al., 2004). Somente em 2006, surge o primeiro artigo focando o impacte ambiental associado aos ingredientes utilizados pela indústria alimentar aquícola (Pelletier, 2006), sendo, no entanto, a bibliografia publicada e disponível sobre esta temática ainda muito reduzida.

### 3.2. Descrição da metodologia

O ciclo de vida refere-se ao conjunto de todos os processos desde o fabrico até ao seu fim de vida de um determinado produto ou serviço, sendo por esta razão caracterizado pela expressão “desde o berço até ao túmulo” (“*cradle-to-grave*”) (Ferreira, 2004; SAIC, 2006). A norma NP EN ISO 14040: 2008 caracteriza a ACV como sendo a compilação, interpretação de todas as entradas, saídas (de materiais e energia) e cálculo dos potenciais impactes ambientais associados à produção, consumo e eliminação de determinado produto ou serviço. A par das etapas descritas anteriormente existe uma interpretação constante dos dados e resultados obtidos em cada uma das etapas da metodologia. As etapas da metodologia incluem (Figura 10):

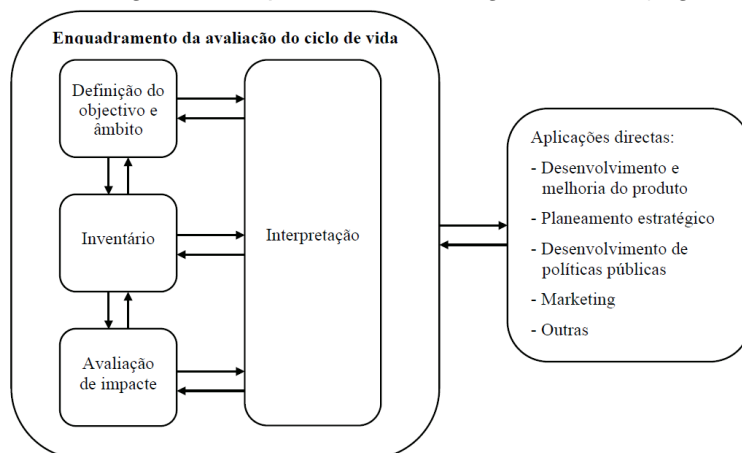


Figura 10: Etapas da ACV (NP EN ISO 14040, 2008)

A etapa 1: **Definição de objetivos e âmbito** é realizada de modo a identificar o objetivo, o contexto e as fronteiras da investigação. Na definição do âmbito do trabalho são definidos os seguintes parâmetros: (i) unidade funcional (sendo esta a unidade mínima que expressa uma quantidade de produto/ serviço e que vai ser usada para reportar o impacte ambiental final; p.ex.: 1 garrafa de água de 200 ml); (ii) sistema de produto a ser estudado e seus limites/fronteiras; (iii) procedimentos de alocação (para os casos em que o mesmo processo de produção dê origem a vários subprodutos distintos); (iv) categorias de impacte a ser consideradas e metodologia de avaliação de impactes a usar; (v) requisitos de recolha e qualidade dos dados; (vi) limitações da análise; (vii) revisão crítica e formato do relatório.

A etapa 2: **Análise de inventário do Ciclo de Vida (ICV)** identifica e quantifica todas as entradas e saídas (de materiais e energia) do sistema de e para o ambiente, dentro dos limites já estabelecidos (por exemplo: consumo de energia, água, matérias-primas, emissões de gases, descargas de efluentes líquidos e resíduos sólidos para o meio ambiente) (SAIC, 2006; NP EN ISO 14040: 2008). A análise de ICV é provavelmente a etapa mais morosa, uma vez que consiste na recolha e organização de dados, associados ao ciclo de vida (Roy et al., 2009). As tarefas que a integram são a identificação das entradas e saídas do sistema. As entradas incluem, por exemplo, a energia, água, materiais, matérias-primas. As saídas incluem os produtos e coprodutos, emissões para a água, ar, solo, e ainda os resíduos sólidos produzidos (Roy et al., 2009). A definição dos limites do sistema é aqui importante para identificar a relação do nosso sistema de produção com o ambiente e com os outros sistemas circundantes. Isto faz-se de modo a limitar o sistema de produção aos processos que contribuem de forma significativa para este mesmo processo, quer na entrada quer na saída do sistema. Sempre que possível, e como alternativa de utilização das bases de dados de inventário disponíveis, para os mais distintos produtos, deverão ser usados dados específicos dos processos em estudo, junto das empresas produtoras, e que em geral reflitam a informação referente a um ano. Por fim, na realização dos cálculos, resultantes da informação sobre entradas e saídas (Procedimentos de cálculos) existem duas linhas a seguir: (i) procedimentos de alocação (reporta a responsabilidade de cada item do inventário, relativo à unidade funcional); (ii) tabela de inventário (identificação e quantificação das entradas e saídas de matéria e energia que ocorrem ao longo do ciclo de vida do produto) (NP EN ISO 14040, 2008).

Na etapa 3: **Avaliação do impacte ambiental (AICV)** são avaliados os potenciais efeitos humanos e ambientais da utilização dos recursos ambientais, energéticos e outros identificados na tabela de inventário. Esta etapa pressupõe a realização de fases obrigatórias (classificação) e opcionais (normalização e ponderação). A classificação

caracteriza-se pela seleção de categorias de impacto (Tabela 6), já a caracterização pressupõe a avaliação da magnitude dos potenciais impactos associados ao inventário. A normalização reporta os potenciais impactos ambientais, de modo a que estes possam ser comparados, a um local geográfico comum. Por fim, a ponderação atribui a cada categoria de impacto um peso ou percentagem no fabrico ou processamento do produto (NP EN ISO 14040, 2008). Após a resolução deste passo é obtido um indicador único por categoria de impacto.

Tabela 6: Seleção de categorias de impacto utilizadas no estudo de ACV (Guineé et al., 2001; NP EN ISO 14040, 2008)

<b>Categoria de Impacte</b>	<b>Escala</b>	<b>Interpretação dos dados de inventário</b>	<b>Fator de Caracterização</b>	<b>Descrição do fator de caracterização</b>
<b>Aquecimento global</b>	Global	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) Dióxido de Azoto (NO <sub>2</sub> ) Metano (CH <sub>4</sub> ) Clorofluorcarbonos (CFC) Hidroclorofluorcarbonos (HCFC) Brometo de Metil (CH <sub>3</sub> Br)	Potencial de aquecimento global	Converte dados de ICV em massa de dióxido de carbono equivalentes  Nota: potenciais de aquecimento global podem ser de 50, 100 ou 500 anos
<b>Depleção da Camada do Ozono</b>	Global	Clorofluorcarbonos (CFC) Hidroclorofluorcarbonos (HCFC) Brometo de Metil (CH <sub>3</sub> Br) Halons	Potencial de depleção do ozono	Converte dados de ICV em triclourofluormetano (CFC -11) equivalentes
<b>Acidificação</b>	Regional Local	Óxidos de enxofre (SO <sub>x</sub> ) Óxidos de azoto (NO <sub>x</sub> ) Ácido hidroclorídrico (HCL) Ácido hidrofluorídrico (HF) Amónia (NH <sub>4</sub> )	Potencial de acidificação	Converte dados ICV em dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) equivalente
<b>Eutrofização</b>	Local	Fosfato (PO <sub>4</sub> ) Óxido de azoto (NO) Dióxido de Azoto (NO <sub>2</sub> ) Nitratos Amónia (NH <sub>4</sub> )	Potencial de eutrofização	Converte dados ICV em equivalentes fosfato (PO <sub>4</sub> )
<b>Oxidação Fotoquímica</b>	Local	Hidrocarbonetos não-metano (NMHC)	Potencial de criação de oxidante fotoquímico	Converte dados ICV em etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ) equivalente
<b>Eco-Toxicidade terrestre</b>	Local	Químicos tóxicos com um registo de concentração letal (para roedores)	Potencial de químicos tóxicos	Converte dados ICV em 1-4 diclorobenzeno (DB) equivalente
<b>Eco-Toxicidade aquática (da água ou dos sedimentos marinha e de água doce)</b>	Local	Químicos tóxicos com um registo de concentração letal (para peixes)	Potencial de químicos tóxicos	Converte dados ICV em 1-4 diclorobenzeno (DB) equivalente
<b>Toxicidade humana</b>	Global Regional Local	Descargas totais para o ar, água e solo. Exposição e efeitos das substâncias tóxicas por tempo infinito	Potencial de químicos tóxicos	Converte dados ICV em 1-4 diclorobenzeno (DB) equivalente
<b>Depleção de recursos abióticos</b>	Global Regional Local	Quantidade de minerais e combustíveis fósseis usados	Potencial de depleção dos recursos	Converte dados ICV em antimónio (Sb) equivalente
<b>Uso de solo</b>	Global Regional Local	Quantidade depositada num aterro	Resíduo sólido	Converte massa de resíduo sólido em ocupação gerada pelo

				mesmo
--	--	--	--	-------

A etapa 4: **Interpretação** deverá ocorrer em simultâneo com todas as etapas anteriores (NP EN ISO 14040, 2008). Esta inclui:

- (i) identificação dos pontos significativos com bases nos resultados da etapa de Análise de ICV;
- (ii) avaliação da plenitude e consistência da informação usada. A plenitude tem como meta garantir que todos os dados e informações utilizados estão disponíveis e completos. A sensibilidade pretende avaliar a confiança dos resultados e conclusões finais, avaliando se estas não são afetadas pelas variações dos dados do inventário, métodos de afetação, ou qualquer outra etapa antecedente. A averiguação da consistência avalia e relaciona as considerações tomadas na análise, dos métodos e dos dados obtidos e recolhidos, com os objetivos e âmbito do projeto;
- (iv) conclusões, recomendações e relatório do estudo.

### **3.3. Vantagens, Limitações e Aplicações da ACV**

A ACV conduz a vantagens e aplicações descritas pelo NP EN ISO 14040 (2008) incluindo por exemplo:

- (i) desenvolvimento de uma avaliação sistemática das consequências ambientais associadas ao consumo do recurso ou produção de poluição associada a um determinado produto, durante o seu ciclo de vida;
- (ii) análise dos balanços ambientais associados a produtos ou processos de produção, de modo a possibilitar ações informadas de redução de impacte;
- (iii) quantificação de descargas ambientais para o ar, água e solo, em cada fase do ciclo de vida;
- (iv) identificação de transferências dos impactes ambientais entre fases do ciclo de vida e o meio ambiente;
- (v) avaliação dos efeitos humanos e ambientais no consumo de materiais e descargas ambientais para comunidade local, regional ou mundial;
- (vi) avaliação comparativa dos impactes de dois ou mais produtos ou processos na saúde humana e no ambiente.

A metodologia auxilia a tomada de decisão na seleção de produtos ou processos aos quais está associado um menor impacte ambiental. Este método permite não só a avaliação do impacte ambiental associado a um determinado produto, como também auxilia as decisões de gestão e marketing comercial.

Contudo, a ACV possui algumas limitações, como por exemplo:



- (i) multiplicidade de recursos/dados, cuja a obtenção poderá ser difícil, cara e demorada;
- (ii) os aspetos económicos associados não são avaliados, e por isso, existem algumas limitações para a tomada de decisão consciente e ponderada, sob o ponto de vista económico e financeiro.

### **3.4. Estudos de ACV focando a indústria pesqueira e a aquacultura.**

Existem disponíveis estudos que focam os impactes associados às várias artes de pesca. A aquacultura representa um dos maiores setores da indústria alimentar e é também aquele onde se verifica um maior crescimento anual. Tal como alguns autores defendem a ACV, na aquacultura, é importante de modo informar sobre a sustentabilidade ambiental da mesma (Jerbi et al., 2012).

Vários estudos de ACV focam, individualmente ou por comparação, o impacte associado a alguns dos ingredientes usados nas dietas de aquacultura.

A Tabela 7 resume as características dos estudos revistos.

Os estudos de Pelletier & Tyedmers (2007), Davis et al. (2010) e Samuel-Fitwi et al. (2013) focam o ciclo de vida inerente à produção da dieta. Os estudos de Papatryphon et al. (2004) e Boissy et al. (2011) para além da produção da dieta incluem também a produção do peixe, com as respetivas dietas experimentais. Iribarren et al. (2012) vai mais além, e para além dos limites anteriores, considera também os impactes associados ao consumo do peixe produzido. Apenas o estudo de Pelletier & Tyedmers (2007) se dedica exclusivamente à produção do ingrediente. Todos os outros estudos, analisam o alimento composto como um todo, e calculam o impacte global do alimento composto e/ou da produção do peixe.

Verifica-se que as unidades funcionais variam conforme os objetivos e metas estabelecidos em cada estudo revisto. Alguns estudos consideraram mais do que uma unidade funcional, no mesmo estudo, como é o caso de Pelletier & Tyedmers (2007), Boissy et al. (2011) e Iribarren et al. (2012).

Todos os estudos considerados, exceto Davis et al. (2010), utilizam o método CML, apesar de haver diferenças entre as categorias de impacte em foco.

Os resultados obtidos nos estudos avaliados são díspares. O estudo de Papatryphon et al. (2004) compara quatro dietas e conclui que dietas com uma substituição moderada de farinha de peixe por ingredientes vegetais diminuem os impactes ambientais associados. No entanto, quando existe uma substituição total o impacte ambiental global da dieta aumenta. Já quando a farinha de peixe tem origem em subprodutos de peixe, esta é uma boa opção ambiental, e também económica, uma vez que o preço da farinha

de subprodutos é inferior ao da farinha proveniente de peixe. O estudo de Pelletier & Tyedmers (2007) contraria, no entanto, os resultados de Papatryphon et al. (2004). A Figura 11 compara os impactes ambientais associados aos ingredientes estudados por Pelletier & Tyedmers (2007). Pôde-se verificar que, a substituição de produtos derivados da pesca por subprodutos de peixe ou aves manifestou piores perfis ambientais. No mesmo estudo, os ingredientes de origem animal demonstraram maiores impactes ambientais associados do que os ingredientes de origem vegetal. No entanto, é de salientar que os impactes ambientais associados são dependentes do local de produção (Davis et al., 2010).

O estudo de Davis et al. (2010) formula e compara quatro dietas de porco, alimentado com diferentes fontes proteicas. À semelhança dos estudos anteriores a substituição moderada de proteína animal por vegetal obteve resultados positivos sob o ponto de vista ambiental, sendo por isso os resultados finais transversais a espécies distintas ao peixe.

No entanto, e corroborando os estudos anteriores, Boissy et al. (2011) mostra-nos que a dieta com baixo teor em farinha de peixe é a que apresenta maiores impactes ambientais, isto pode ser justificado pela diversidade de fertilizantes e combustíveis que podem ser utilizados para a produção agrícola das matérias-primas. Também o método e o local de produção das matérias-primas fazem variar os impactes associados.

O estudo de Iribarren et al. (2012) compara o impacte ambiental associado entre ingredientes com origem marinha e vegetal, maioritariamente ingredientes vegetais. No geral, os autores apontam que estes dois grupos não diferem de forma significativa, para a maioria das categorias de impacte ambiental, no que concerne à sua produção. No entanto, esta premissa não se verifica para a categoria de impacte: “aquecimento global”, que apresenta impactes superiores para os ingredientes de origem terrestre, o que pode ser justificado, pelo uso intenso de fertilizantes e/ou métodos de produção mais tradicionais e ou antiquados, com pouca eficiência industrial.

Por fim, o estudo mais recente de Samuel-Fitwi et al. (2013) vem comprovar os resultados dos estudos anteriores. Neste estudo, os autores concluem que a substituição moderada/ baixa de fontes proteicas animais por fontes vegetais melhoraram significativamente as performances ambientais. Em suma, esta substituição não é apenas benéfica do ponto de vista ambiental, mas também biológico, pois conduz à proteção dos *stocks* piscícolas.

Tabela 7: Seleção de estudos de ACV aplicados à aquacultura, pescas e ingredientes aquícolas.

Autor	Objetivo (s)	Unidade funcional	Fases do Ciclo de Vida consideradas	Método	Categorias de Impacte ambiental <sup>5</sup>	Pontos não avaliados	Conclusões
Papatryphon et al. (2004)	- Comparação de quatro dietas <sup>6</sup> e <b>seus ingredientes</b> , a utilizar na produção de truta arco-íris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Quantidade de alimento utilizado para produzir <u>1 tonelada de peixe</u>	Berço-portão ( <i>cradle-to-gate</i> )  Produção dos ingredientes, pescas, processamento, formulação da dieta, produção do peixe	CML  Weidema, B.P. and Lindeijer, E. (2001) <sup>7</sup>	CE; NPPU; AG; A; E	Gestão/ manutenção de resíduos, equipamentos, infraestruturas, transporte do peixe e venda	<p><u>Ingredientes vegetais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O uso de ingredientes vegetais em detrimento de ingredientes derivados de peixe, foi uma estratégia promissora para reduzir os impactos ambientais das dietas de salmonídeos.</li> <li>- A substituição total dos ingredientes derivados de peixe apesar de reduzir, significativamente o valor de NPPU, apresentou um impacto negativo para todas as outras categorias, sobretudo na categoria de eutrofização (em comparação com a dieta onde predomina a substituição parcial);</li> <li>- Posto isto, a substituição total poderá não ser a melhor escolha ambiental, e concomitantemente, também do ponto de vista biológico esta opção ainda se encontra em fase de experimentação;</li> </ul> <p><u>Farinha de subprodutos de peixe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A utilização de subprodutos de peixe resulta para a maioria das categorias de impacto, num aperfeiçoamento ambiental, e até num melhoramento económico.</li> <li>- No entanto, não existe melhoria na categoria de eutrofização e existe apenas uma benfeitoria mínima (não significativa) na categoria de NPPU. Ou seja, nas duas categorias mais preocupantes não existe, ou existe uma melhoria não significativa, comprometendo a viabilidade ambiental do ingrediente;</li> <li>- A dieta com melhores resultados ambientais (com menores impactos ambientais associados, para todas as categorias de impacto) é a que contém reduzida incorporação de farinha de peixe;</li> <li>- Os autores sugerem que a melhoria da categoria de eutrofização poderá passar pelo consecutivo desenvolvimento tecnológico para a remoção de sólidos e de ingredientes solúveis, evitando o excesso de nutrientes na água, que pode levar à eutrofização.</li> </ul>

<sup>5</sup> CE- Consumo de energia; AG – Aquecimento global; DCO – Depleção da camada de ozono; A- Acidificação; FOF – Formação de oxidantes fotoquímicos; TH – Toxicidade humana; ET – Eco -Toxicidade Potencial; E – Eutrofização; EAAD – Ecotoxicidade aquática na água doce; EAM – Ecotoxicidade aquática marinha; RAD – Radiação radioativa; ETT – Ecotoxicidade terrestre; ETA – Ecotoxicidade aquática; DRA – Depleção de recursos abióticos; URB – Uso de recursos bióticos; AC – Alteração climática; OT – ocupação de terra; UA - Uso de água; NPPU – Rede trófica de produção primária.

<sup>6</sup> HF – dieta maioritariamente composta por farinha de peixe com origem do Perú e da Noruega; HFBP – dieta onde a farinha da Noruega foi substituída por subprodutos da pesca, com origem de França; LF – dieta pobre em farinha de peixe e rica em ingredientes de origem vegetal; NF – dieta onde todos os ingredientes provenientes do peixe foram substituídos por ingredientes vegetais.

<sup>7</sup> Referencia utilizada para calcular NPPU

Tabela 7 (cont.): Seleção de estudos de ACV aplicados à aquicultura, pescas e ingredientes aquícolas.

Pelletier & Tyedmers (2007) <sup>8</sup>	- Comparação de 4 dietas experimentais <sup>9</sup> e seus ingredientes principais, individualmente	1 tonelada de ingrediente; 1 tonelada de ração produzida	Berço-portão ( <i>cradle-to-gate</i> )  <u>Ingrediente:</u> Produção, processamento, entrega ao portão dos ingredientes convencionais, pescas e ingredientes derivados de aves; <u>Ração:</u> produção da matéria-prima, processamento e transporte	CML2	AG; A; E; EAM; CE; URB	Ocupação de terra, perda de habitats e biodiversidade, erosão do solo, uso de pesticidas	<p><u>Ingredientes convencionais vegetais:</u> - Glúten de milho (devido à alta energia de processamento) e óleo de canola (devido a necessidade acrescentada de fertilizante) obtiveram as piores performances ambientais;</p> <p><u>Ingredientes provindos da pesca:</u> - A farinha e óleo de peixe de subprodutos processados da pesca do arenque foram os que apresentaram o pior perfil ambiental;</p> <p><u>Comparação entre farinha e óleos:</u> - A farinha de soja apresentou menor impacte ambiental do que a farinha de peixe do Perú ou dos Estados Unidos; - o mesmo se verificou com o óleo de canola em todas as categorias de impacte, exceto na categoria de AG que anunciou um impacte 13% maior para o óleo de canola do que para o óleo de peixe com origem nos Estados Unidos, facto que pode ser justificado pelo uso sistemático de fertilizantes nitrogenados no cultivo de canola; - Farinha de subprodutos de aves ostentaram piores performances ambientais do que as farinhas de milho ou os restantes ingredientes vegetais;</p> <p><u>De maneira geral, nas dietas:</u> - A substituição da farinha e óleo de peixe, por farinhas de subprodutos, de forma a prevenir a sobreexploração dos recursos pesqueiros, resultou em péssimas performances.</p>
--	---	---	--	------	------------------------------	--	--

<sup>8</sup> Consultar figura 6, com a comparação entre os diversos ingredientes analisados<sup>9</sup> C – Convencional (rica em farinha e óleo de peixe, com alguns componentes vegetais); AO – idêntica a C, mas com substituição dos componentes vegetais convencionais, por componentes vegetais orgânicos; OBP – idêntica a C, mas com substituição dos componentes de origem animal, por farinhas e óleos de subprodutos; ORF – dieta com uma redução de 25% na utilização da farinha e óleo de peixe e consecutiva substituição por ingredientes vegetais orgânicos.

Tabela 7 (cont.): Seleção de estudos de ACV aplicados à aquicultura, pescas e ingredientes aquícolas.

Davis et al. (2010)	- Avaliação e comparação do impacto ambiental de 4 diferentes dietas <sup>10</sup> , (com diferentes fontes proteicas) em dois países diferentes (Suécia e Espanha)	1kg de dieta	Berço- Túmulo ( <i>cradle-to-grave</i> )  Produção da matéria-prima, incluindo o uso de fertilizantes e combustível; embalagem; transporte; produção da dieta, incluindo uso de combustível, água, energia, desperdícios ambientais e seu tratamento.	CML	CE; AG; E; A; FOF; DCO	Ecotoxicidade e toxicidade humana	- Nos dois locais de origem testados (Espanha e Suécia), as dietas de farinha de porco alimentado com componentes de origem vegetal, apresentaram menores impactos ambientais do que as dietas de farinha de porco alimentado com proteína animal (em todas as categorias exceto no consumo energético); - O consumo energético é muito semelhante entre todas as dietas porque o componente vegetal utilizado foi a ervilha, que apresenta um difícil processamento, sendo por isso emergente uma evolução do processo de processamento. - O local de produção das dietas influencia o impacto ambiental. Em Espanha o impacto ambiental da produção das dietas para todas as categorias de impacto foi superior ao da Suécia. Esta diferença pode ser explicada pelo tipo de energia predominantemente utilizada nos dois países, sendo que em Espanha predominam as usinas de carvão, nucleares e hídricas, associadas a maiores impactos e destruição ambiental, enquanto que na Suécia exuberam as energia nucleares e hidroelétricas, onde o impacto ambiental é menor;
Boissy et al. (2011)	- Comparação do impacto ambiental entre uma dieta standard (DTS) e uma dieta com reduzida quantidade de incorporação de farinha peixe (LFD); - Foram tidas em conta duas etapas: a produção do alimento, e a produção do peixe com as dietas experimentais, em truta arco-íris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) e salmão do Atlântico ( <i>Salmo salar</i> ), até ao tamanho de comercialização.	<u>Dieta:</u> 1tonelada  <u>Produção de peixe:</u> 1tonelada de peixe produzido	Berço-porta de produção ( <i>cradle-to-farm-gate</i> )  <u>Produção da Dieta:</u> Cultivo de cereais (Brasil, França e Malásia), captura do peixe pela pesca no Perú e Noruega, processamento, transporte  <u>Produção do peixe:</u> Produção de alevins, infraestruturas, equipamentos, energia produzida	CML2 <sup>11</sup>  Frischknecht et al. (2007) <sup>12</sup>  Aubin et al. (2009) <sup>13</sup>  Pauly and Christensen (1995) <sup>14</sup>	A; E, AC; ETT; OT; CE; UA; NPPU	Abate, processamento, venda	<u>Produção da Dieta:</u> - A dieta LFD (quer para salmão do Atlântico, quer para a truta arco-íris) apresentou maiores impactos associados do que a produção da dieta standard, para todas as categorias, exceto na NPPU. <u>Produção do peixe:</u> - A dieta LFD não reduziu os impactos ambientais da produção de peixe, exceto na categoria de NPPU; De facto a produção de vegetais requer uma quantidade de energia semelhante, mas existe um acréscimo de pesticidas e fertilizantes.  - O maior impacto ambiental na aquicultura está associado ao fabrico da dieta; Por este motivo, a substituição dos componentes mais poluentes na dieta é uma alternativa à criação de dietas mais sustentável e mais amigas do ambiente, e consequentemente contribuem para a sustentabilidade da própria atividade aquícola

<sup>10</sup> A – dieta rica em farinha de porco alimentado com ingredientes convencionais; B – dieta rica em farinha de porco alimentado com componentes vegetais maioritariamente, tais como: ervilhas, colza, cereais, entre outros; C - mistura farinha de porco, e uma substituição parcial de 10% da farinha de porco por farinha de ervilha; D - dieta somente constituída por farinha de ervilha , acompanhada em menor quantidade por tomate e milho p.ex.

<sup>11</sup> Método utilizado para A; E; AC; ETT e OT

<sup>12</sup> Referência utilizada para calcular CE

<sup>13</sup> Referência utilizada para calcular UA

<sup>14</sup> Referência utilizada para calcular NPPU

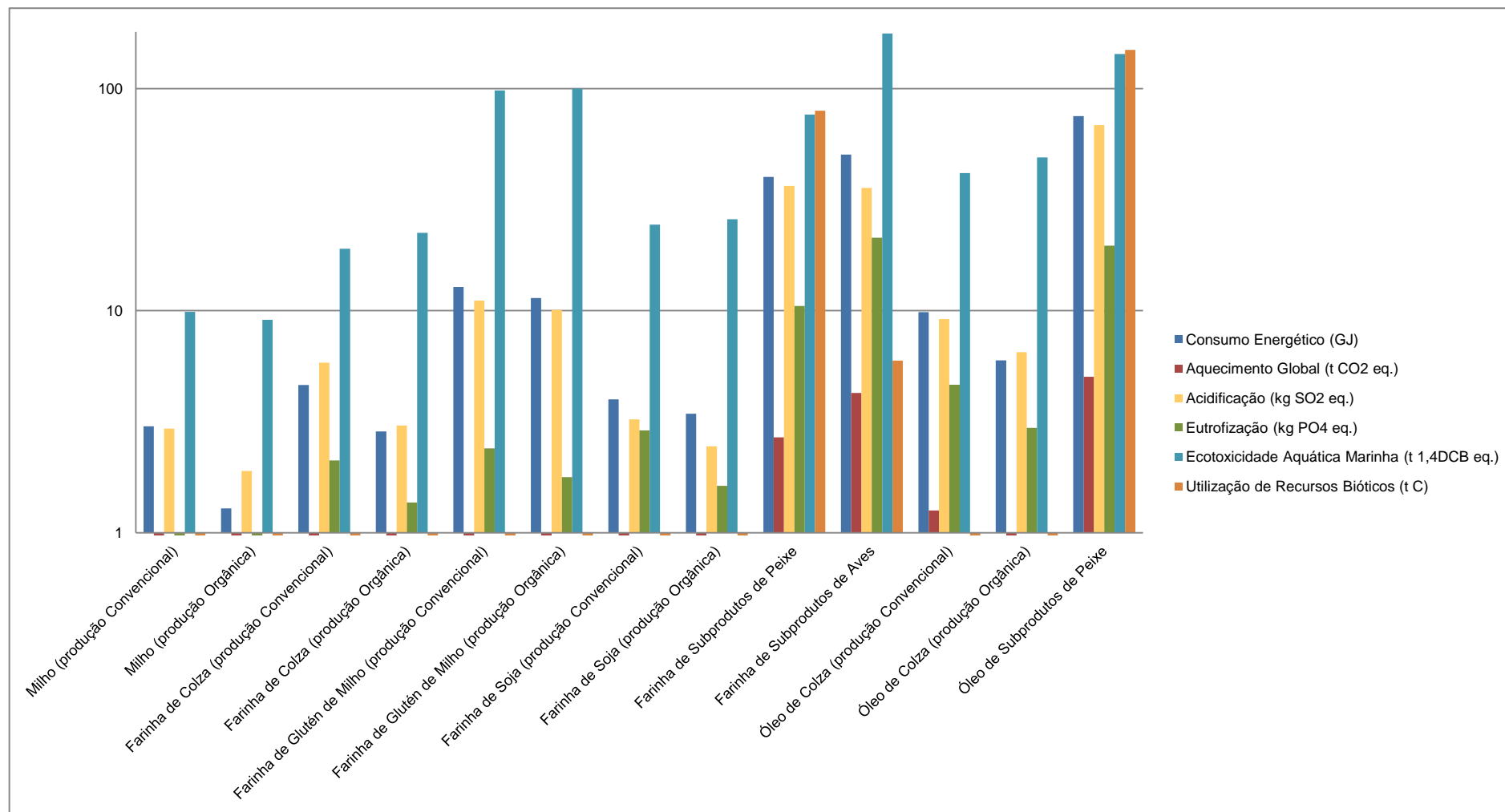
Tabela 7 (cont.): Seleção de estudos de ACV aplicados à aquicultura, pescas e ingredientes aquícolas.

Iribarren et al. (2012)	<p>- Caracterização ambiental dos ingredientes aquícolas em Espanha;</p> <p>- Avaliação da performance ambiental da produção de rodvalho em Espanha;</p> <p>- Comparação dos perfis ambientais entre ingredientes aquícolas marinhos (animais) e terrestres.</p>	<p><u>Produção da dieta:</u> 1tonelada de ingrediente (marinho ou terrestre)</p> <p><u>Consumo:</u> 1 kg rodvalho consumido</p>	<p>Berço- túmulo (<i>cradle-to-grave</i>)</p> <p><u>Produção da dieta:</u> Aquisição (pescas/ agricultura) de matérias-primas, transporte, receção, fabrico do <i>pellet</i> de dieta, embalagem, transporte até ao local de consumo final</p> <p><u>Produção de rodvalho:</u> Maternidade, pré-engorda, engorda</p> <p><u>Consumo:</u> Transporte do peixe até ao local de venda; acondicionamento e embalagem (em papel e/ou plástico), tratamento de resíduos, confeção do peixe (sal, óleo e consumo elétrico)</p>	CML2001	AG; A; E; DRA; DCO; FOF	Produção de dieta: ingredientes minoritários	<p>- A produção das matérias-primas é o fator dominante de todas as categorias de impacte, exceto da categoria de aquecimento global, que é dominada pela fase de processamento das matérias-primas, como extrusão e operações em cadeia (36 %);</p> <p>- A fase que compreendem as operações iniciais da produção de dieta, tais como moagem, receção e mistura, e a fase que inclui a embalagem e as operações finais de produção da dieta, foram as que apresentaram uma menor expressão de impacte, tendo um impacte compreendido entre 0 % e 3 %, nas categorias de impacte selecionadas;</p> <p>- A única diferença entre o impacte dos ingredientes marinhos e continentais (terrestres) é dada pela fase de produção das matérias-primas. Por exemplo, nesta fase, para a categoria de aquecimento global os ingredientes continentais têm duas vezes maior impacte que os ingredientes marinhos. Por outro lado, na categoria de eutrofização, têm menor impacte os ingredientes de origem marinha (nesta fase do ciclo de vida). Estas diferenças podem resultar de uma notável diferença nos valores finais da caracterização, no sistema de produção;</p> <p>- A fase de consumo demonstrou um fraco impacte ambiental para quase todas as categorias;</p> <p>- A fase de maternidade teve um impacte ambiental muito relevante em quase todas as categorias. Este facto pode ser justificado pela grande necessidade energética de que carece esta etapa;</p> <p>-Podemos reduzir o impacte ambiental associado à produção de peixe, se existir uma otimização do consumo energético, incluindo a escolha de uma fonte energética alternativa;</p> <p>- O melhor planeamento das rotas de transporte, quer do produto final, como das matérias-primas, pode diminuir o impacte ambiental associado às categorias de AG, DRA e A.</p>
-------------------------	--	---	--	---------	-------------------------	--	---

Tabela 7 (cont.): Seleção de estudos de ACV aplicados à aquicultura, pescas e ingredientes aquícolas.

Samuel-Fitwi et al. (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigação do impacte ambiental dos ingredientes da dieta de truta arco-íris;</li> <li>- Analisar o uso de farinha de soja e de colza enquanto alternativas proteicas à farinha de peixe.</li> </ul>	1 tonelada de ingrediente /ração	<p>Berco-portão da fábrica (<i>cradle-to-factory-gate</i>)</p> <p>Manufatura (extração das fontes naturais, agricultura, pescas), transporte das matérias-primas até à fábrica, processamento/ transformação dos ingredientes em dieta (s)</p>	CML 2000	AG; A; E; OT	Produção da truta, infraestruturas, equipamento, ingredientes minoritários da ração, por exemplo aditivos, ou estimulantes; limpeza e manutenção dos equipamentos	<p>- No geral, os ingredientes derivados de peixe apresentaram maior impacte ambiental, sendo as categorias mais significativas as de aquecimento global e acidificação; já nos ingredientes vegetais, as categorias de maior significância foram as de eutrofização e ocupação de terra. No caso dos ingredientes animais o elevado consumo energético pode ser a justificação para o impacte associado as categorias acima referidas; por outro lado, os ingredientes vegetais requerem um uso maior de fertilizantes, na produção agrícola, e por isso um maior impacte nas categorias de eutrofização;</p> <p>-De maneira geral, uma baixa taxa de substituição das fontes proteicas animais por vegetais, na dieta, proporcionaram impactes significativamente menores (nas dietas mais vegetais). Assim, esta substituição não só se revelou um passo positivo para o ambiente, como é uma garantia de fornecimento de proteína, permitindo o desenvolvimento aquícola, sem colocar em risco os <i>stocks selvagens</i>.</p>
----------------------------	---	----------------------------------	--	----------	--------------	---	--

Figura 11: Resultados da fase de caracterização, para os vários ingredientes usados nas dietas aquícolas (retirado de Pelletier & Tyedmers (2007)). Unidade funcional: 1 tonelada de ingrediente.





No âmbito da aquacultura, a aplicação da ACV é muito recente, e por isso ainda carece de aperfeiçoamento. Somente em 2004 surge um artigo pioneiro, dedicado à análise de impacte ambiental de alimentos compostos para peixes, da autoria de Papatryphon et al.. Após este, vários outros autores surgiram, nesta área, tais como: Pelletier & Tyedmers, 2007; Davis et al., 2010; Boissy et al., 2011; Iribarren et al., 2012; Samuel-Fitwi et al., 2013.

Segundo o estudo de Iribarren et al. (2012) a produção dos ingredientes a incorporar nos alimentos compostos representa, em média, 36 % dos impactes globais, sendo que os restantes impactes são de cariz fixo, que envolvem o processo industrial de fabrico e conceção do *pellet*, que obviamente pode ser otimizado, mas não faz parte do âmbito desta tese. Por isso, torna-se emergente o estudo ambiental específico dos diversos ingredientes constituintes dos alimentos compostos.

A maioria dos estudos analisados avaliam os impactes ambientais associados à produção da dieta. Na análise dos estudos considerados, os resultados são díspares. No entanto, no geral, verificamos que a substituição baixa e/ou moderada de ingredientes animais por ingredientes vegetais traduziu-se como sendo benéfica do ponto de vista ambiental (exceto para o estudo de Boissy et al. (2011)). Por outro lado, a substituição total da proteína e gordura animal por fontes vegetais aumentou o impacte ambiental associado à dieta. Este facto pode ser justificado, graças a fraca digestibilidade e difícil processamento dos ingredientes vegetais, e que, por isso, requerem maior energia e tecnologia de processamento, para poderem ser do mesmo modo facilmente utilizados pelo peixe. No estudo de Pelletier & Tyedmers (2007), no geral, a produção de ingredientes vegetais apresentam menores impactes associados, do que a produção de ingredientes animais.

Quanto à utilização de subprodutos, o estudo de Papatryphon et al. (2004) revela que a utilização de subprodutos de peixe resultou num aperfeiçoamento ambiental. No entanto, nos estudos analisados mais recentemente, indicam que os ingredientes derivados de subprodutos animais são os que demonstram piores resultados ambientais, sendo a farinha e gordura de subprodutos de aves o ingrediente com pior perfil ambiental. Assim, os alimentos compostos para peixes, que incorporam ingredientes derivados de subprodutos animais são por associação as que ostentam maiores impactes ambientais.

Apesar de tudo, todos os impactes ambientais associados à produção dos ingredientes estão intimamente dependentes do seu local de produção, devido às condições individuais inerentes à própria fábrica e ou país de produção, por exemplo fornecimento e tipo de energia predominante num dado país, facilidade de acessos até à fábrica, modo de comercialização, eficiência de produção das matérias-primas (pescas, produção agrícola), tipo de combustível utilizado e entre outras.

Neste estudo ambicionamos contribuir para o aumento do conhecimento detalhado associado à análise ambiental dos ingredientes mais utilizados pela indústria de alimentos compostos. Com o apoio da Sorgal S.A., pretendemos a obtenção de dados fidedignos que nos permitam comparar ambientalmente diversos ingredientes aquícolas, quer animais quer vegetais; sem ter que recorrer a uma base de dados ainda em construção, mas a dados concretos e reais que correspondem à realidade industrial.

## **CAPÍTULO II: Objetivos da tese**

Os objetivos deste trabalho são listados em seguida:

- i. Avaliar o impacte ambiental de ingredientes utilizados comercialmente nos alimentos compostos para peixe (farinha e óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.); farinha e gordura de subprodutos de aves (Savinor S.A.); farinha e óleo de peixe do Perú e farinha e óleo de soja);
- ii. Comparar os impactes ambientais associados de cada ingrediente para a produção de uma tonelada de ingrediente;
- iii. Identificar formas de minimizar os impactes ambientais, na indústria de alimentos compostos para peixes.

## **CAPÍTULO III: Caso de estudo - Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de ingredientes aquícolas**

Esta tese adota a metodologia da norma NP EN ISO 14040 (2008), descrita e explorada no Capítulo I - Secção 3.

Neste capítulo procedemos à ACV de 8 ingredientes, sendo que seis dos ingredientes avaliados têm origem animal (farinha e óleo de subprodutos de peixe - Savinor S.A.; farinha e gordura de subprodutos de aves – Savinor S.A. e farinha e óleo de peixe do Perú) e apenas dois são de origem vegetal (farinha e óleo de soja).

Em seguida são descritos os processos de produção dos vários ingredientes em foco e identificados os passos metodológicos de ACV (definição de objetivos e âmbito, e os inventários) que conduzem aos resultados expressos em indicadores de categoria de impacte ambiental.

### **3.1. Farinha e óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.)**

#### **3.1.1. Definição de objetivos e âmbito**

A farinha de peixe é um pó castanho obtido após o cozimento, prensagem, secagem e moagem de peixe cru essencialmente fresco e/ou de subprodutos derivados do processamento do pescado. Já o óleo de peixe resulta da extração de um “licor”, constituído por água, óleo e sólidos (proteína solúvel), durante a prensagem do peixe (Shepherd & Jackson, 2013).

Nesta secção é avaliado o impacte ambiental associado à farinha e óleo de subprodutos de peixe, produzidos pela Savinor S.A.. O processo avaliado inclui várias

etapas, nomeadamente, a captura do peixe, o transporte, o armazenamento, e toda a linha de processamento dos subprodutos de peixe para produção de farinha e óleo de peixe. A Figura 12 apresenta as fronteiras do sistema considerado neste estudo.

O primeiro sistema (S.1.) inclui a captura do peixe. A informação obtida pela Savinor S.A. indica que as espécies predominantes de subprodutos, utilizados na fábrica, são o atum e sardinha com origem na indústria conserveira nacional. O peixe congelado e fresco variado e provindo de lotas, supermercados e indústria transformadora são uma minoria, e por esta razão não são tidos em consideração, neste estudo, relativamente ao modo de pesca. Assim, a arte de pesca considerada na análise foi a de cerco, que é utilizada para a pesca da sardinha. Os subprodutos da aquacultura foram também excluídos da análise, uma vez que não podem ser usados em rações para aquacultura, de modo a evitar a reciclagem intraespecífica.

Após a pesca, os subprodutos de peixe são recolhidos e transportados por viaturas pertencentes à Savinor S.A.. Neste estudo é tido em conta o consumo de combustível e respetivo impacte ambiental, associado ao transporte dos subprodutos, assim como os detergentes e desinfetantes usados na limpeza das viaturas.

O segundo sistema (S.2.) refere-se à produção da farinha e óleo de subprodutos de peixe, realizada na Savinor S.A..

Na unidade de produção são utilizados vários tipos de fontes energéticas, nomeadamente energia elétrica e a que provém do uso de fuelóleo e biomassa. A biomassa é constituída por *peletes* e briquetes de madeira. A água da unidade de produção é, maioritariamente, proveniente de uma captação subterrânea. O consumo reminescente de água da rede pública (INDAQUA), na ordem dos 1,4 % do total consumido, não foi considerado neste estudo para determinação do impacte ambiental. A Savinor S.A. dispõe de uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR). As águas residuais e industriais tratadas são descarregadas no Ribeiro de Covelas. A ETAR faz a monitorização mensal do caudal e da emissão de poluentes da água tratada para o efluente. As emissões gasosas do processo são quantificadas, nas chaminés da fábrica, duas vezes por ano. Estes valores são usados no inventário relativo aos processos de combustão que decorrem na empresa.

Foram considerados neste estudo, os resíduos sólidos não relacionados com a manutenção. Ou seja, inclui-se a produção de sucata e os resíduos industriais banais.

Este estudo foca, também, o impacte intrínseco à produção de embalagens (big-bags), usadas para transportar e armazenar a farinha final. Já o armazenamento do óleo de subprodutos de peixe é feito em colunas fixas de material anti-oxidável, construídas durante a instalação da unidade e, por isso, foi excluído o seu impacte, assim como a sua manutenção. Exclui-se também o impacte associado à construção e manutenção de

infraestruturas e/ou equipamentos, incluindo das viaturas usadas no transporte de subprodutos. Foram também excluídos aspetos administrativos associados ao funcionamento do escritório, do laboratório e da restauração (bar/cantina).

A unidade funcional considerada foi 1 tonelada de farinha ou óleo produzida (o) pela Savinor S.A., ao longo do ano civil de 2012.

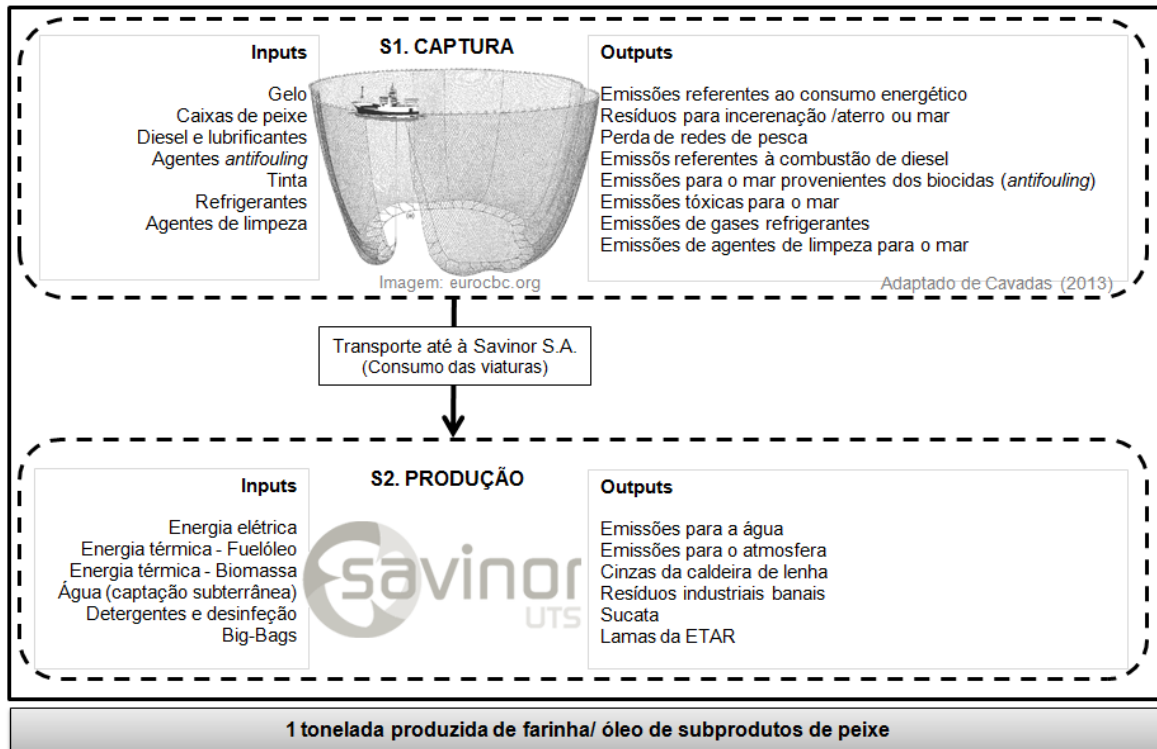


Figura 12: Fases do ciclo de vida associadas à produção de farinha e óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.). Legenda: — Fronteira do estudo; - - Fronteira dos sistema considerados. (S1- Captura e S2 – Produção/Processamento do ingrediente).

### 3.1.2. Análise do inventário do ciclo de vida (ICV)

A informação relativamente ao processo de Captura (S.1.) foi retirada de (Cavadas, 2013) e adaptada ao presente estudo. A Tabela 8 apresenta o inventário do sistema S.1. (Captura). Os valores reportam à produção de **1 tonelada** de farinha ou óleo de subprodutos de peixe.

O processo industrial de produção da farinha de subprodutos de peixe inclui a receção e armazenamento da matéria-prima, a passagem por um triturador, cozedor e por fim pela prensa. Na prensa resultam dois tipos de produtos: os sólidos e líquidos. A farinha de subprodutos de peixe resulta dos produtos sólidos provenientes da prensa, após secagem e a passagem por resfriador e moagem. A secagem permite a obtenção

de um produto com humidade reduzida, para que o seu tempo de conservação seja maior e com melhor qualidade. Já a moagem permite obter um grão seco e homogéneo, o que facilita posteriormente a sua incorporação no *pellet* da ração final.

O óleo de peixe é obtido após a prensagem. O líquido resultante (“água da prensa”) passa por uma centrífuga, para que haja uma separação plena entre a água e o óleo final.<sup>15</sup>

O inventário da fase S.2. (Produção/Processamento) foi calculado assumindo que o consumo de energia, água e materiais é idêntico, numa base proporcional, para cada um dos ingredientes produzidos. Ou seja, apesar de as operações de secagem e moagem (duas consumidoras de energia) para a farinha não serem realizadas para a obtenção do óleo, assumiu-se que para o cálculo de inventário os consumos seriam proporcionalmente idênticos para os dois ingredientes. Este facto deriva da ausência de informação detalhada no processo de transformação, associado a cada ingrediente.

A Tabela 9 apresenta o inventário do sistema S.2. (Produção/Processamento) considerado em cima, correspondente à produção de **1 tonelada** de farinha ou óleo de subprodutos de peixe.

Para a execução das tabelas de inventário recorreu-se à alocação mássica. Sendo, que a Sorgal S.A. converte anualmente cerca de 13181 toneladas de subprodutos de peixe (dados referentes ao ano de 2012), em 2553 toneladas de farinha de peixe, e 573 toneladas de óleo de peixe. Assim, neste trabalho foi assumido que para a produção de 1 tonelada de farinha de peixe são necessárias cerca de 5 toneladas de subprodutos de peixe; e para a produção de 1 tonelada de óleo de peixe são necessárias cerca de 23 toneladas de subprodutos de peixe.

---

<sup>15</sup> Consultar no Anexo B: Principais etapas industriais do processamento de subprodutos de peixes (Savinor S.A.)

Tabela 8: Análise de inventário de ciclo de vida do S.1. (Captura do peixe). Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Informação obtida a partir de Cavadas (2013).

<b>S.1. Captura</b>	<b>Farinha</b>	<b>Óleo</b>	<b>Unidade</b>
<b>ENTRADAS</b>			
Peixe pescado	5,16	23,0	t
Diesel	6,24E+02	2,78E+03	kg
Lubrificante	3,74E+00	1,66E+01	kg
Gelo	6,94E+02	3,09E+03	kg
Agentes <i>antifouling</i>	5,90E-01	2,64E+00	kg
Tinta	1,00E-03	4,78E-03	kg
Naylon da rede de pesca	5,68E+00	2,53E+01	kg
Chumbo da rede de pesca	1,18E+00	5,27E+00	kg
Cortiça da rede de pesca	1,15E+00	5,13E+00	kg
Polietileno de baixa densidade da rede de pesca	9,60E-01	4,28E+00	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Emissões para a atmosfera			
CO <sub>2</sub>	1,97E+03	8,78E+03	kgCO <sub>2</sub>
N <sub>2</sub> O	4,99E-02	2,23E-01	kgN <sub>2</sub> O
CH <sub>4</sub>	1,44E-01	6,40E-01	kgCH <sub>4</sub>
CO	4,93E+00	2,20E+01	kgCO
NMVOG	3,06E+00	1,36E+01	kgNMVOG
SO <sub>x</sub>	3,74E-02	1,67E-01	kgSO <sub>x</sub>
NO <sub>x</sub>	4,21E+01	1,88E+02	kgNO <sub>x</sub>
TSP	9,36E-01	4,17E+00	kg
PM <sub>10</sub>	9,36E-01	4,17E+00	kg
PM <sub>2,5</sub>	8,74E-01	3,89E+00	kg
Pb	8,11E-05	3,62E-04	kgPb
Cd	6,24E-06	2,78E-05	kgCd
Hg	1,87E-05	8,34E-05	kgHg
As	2,50E-05	1,11E-04	kgAs
Cr	3,12E-05	1,39E-04	kgCr
Cu	5,49E-04	2,45E-03	kgCu
Ni	6,24E-04	2,78E-03	kgNi
Se	6,24E-05	2,78E-04	kgSe
Zn	7,49E-04	3,34E-03	kgZn
PCDD/F	8,11E-02	3,62E-01	TEQµg
HCB	4,99E-08	2,23E-07	kgHCB
PCB	2,37E-08	1,06E-07	kgPCB
Emissões para o oceano			
Óxido de Cobre (I)	2,22E-01	9,88E-01	kg
Xileno	1,11E-01	4,94E-01	kg
Óxido de Zinco	1,58E-01	7,05E-01	kg
Etilbenzeno	3,17E-02	1,41E-01	kg
Chumbo - rede	6,19E-01	2,76E+00	kg
Naylon - rede	1,63E+00	7,28E+00	kg
Resíduos para tratamento			
Óleo lubrificante para incineração	5,57E-03	2,48E-02	kg
Rede (enviada para aterro)	1,09E+00	4,86E+00	kg
Rede (enviada para incineração)	8,17E+00	3,64E+01	kg

Tabela 9: Análise de inventário de ciclo de vida do S.2. (Produção/Processamento). Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Dados fornecidos pela Savinor S.A., relativos ao ano de 2012.

S.2. Produção/Processamento	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Subprodutos de peixe	5,16	23,0	t
<b>Energia</b>			
Elétrica	7,30E-02	3,26E-01	tep
Fuelóleo	9,24E-03	4,12E-02	tep
Biomassa	1,65E-01	7,35E-01	tep
Briquetes de madeira	5,26E-02	2,35E-01	kg
Peletes de madeira	3,33E-01	1,48E+00	kg
Água (captação subterrânea)	8,10E-02	3,61E-01	m <sup>3</sup>
<sup>16</sup> INO AES 6380 FOAM G.	9,90E-01	4,41E+00	kg
Big-Bags	1,80E+00	---	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Ingrediente	1,00E+00	1,00E+00	t
<b>Emissões para a atmosfera</b>			
<sup>17</sup> PTS	1,20E+00	5,37E+00	kg
CO	7,90E-01	3,52E+00	kg
NO <sub>x</sub>	4,20E+00	1,87E+01	kg
SO <sub>2</sub>	9,96E-01	4,44E+00	kg
<sup>18</sup> COV	5,65E-02	2,52E-01	kg
<b>Emissões para a água</b>			
<sup>19</sup> CQO	7,95E+00	3,54E+01	kg
<sup>20</sup> CBO <sub>5</sub>	3,60E+00	1,60E+01	kg
N	4,63E+00	2,06E+01	kg
P	2,52E-01	1,12E+00	kg
<sup>21</sup> SST	7,65E-02	3,41E-01	kg
Óleos e Gorduras	1,33E+00	5,93E+00	kg
<b>Resíduos sólidos</b>			
<sup>22</sup> Suportes de madeira	4,06E-01	---	kg
Resíduos industriais banais	1,45E+00	1,45E+00	kg
<sup>23</sup> Embalagens de plástico	5,51E-01	5,51E-01	kg
Sucata	6,52E-01	6,52E-01	kg
<sup>24</sup> Lamas da ETAR	9,48E+01	9,48E+01	kg

<sup>16</sup> Produto usado na lavagem das unidades de transformação de subprodutos (aves, mamíferos, peixe e carne categoria 2). **Não foi considerado na análise de impactos ambientais**, devido à informação reduzida, sobre a composição do agente de limpeza

<sup>17</sup> Partículas suspensas totais

<sup>18</sup> Compostos orgânicos voláteis

<sup>19</sup> Carência química de oxigênio

<sup>20</sup> Carência bioquímica de oxigênio (5 dias)

<sup>21</sup> Sólidos suspensos totais

<sup>22</sup> Os suportes de madeira são colocados por debaixo dos sacos *big-bags*, por questões higiênicas e de logística

<sup>23</sup> Essencialmente de produtos químicos (detergentes e desinfetantes)

<sup>24</sup> As lamas seguem para a instalação de compostagem



O transporte dos subprodutos até à Savinor S.A. é realizado nas viaturas da mesma empresa. A Tabela 10 apresenta a tabela de inventário referente a esse transporte. Os quilómetros percorridos e consumo médio de cada viatura foram fornecidos pela Savinor S.A, e depois feita a média dos quilómetros percorridos, por tonelada transportada, tal como acontece na tabela de inventário de S.2.. Assim, as emissões associadas ao transporte foram determinadas usando a base de dados incluída no SimaPro, considerando no transporte o uso de camiões com capacidade de carga entre 3,5 e 20 toneladas. Na avaliação foi ainda considerado o agente de limpeza (Divosan Detcide) usado após transporte, dados estes também fornecidos pela empresa.

Tabela 10: Inventário de ciclo de vida referente à fase de transporte dos produtos de S.1. para S.2.. Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Dados fornecidos pela Savinor S.A., relativos ao ano de 2012.

	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Distancia percorrida	3,82E+01	1,70E+02	tkm
<sup>25</sup> Divosan Detcide	1,00E-03	6,00E-03	l

### 3.1.3. Avaliação do impacte ambiental (AICV)

A Tabela 11 expressa os impactes ambientais associados à produção de 1 tonelada de ingrediente, obtidos através do método de CML (2001), de acordo com o inventário apresentado para a farinha e óleo. A Figura 13 apresenta os resultados sob a forma de gráfico, comparando os resultados entre a produção de 1 tonelada de farinha e de óleo de subprodutos peixe, para todas as categorias de impacte.

Para todas as categorias de impacte, a produção de 1 tonelada de farinha de subprodutos de peixe apresenta menores impactes associados do que para a produção de 1 tonelada de óleo de subprodutos de peixe. Na realidade, vejamos que desde o sistema um (S.1. Captura) enquanto que para a produção de 1 tonelada de farinha de subprodutos de peixe foi preciso capturar cerca de 5 toneladas de pescado; já para obter 1 tonelada de óleo de subprodutos de peixe foi necessária a pesca de 23 toneladas de peixe.

<sup>25</sup> Produto usado para a desinfeção das viaturas de transporte de subprodutos (aves, mamíferos, peixe, carne de categoria 2). Composição considerada: benzil-C12-16-alquildimetil:10%; alquil álcool etoxilado: 10%; 2-aminoetanol: 3%; N-(3 aminopropil)-N-dodecilpropano-1,3-diamina:1% (Diversey)

Tabela 11: Comparação dos valores dos impactos ambientais, por 1 tonelada de ingrediente, fase de produção e categoria de impacto selecionada. Método de CML (2001).

Categoria de Impacte	Unidade	Farinha Subprodutos de Peixe (Savinor)				Óleo Subprodutos de Peixe (Savinor)			
		S.1. Captura	S.2. Processamento (Savinor S.A.)	Transporte S.1. -> S.2.	TOTAL	S.1. Captura	S.2. Processamento (Savinor S.A.)	Transporte S.1. -> S.2.	TOTAL
Depleção Abiótica	kg Sb eq	1,58E+01	4,93E+00	7,50E-02	<b>2,08E+01</b>	7,03E+01	2,16E+01	3,34E-01	<b>9,23E+01</b>
Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq	2,56E+01	8,69E+00	6,00E-02	<b>3,44E+01</b>	1,14E+02	3,86E+01	2,67E-01	<b>1,53E+02</b>
Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> --- eq	6,22E+00	4,57E+00	1,50E-02	<b>1,08E+01</b>	2,77E+01	2,04E+01	6,90E-02	<b>4,82E+01</b>
Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq	2,43E+03	6,59E+02	1,07E+01	<b>3,10E+03</b>	1,08E+04	2,91E+03	4,76E+01	<b>1,38E+04</b>
Depleção da Camada do Ozono	kg CFC-11 eq	3,08E-04	4,12E-05	1,69E-06	<b>3,51E-04</b>	1,00E-03	1,84E-04	7,52E-06	<b>2,00E-03</b>
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	2,23E+02	1,60E+02	1,51E+00	<b>3,84E+02</b>	9,92E+02	7,13E+02	6,72E+00	<b>1,71E+03</b>
Ecotoxicidade de Água doce	kg 1,4-DB eq	7,99E+01	1,55E+02	7,91E-01	<b>2,36E+02</b>	3,56E+02	6,93E+02	3,53E+00	<b>1,05E+03</b>
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DB eq	4,82E+02	6,88E+02	3,51E+00	<b>1,17E+03</b>	2,15E+03	3,07E+03	1,56E+01	<b>5,23E+03</b>
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	2,27E-01	2,34E-01	2,00E-03	<b>4,64E-01</b>	1,01E+00	1,04E+00	1,00E-02	<b>2,07E+00</b>
Ecotoxicidade dos Sedimentos Marinhos	kg 1,4-DB eq	5,51E+02	7,15E+02	3,89E+00	<b>1,27E+03</b>	2,46E+03	3,19E+03	1,74E+01	<b>5,66E+03</b>
Ecotoxicidade dos Sedimentos de Água doce	kg 1,4-DB eq	1,77E+02	3,28E+02	1,74E+00	<b>5,06E+02</b>	7,89E+02	1,46E+03	7,77E+00	<b>2,26E+03</b>
Ocupação de Terra	m <sup>2</sup> a	1,27E+01	2,72E+02	1,81E-01	<b>2,85E+02</b>	5,67E+01	1,21E+03	8,06E-01	<b>1,27E+03</b>
Oxidação FotoQuímica	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	3,75E-01	2,74E-01	2,00E-03	<b>6,51E-01</b>	1,67E+00	1,22E+00	1,00E-02	<b>2,90E+00</b>

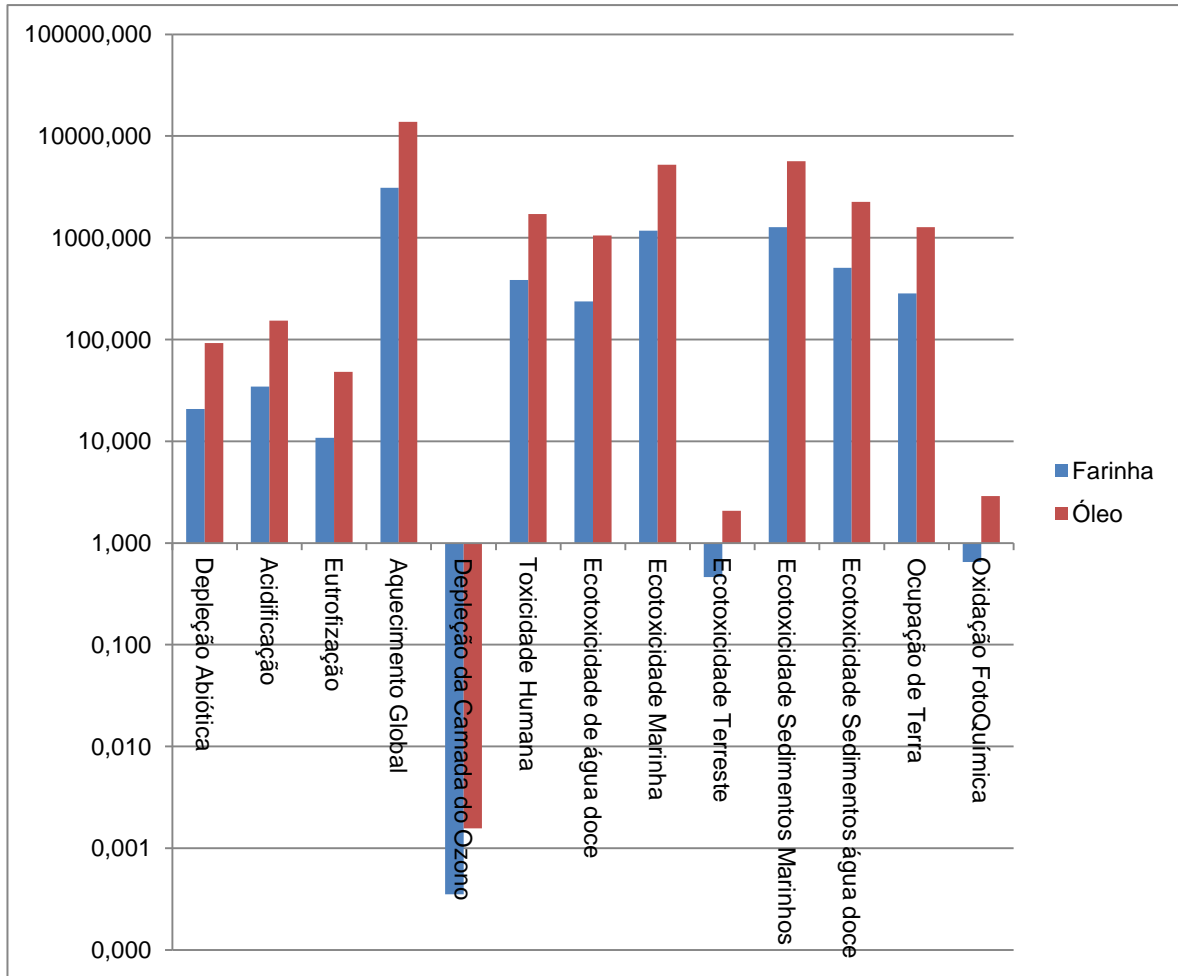


Figura 13: Comparação entre farinha e óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.).

A Figura 14 e 15 apresentam, respectivamente a contribuição de cada fase do ciclo de vida, na produção de 1 tonelada de farinha e óleo de subprodutos de peixe, sobre a forma de porcentagem. Os impactos ambientais sob a forma de porcentagem são muito semelhantes para a farinha e óleo de subprodutos de peixe. Assim, em ambos os ingredientes, a fase de captura (S.1.) predomina, na sua influência, em relação ao impacto ambiental. Verificando-se uma predominância superior a 50% em 7 das 13 categorias de impacto avaliadas. A influência para a eutrofização (é de 58 %), toxicidade humana (58 %), oxidação fotoquímica (58 %), acidificação (de 75 %), depleção abiótica (76 %), aquecimento global (79 %), depleção da camada do ozono (88 %). Para as restantes categorias, a fase de produção/processamento do ingrediente é a que mais contribuiu para os impactos analisados: ecotoxicidade terrestre (51 %), ecotoxicidade dos sedimentos marinhos (56 %), ecotoxicidade marinha (58 %), ecotoxicidade dos sedimentos de água doce (65 %), ecotoxicidade de água doce (66 %) e ocupação de solo (95 %).

O transporte entre S.1. - S.2. não apresentou comparativamente para nenhuma das categorias uma contribuição significativa.

Método: CML 2001 (West Europe, 1995)

<b>Categoria</b>	<b>S.1. Captura</b>	<b>S.2. Produção/ Processamento</b>	<b>Transporte S.1. -&gt; S.2.</b>
Depleção Abiótica	75,77	23,87	0,36
Acidificação	74,41	25,41	0,17
Eutrofização	57,37	42,49	0,14
Aquecimento Global	78,27	21,38	0,35
Depleção da Camada do Ozono	87,75	11,77	0,48
Toxicidade Humana	57,87	41,74	0,39
Ecotoxicidade de Água Doce	33,75	65,92	0,34
Ecotoxicidade Marinha	41,12	58,58	0,30
Ecotoxicidade Terrestre	49,04	50,49	0,47
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	43,41	56,29	0,31
Ecotoxicidade Sedimentos Água Doce	35,00	64,66	0,34
Ocupação de Terra	4,37	95,56	0,06
Oxidação FotoQuímica	57,35	42,31	0,34

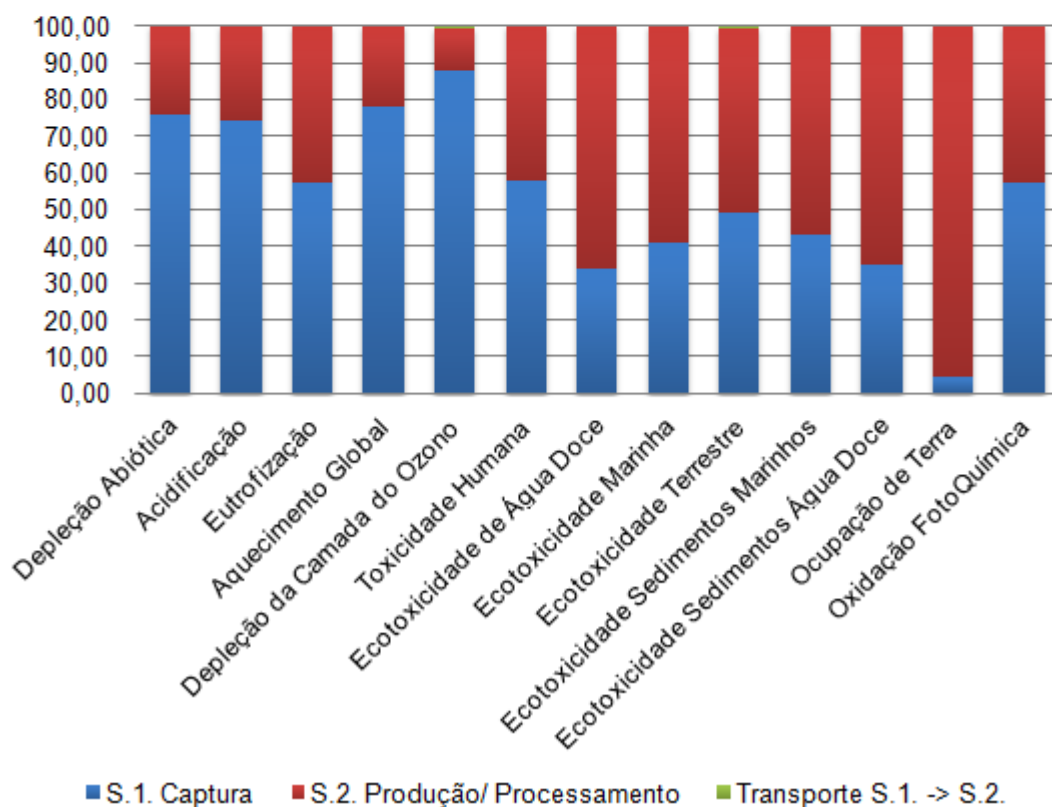


Figura 14: Resultados obtidos na etapa de caracterização AICV, contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerados para a produção de farinha de subprodutos de peixe (Savinor S.A.).

Método: CML 2001 (West Europe, 1995)

Categoria	S.1. Captura	S.2. Produção/ Processamento	Transporte S.1. -> S.2.
Depleção Abiótica	76,03	23,61	0,36
Acidificação	74,45	25,38	0,18
Eutrofização	57,36	42,49	0,14
Aquecimento Global	78,42	21,24	0,35
Depleção da Camada do Ozono	87,75	11,77	0,48
Toxicidade Humana	57,91	41,70	0,39
Ecotoxicidade de Água Doce	33,75	65,92	0,34
Ecotoxicidade Marinha	41,12	58,58	0,30
Ecotoxicidade Terrestre	49,04	50,49	0,47
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	43,41	56,29	0,31
Ecotoxicidade Sedimentos Água Doce	35,00	64,66	0,34
Ocupação de Terra	4,37	95,56	0,06
Oxidação FotoQuímica	57,45	42,21	0,34

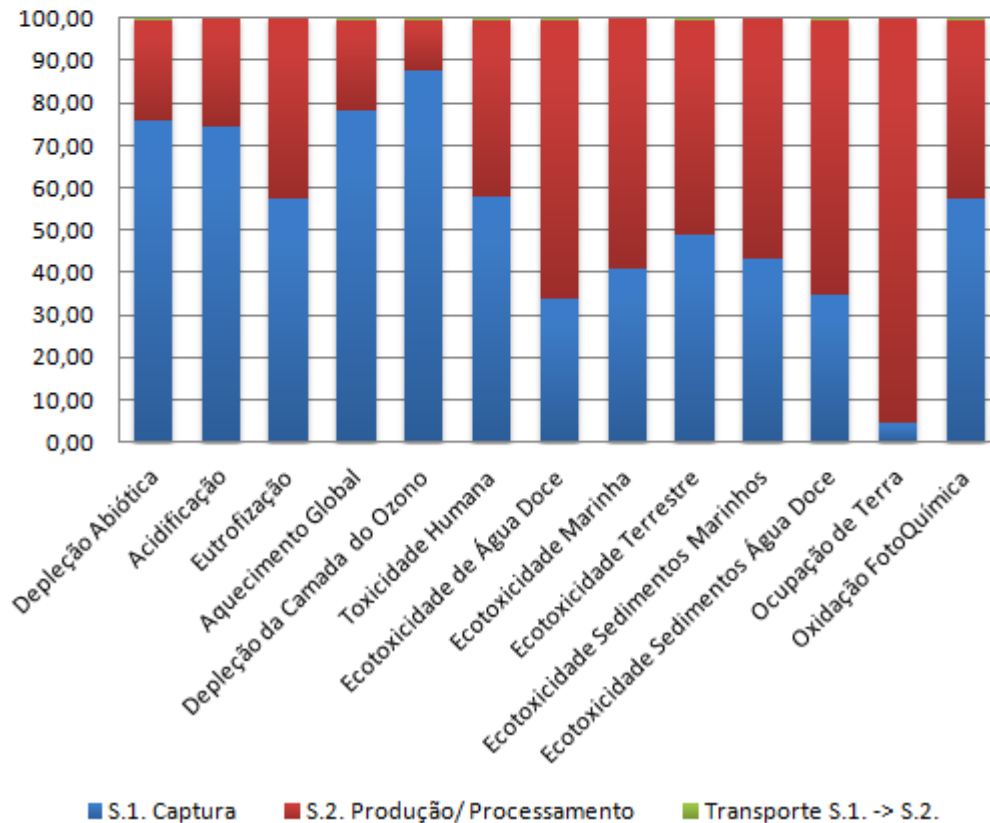


Figura 15: Resultados obtidos na etapa de caracterização AICV, contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerados para a produção de óleo de subprodutos de peixe (Savinor S.A.).

No caso da oxidação fotoquímica, o alto valor inerente à fase S.2. (produção/processamento), pode ser justificado pela utilização de eletricidade de média voltagem, parâmetro que não existe na fase S.1. (captura), e que representa cerca de 27

% dos impactes associados, a esta categoria de impacte ambiental, para a fase S.2. de produção.

No processamento das matérias-primas (fase S.2. Processamento), uma das fontes energéticas utilizada é a biomassa, sendo que foi considerado que maioritariamente esta era constituída por *pellets* de madeira. Assim, na categoria de impacte ambiental: Ocupação de Terra, cerca de 96 % dos impactes são referentes à fase S.2. Processamento, e dentro desta 91,2 % dos impactes dizem respeito à produção e armazenamento de *pellets* de madeira.

O impacte ambiental associado ao transporte entre fases produtivas (de S.1. para S.2.) é dissimulado pelos altos impactes verificados nas restantes fases produtivas, tornando-se até irrisório. De facto, a fase S.1. representa, em média 5 vezes maiores impactes ambientais do que a fase S.2., que ainda assim, tem significância em algumas categorias.

### **3.2. Farinha e óleo de subprodutos de aves (Savinor S.A.)**

#### **3.2.1. Definição de objetivos e âmbito**

Esta seção apresenta a avaliação do impacte ambiental da farinha e gordura de subprodutos de aves, produzida na Savinor S.A.. Esta avaliação foca exclusivamente a produção de frango, o transporte de frango vivo até ao matadouro da Savinor S.A., as atividades industriais do matadouro, o transporte dos subprodutos do matadouro até à unidade de processamento de subprodutos, e o posterior processamento dos mesmos, de onde resulta a farinha e a gordura de subprodutos de aves. Considera-se o frango, como sendo a ave de produção preferencial e exclusiva usada como ingrediente de aquacultura.

A Figura 16 ilustra os sistemas considerados e suas fronteiras.

O primeiro sistema (S.1.) inclui a produção do frango. Considera-se o frango, como sendo a ave de produção preferencial e exclusiva usada como ingrediente de aquacultura.

Após a produção de frango, por empresas externas, a Savinor S.A. transporta o frango vivo para a sua unidade de matadouro (S.2.), em viaturas próprias e que são desinfectadas e limpas entre transportes. Neste estudo é considerado o uso de combustível e a aplicação de detergentes de limpeza.

Nas unidades industriais da Savinor S.A. (quer no matadouro, quer na unidade de processamento de subprodutos) são utilizados vários tipos de fontes energéticas, nomeadamente energia elétrica e a que provém do uso de fuelóleo e biomassa. A

biomassa é constituída por *pelletes* e briquetes de madeira. A água da unidade de produção é, maioritariamente, proveniente de uma captação subterrânea, mas existe também um pequeno consumo de água da rede pública (INDAQUA) (na ordem dos 1,4% do total da água consumida) negligenciado neste estudo. A Savinor S.A. dispõe de uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR). As águas residuais e industriais tratadas são descarregadas no Ribeiro de Covelas. A ETAR faz a monitorização mensal do caudal e da emissão de poluentes da água tratada para o efluente. As emissões para o ar são quantificadas duas vezes por ano.

Para a unidade de processamento de subprodutos (S.3.) apenas seguem as partes não edíveis ou desperdícios provenientes da desmancha e comercialização do frango, pela unidade de desmancha. Nesta unidade, são também utilizados outros subprodutos externos à Savinor S.A.. Estes são, no entanto, recolhidos pelas viaturas da empresa, provindos de supermercados ou outros postos comerciais. Neste transporte de subprodutos externos até ao matadouro e à unidade de desmancha, incluímos o impacte ambiental associado ao consumo de combustível e detergentes de limpeza, usando informações disponibilizadas pela empresa. Tal como anteriormente as emissões associadas ao transporte foram determinadas pelo SimaPro, e foi considerado neste transporte o uso de camiões com capacidade de carga entre 3,5 e 20 toneladas.

Foram considerados neste estudo, os resíduos sólidos não relacionados com a manutenção. Ou seja, a produção de sucata e resíduos industriais banais. O impacte associado à construção e manutenção de infraestruturas e/ou equipamentos, incluindo das viaturas usadas no transporte de subprodutos, não foram tidas em conta, no presente estudo. Foram também excluídas administrativas associadas ao funcionamento do escritório, do laboratório e da restauração (bar/cantina).

Este estudo foca, também, o impacte intrínseco à produção de embalagens (big-bags), usadas para transportar e armazenar a farinha final. Já o armazenamento da gordura de subprodutos de aves é feito em colunas fixas de material anti-oxidável, construídas durante a instalação da unidade e, por isso, foi excluído o seu impacte, assim como a sua manutenção.

A unidade funcional considerada foi 1 tonelada de farinha ou gordura produzida pela Savinor S.A., ao longo do ano civil de 2012.

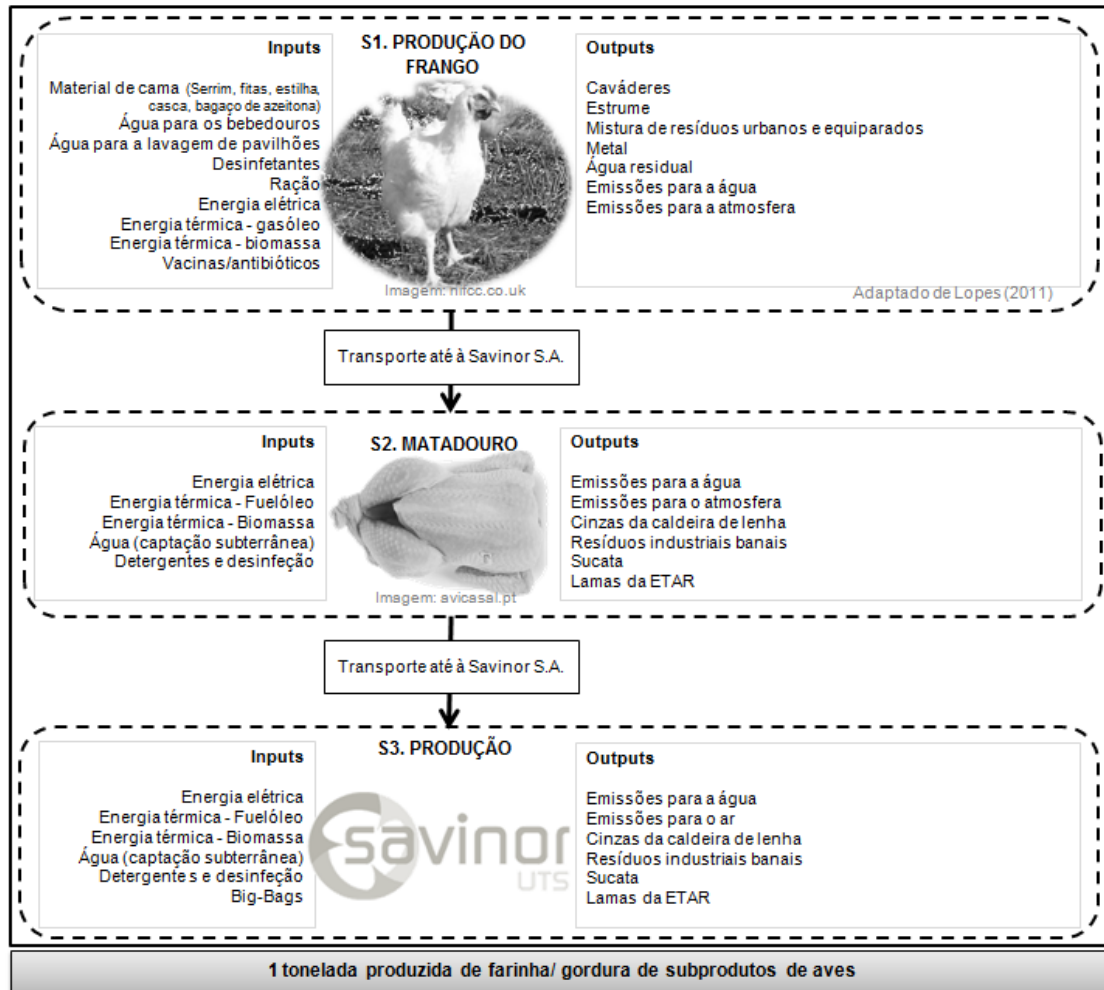


Figura 16: Fases do ciclo de vida associadas à produção de farinha e gordura de subprodutos de aves (Savinor S.A.). Legenda: Fronteira do estudo; Fronteira dos sistema considerados. (S1- Produção do frango; S2 – Matadouro; e S3 – Produção/Processamento do ingrediente).

### 3.2.2. Análise do inventário do ciclo de vida (ICV)

A tabela de inventário para a Produção do frango foi elaborada com base nos dados recolhidos e adaptados de Lopes (2011).

No processo de matadouro, chegam à Savinor S.A., os frangos vivos que seguem para a linha industrial de matadouro. A insensibilização é a primeira etapa do processo de abate e consiste na submersão da cabeça da ave num banho de água, onde são sujeitas a um choque elétrico que provoca o atordoamento. Posteriormente procede-se à sangria. O sangue que resulta deste processo é tratado com vinagre e água, e embalado e rotulado manualmente. Este é acondicionado em tabuleiros e armazenado na câmara de refrigeração para posterior comercialização. Ou seja, a maioria deste subproduto não é usado para o fabrico de farinha e gordura de subprodutos de aves. Em seguida, ocorre a depena automática das aves. Antes da depena surge o arranque automático da cabeça e traqueia que seguem para o processamento de subprodutos. Após a depena ocorre o



cutre automático das patas, seguida da transferência automática das carcaças para a linha de evisceração. As patas são encaminhadas para o escaldão onde são tratadas e são colocadas em tabuleiros a granel, para serem seriadas e comercializadas. Na evisceração acontece a remoção das vísceras, que são, posteriormente separadas e comercializadas algumas partes, como o coração, fígado e moelas. O restante pacote visceral é enviado para a unidade de processamento de subprodutos de aves. Por fim, as carcaças são transferidas para a linha de arrefecimento, até atingirem os 4 °C , sendo posteriormente calibradas. Até à sua comercialização, as carcaças prontas e embaladas permanecem armazenadas em câmaras frigoríficas <sup>26</sup>.

Na unidade de processamento, os subprodutos de aves são enviados das tolvas de receção para o triturador e posteriormente para os digestores. Antes do início do processo de transformação, junto aos trituradores, existe um íman para remoção dos materiais ferrosos. Posteriormente, da prensa resultam dois tipos de produtos: os sólidos, que seguem para a linha industrial da produção de farinha, e os líquidos que irão ser convertidos em gordura. Na linha de produção de farinha existe um intensivo processo de arrefecimento, moagem e crivagem que inclui, a passagem por um sem-fim arrefecedor, moinho e peneiro, até à obtenção da farinha final. As gorduras são sujeitas a um processo de desidratação e afinação em sistemas de centrifugação para remoção dos sólidos, que voltam a incorporar a linha principal da farinha <sup>27</sup>.

Para a execução das tabelas de inventário recorreu-se à alocação mássica. Sendo, que a Sorgal S.A. converte anualmente cerca de 14076 toneladas de subprodutos de aves (dados referentes ao ano de 2012), em 2313 toneladas de farinha subprodutos de aves, e 1586 toneladas de gordura de subprodutos de aves. Assim, neste trabalho foi assumido que para a produção de somente 1 tonelada de farinha de subprodutos de aves seriam necessárias cerca de 6 toneladas de subprodutos de aves, enquanto que, na produção de 1 tonelada de gordura de subprodutos de aves seria necessário o recurso a cerca de 9 toneladas de subprodutos de aves. No entanto, são desconhecidas as características e a composição específica destes subprodutos, podem ser desperdícios, pescoços, fígados, entre outros. Neste contexto, foi assumido que para obter 1 tonelada de subprodutos de aves, precisamos de produzir 1,5 toneladas de frango vivo. Ou seja, na verdade para obter, respetivamente, 6 e 9 toneladas de subprodutos para a produção de 1 tonelada de farinha e gordura de subprodutos de aves, necessitamos de produzir, respetivamente, 9 e 13 toneladas de frango vivo. As penas não são parte integrante destes ingredientes da Savinor S.A., por isso não são consideradas neste trabalho como subproduto, uma vez que são encaminhadas e tratadas noutra fábrica.

---

<sup>26</sup> Consultar no anexo C : principais etapas industriais do matadouro e da unidade de desmancha. (Savinor S.A.)

<sup>27</sup> Consultar no anexo D : principais etapas industriais do processamento de subprodutos de aves. (Savinor S.A.)

A Tabela 12 apresenta o inventário da Produção de frango (S.1.) Os valores usados reportam-se à produção de **1 tonelada** de farinha ou gordura de subprodutos de aves. Os dados foram recolhidos e adaptados de Lopes (2011).

Tabela 12: Análise de inventário de ciclo de vida do sistema S.1. (Produção de frango). Valores reportam à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou gordura produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Lopes (2011).

	Farinha	Gordura	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
<sup>28</sup> Ração	15,210	22,183	t
Energia elétrica	6,08E+02	8,87E+02	kW/h
Gasóleo	1,76E-01	2,57E-01	kg
Biomassa	3,83E+03	5,59E+03	kg
Desinfetantes	1,89E-01	2,75E-01	n <sup>o</sup>
<sup>29</sup> Vacinas/antibióticos	4,75E+00	6,92E+00	n <sup>o</sup>
Água (rede pública) usada no abeberamento das aves	1,95E+01	2,84E+01	m <sup>3</sup>
Água (rede pública) usada na lavagem de pavilhões	1,89E+00	2,75E+00	m <sup>3</sup>
Material de cama			
Serrim	1,52E+04	2,22E+04	kg
Casca (madeira)	1,10E+03	1,60E+03	kg
Fitas	1,52E+04	2,22E+04	kg
Estilha	3,29E+03	4,79E+03	kg
<sup>33</sup> Bagaço de azeitona	3,10E+02	4,53E+02	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Frango Vivo	9,13E+00	1,33E+01	t
Água residual	1,89E+00	2,75E+00	m <sup>3</sup>
Resíduos sólidos			
Estrume	6,08E+03	8,87E+03	kg
Cadáveres	2,13E+01	3,11E+01	n <sup>o</sup>
Mistura de resíduos urbanos e equiparados	6,69E+01	9,76E+01	kg
Metal	2,74E+01	3,99E+01	kg
Emissões para a atmosfera			
NH <sub>3</sub>	9,13E+02	1,33E+03	kg
NH <sub>4</sub>	2,19E-04	3,19E-04	kg
CO <sub>2</sub> fóssil	3,65E+02	5,32E+02	kg
CH <sub>4</sub>	1,40E+02	2,04E+02	kg
N <sub>2</sub> O	5,23E+01	7,63E+01	kg
SO <sub>2</sub>	4,20E+00	6,12E+00	kg
CO	9,73E+01	1,42E+02	kg
NO <sub>2</sub>	1,40E+01	2,04E+01	kg
P	1,22E-04	1,77E-04	kg
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,69E-06	9,76E-06	kg
Emissões para a água			
P	1,16E-05	1,69E-05	kg
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	3,83E-06	5,59E-06	kg
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,70E-02	1,42E-01	kg

<sup>28</sup> A composição da ração (**Anexo E**) foi adaptada de Lopes (2011)

<sup>29</sup> **Não incluído na avaliação de impacto ambiental** devido ao facto de não existirem bases de dados associados ao inventário da produção de vacinas no SimaPro

A Tabela 13 apresenta o inventário da fase do Matadouro (S.2.). Os valores estão alocados à produção de **1 tonelada** de farinha ou gordura de subprodutos de aves. Os dados foram recolhidos diretamente da Savinor S.A., e referente ao ano de 2012.

Tabela 13: Análise de inventário de ciclo de vida do sistema S.2. (Matadouro). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou gordura produzida. Os dados fornecidos pela Savinor S.A., reportam ao ano de 2012.

	Farinha	Gordura	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Frango Vivo	9	13	t
<b>Energia</b>			
Elétrica	3,03E-01	4,42E-01	tep
Fuelóleo	2,00E-03	2,00E-03	tep
Biomassa	2,70E-02	4,00E-02	tep
Briquetes de madeira	8,77E+00	1,28E+01	kg
Peletes de madeira	5,54E+01	8,08E+01	kg
Água (captação subterrânea)	3,16E-01	4,61E-01	m <sup>3</sup>
<sup>30</sup> P3-CLEPOL FOAM 500	3,85E+00	5,62E+00	kg
<sup>31</sup> P3-TOPACTIVE DES	1,54E+00	2,25E+00	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Subprodutos de Frango	6,08E+00	8,87E+00	t
<b>Emissões para a atmosfera</b>			
<sup>21</sup> PTS	1,93E-01	2,82E-01	kg
CO	1,27E-01	1,85E-01	kg
NOx	6,75E-01	9,84E-01	kg
SO <sub>2</sub>	1,60E-01	2,33E-01	kg
<sup>22</sup> COV	9,00E-03	1,30E-02	kg
<b>Emissões para a água</b>			
<sup>23</sup> CQO	3,05E+01	4,44E+01	kg
<sup>24</sup> CBO5	1,38E+01	2,01E+01	kg
N	1,77E+01	2,59E+01	kg
P	9,66E-01	1,41E+00	kg
<sup>25</sup> SST	2,93E-01	4,27E-01	kg
Óleos e Gorduras	5,09E+00	7,43E+00	kg
<b>Resíduos</b>			
<sup>26</sup> Suportes de madeira	2,47E+00	---	kg
Resíduos industriais banais	8,82E+00	1,29E+01	kg
<sup>27</sup> Embalagens de plástico	3,35E+00	4,89E+00	kg
Sucata	3,97E+00	5,79E+00	kg
<sup>28</sup> Lamas da ETAR	5,77E+02	8,41E+02	kg

<sup>30</sup> Produto usado como detergente biocida nas seguintes instalações industriais: matadouro, sala de desmancha e expedição. Composição considerada: Hipoclorito de sódio 4,7%, excipientes q.b.p. 100% (Ecolab Hispano- Portuguesa, S.L.)

<sup>31</sup> Produto usado como desinfetante nas seguintes instalações industriais: matadouro, sala de desmancha e expedição. Composição considerada Ácido acético 9%; Peróxido de hidrogénio 7,9-11,7 %; Ácido peracético 0,9-1,3%. (Ecolab Hispano- Portuguesa, S.L.)

A Tabela 14 apresenta o inventário do S.3. (Produção/Processamento), correspondente à produção de **1 tonelada** de farinha ou gordura de subprodutos de aves.

Tabela 14: Análise de inventário de ciclo de vida do S.3. (Produção/processamento). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou gordura produzida. Os dados foram fornecidos pela Savinor S.A. e reportam-se ao ano de 2012.

	Farinha	Gordura	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Frango Morto/Subprodutos	6,084	8,873	t
<i>Energia</i>			
Elétrica	1,04E-01	1,51E-01	tep
Fuelóleo	2,10E-02	3,00E-02	tep
Biomassa	3,73E-01	5,45E-01	tep
Briquetes de madeira	1,19E+02	1,74E+02	kg
Peletes de madeira	7,53E+02	1,10E+03	kg
Água (captação subterrânea)	9,60E-02	1,39E-01	m <sup>3</sup>
<sup>20</sup> INO AES 6380 FOAM G.	1,36E+00	1,99E+00	kg
Big-Bags	1,80E+00	---	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Ingrediente	1,00E+00	1,00E+00	t
<i>Emissões para a atmosfera</i>			
<sup>21</sup> PTS	2,71E+00	3,95E+00	kg
CO	1,78E+00	2,60E+00	kg
NOx	9,47E+00	1,38E+01	kg
SO <sub>2</sub>	2,25E+00	3,27E+00	kg
<sup>22</sup> COV	1,27E-01	1,86E-01	kg
<i>Emissões para a água</i>			
<sup>23</sup> CQO	9,37E+00	1,37E+01	kg
<sup>24</sup> CBO5	4,24E+00	6,18E+00	kg
N	5,46E+00	7,96E+00	kg
P	2,97E-01	4,33E-01	kg
<sup>25</sup> SST	9,00E-02	1,31E-01	kg
Óleos e Gorduras	1,57E+00	2,29E+00	kg
<i>Resíduos</i>			
<sup>26</sup> Suportes de madeira	4,06E-01	---	kg
Resíduos industriais banais	1,45E+00	1,45E+00	kg
<sup>27</sup> Embalagens de plástico	5,51E-01	5,51E-01	kg
Sucata	6,52E-01	6,52E-01	kg
<sup>28</sup> Lamas da ETAR	9,48E+01	9,48E+01	Kg

Tal como referido anteriormente, foi tido em conta o transporte do frango vivo (S.1.) até à unidade de abate da Savinor S.A. (S.2.). O transporte para S.2. refere-se à quantidade total de frango vivo transportado, e não só apenas aquela que é utilizada na unidade de processamento de subprodutos. Assim, consideramos que possa existir uma sobrestimação das entradas consideradas, na tabela de inventário, para a produção de 1 tonelada de farinha ou óleo de subprodutos de aves. Ou seja, nem todo o frango abatido é reencaminhado para a unidade de subprodutos, uma vez que tal como o nome indica apenas os subprodutos do abate seguem para a unidade de produção de farinha e óleo de subprodutos de aves. Esta consideração deve-se ao facto de a informação sobre a real quantidade de frango usada, enquanto subproduto, não estar disponível, na empresa, de forma tão categórica. No transporte de subprodutos de aves até à unidade de processamento de subprodutos foram apenas considerados os transportes “externos”, ou seja, de subprodutos não provenientes da unidade de matadouro e desmancha da Savinor S.A.. Os quilómetros percorridos e consumo médio de cada viatura foram fornecidos pela Savinor S.A, e depois feita a média dos quilómetros, por tonelada transportada, tal como acontece na tabela de inventário 15, recorrendo à alocação mássica. Assim, as emissões associadas ao transporte foram determinadas pelo SimaPro, e foi considerado neste transporte o uso de camiões com capacidade de carga entre 3,5 e 20 toneladas. Na avaliação foram ainda considerados os agentes de limpeza (P3-INCIDIM 03, P3-MIP CF e Divosan Detcide) usados após transporte, dados estes também fornecidos pela empresa, e remetidos à alocação mássica.

As Tabelas 15 e 16 apresentam, respetivamente, a tabela de inventário referente ao transporte de frango vivo (S.1. para S.2.) e ao transporte de subprodutos de frango (S.2. para S.3.).

Tabela 15: Análise de inventário de ciclo de vida referente à fase de transporte dos produtos de S.1. para S.2.. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou gordura produzida. Os dados foram fornecidos pela Savinor S.A., e remetem para o ano de 2012.

	Farinha	Gordura	Unidades
<b>ENTRADAS</b>			
Distancia percorrida	1,41E+02	2,06E+02	tkm
<sup>32</sup> P3-INCIDIM 03	2,80E-02	4,10E-02	kg
<sup>33</sup> P3-MIP CF	4,45E+00	6,49E+00	kg

<sup>32</sup> Produto usado na desinfeção das viaturas de transporte de frango vivo. Composição considerada: formaldeído:15 %; glioxal: 15 %; glutaraldeído:5 % (não incluído na análise de impacte ambiental); surfactantes não iónicos:15 %; ácidos orgânicos: 5 %; cloreto de amónio: 10 % (Ecolab Hispano- Portuguesa, S.L.)

<sup>33</sup> Produto usado na lavagem de tabuleiros de transporte de frango morto e jaulas de frango vivo. Composição considerada: ácido etílico:80 %; excipientes: 100 %; glutaraldeído: 0.04 % (Ecolab Hispano- Portuguesa, S.L.)

Tabela 16: Análise de inventário de ciclo de vida referente à fase de transporte dos produtos de S.2. para S.3.. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou gordura produzida. Os dados foram fornecidos pela Savinor S.A., e remetem para o ano de 2012.

	Farinha	Gordura	Unidades
<b>ENTRADAS</b>			
Distancia percorrida	8,21E+01	1,20E+02	tkm
<sup>29</sup> DIVOSAN DETCIDE	3,00E-03	5,00E-03	l
<sup>37</sup> P3-MIP CF	2,33E+00	3,40E+00	kg

### 3.2.3. Avaliação do impacte ambiental (AICV)

A Tabela 17 expressa os impactes ambientais associados à produção de 1 tonelada de ingrediente, obtidos através do método de CML (2001), de acordo com o inventário apresentado para a farinha e gordura de subprodutos de aves. A Figura 17 apresenta os mesmos dados, mas sob a forma de gráfico, comparando os resultados entre a produção de 1 tonelada de farinha e de gordura de subprodutos aves, para todas as categorias de impacte consideradas.

Para todas as categorias de impacte, a produção de 1 tonelada de farinha de subprodutos de aves apresenta menores impactes associados do que para a produção de 1 tonelada de gordura de subprodutos de aves. O sistema 1 (S.1. – Produção de Frango) demonstra que para a produção de 1 tonelada de farinha de subprodutos de aves foi necessária a produção de cerca de 9 toneladas de frango vivo. Já para obter 1 tonelada de gordura de subprodutos de aves foi necessária a produção de 13 toneladas de frango vivo. Também após a passagem pelo matadouro (S.2.) a necessidade de matéria-prima para a produção de farinha continua a ser inferior ao requerido para a produção de gordura de subprodutos de aves, sendo que é necessário o recurso a cerca de 6 e 9 toneladas de subprodutos de frango, para a produção de 1 tonelada de farinha e gordura de subprodutos de aves, respetivamente.

A Figura 18 e 19 apresentam, respetivamente, a contribuição de cada fase do ciclo de vida, na produção de 1 tonelada de farinha ou de gordura de subprodutos de aves, sobre a forma de percentagem.

Tabela 17: Comparação dos valores dos impactos ambientais, por 1 tonelada de ingrediente, fase de produção e categoria de impacto selecionada. Método CML (2001).

Categoria de Impacte	Unidade	Farinha de Subprodutos de Aves (Savino)						Gordura de Subprodutos de Aves (Savino)					
		S.1. Produção frango	S.2. Matadouro	S.3. Processamento (Savino S.A.)	Transporte S.1 -> S.2	Transporte S.2 -> S.3.	TOTAL	S.1. Produção frango	S.2. Matadouro	S.3. Processamento (Savino S.A.)	Transporte S.1 -> S.2.	Transporte S.2 -> S.3.	TOTAL
Depleção Abiótica	kg Sb eq	1,06E+02	1,65E+01	7,75E+00	3,53E-01	2,01E-01	<b>1,30E+02</b>	1,54E+02	2,40E+01	1,12E+01	5,15E-01	2,93E-01	<b>1,90E+02</b>
Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq	1,65E+03	2,03E+01	1,56E+01	2,34E-01	1,35E-01	<b>1,68E+03</b>	2,40E+03	2,96E+01	2,27E+01	3,41E-01	1,97E-01	<b>2,45E+03</b>
Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> eq	4,42E+02	1,46E+01	6,51E+00	6,30E-02	3,60E-02	<b>4,63E+02</b>	6,45E+02	2,13E+01	9,49E+00	9,20E-02	5,30E-02	<b>6,76E+02</b>
Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq	4,32E+04	2,18E+03	1,05E+03	4,38E+01	2,52E+01	<b>4,65E+04</b>	6,30E+04	3,18E+03	1,52E+03	6,39E+01	3,68E+01	<b>6,78E+04</b>
Depleção da Camada do Ozono	kg CFC-11 eq	9,80E-04	1,30E-04	6,72E-05	6,35E-06	3,69E-06	<b>1,00E-03</b>	1,43E-03	1,90E-04	9,81E-05	9,27E-06	5,38E-06	<b>2,00E-03</b>
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	5,48E+03	4,02E+02	2,83E+02	6,23E+00	3,58E+00	<b>6,18E+03</b>	8,00E+03	5,86E+02	4,13E+02	9,09E+00	5,23E+00	<b>9,01E+03</b>
Ecotoxicidade de água doce	kg 1,4-DB eq	1,43E+04	4,59E+02	2,60E+02	3,26E+00	1,87E+00	<b>1,51E+04</b>	2,09E+04	6,70E+02	3,79E+02	4,75E+00	2,73E+00	<b>2,19E+04</b>
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DB eq	1,17E+04	2,15E+03	1,13E+03	1,42E+01	8,19E+00	<b>1,50E+04</b>	1,71E+04	3,13E+03	1,65E+03	2,07E+01	1,19E+01	<b>2,19E+04</b>
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	5,21E+01	8,44E-01	3,60E-01	1,10E-02	5,00E-03	<b>5,33E+01</b>	7,59E+01	1,23E+00	5,25E-01	1,60E-02	7,00E-03	<b>7,77E+01</b>
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	kg 1,4-DB eq	1,26E+04	2,22E+03	1,17E+03	1,57E+01	9,06E+00	<b>1,60E+04</b>	1,83E+04	3,24E+03	1,71E+03	2,29E+01	1,32E+01	<b>2,33E+04</b>
Ecotoxicidade Sedimentos água doce	kg 1,4-DB eq	1,63E+04	9,64E+02	5,50E+02	7,14E+00	4,10E+00	<b>1,78E+04</b>	2,38E+04	1,41E+03	8,02E+02	1,04E+01	5,99E+00	<b>2,60E+04</b>
Ocupação de Terra	m <sup>2</sup> a	2,82E+04	9,32E+01	6,05E+02	7,19E-01	4,10E-01	<b>2,89E+04</b>	4,11E+04	1,36E+02	8,82E+02	1,05E+00	5,98E-01	<b>4,22E+04</b>
Oxidação FotoQuímica	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	1,37E+01	7,42E-01	4,71E-01	1,30E-02	7,00E-03	<b>1,49E+01</b>	1,99E+01	1,08E+00	6,86E-01	1,90E-02	1,10E-02	<b>2,17E+01</b>

Os impactes ambientais sob a forma de percentagem são muito semelhantes para a farinha e gordura de subprodutos de aves. Assim, em ambos os ingredientes, a fase de produção de frango (S.1.) apresenta a maior contribuição para os impactes selecionados. Esta fase possui uma contribuição de 98 % do impacte total somente para a categoria de acidificação, para ambos os ingredientes selecionados. A contribuição da fase S.1. não é, para nenhuma das categorias, inferior a 78 %, assumindo este valor mínimo, para a categoria de ecotoxicidade marinha. A contribuição da fase de matadouro (S.2.) variou entre os 14 % e os 0,3 %, para as diferentes categorias de impacte, estando a sua contribuição mais alta associada à categoria de ecotoxicidade marinha e a mais baixa à categoria de ocupação de terra. A fase de produção/processamento (S.3.), não apresentou, para nenhuma das categorias, um impacte muito significativo, sendo que nunca assumiu valores superiores a 8 %. Ainda assim, foi na categoria de ecotoxicidade marinha que S.3. teve a sua maior expressão. Sendo a sua contribuição mínima perto de 0,7 % na categoria de ecotoxicidade terrestre. Uma vez mais, os transportes considerados não apresentaram, para nenhuma das categorias, uma contribuição significativa, sendo que a sua contribuição nunca excede os 0,8 %, valor máximo este verificado para a categoria de depleção da camada do ozono.

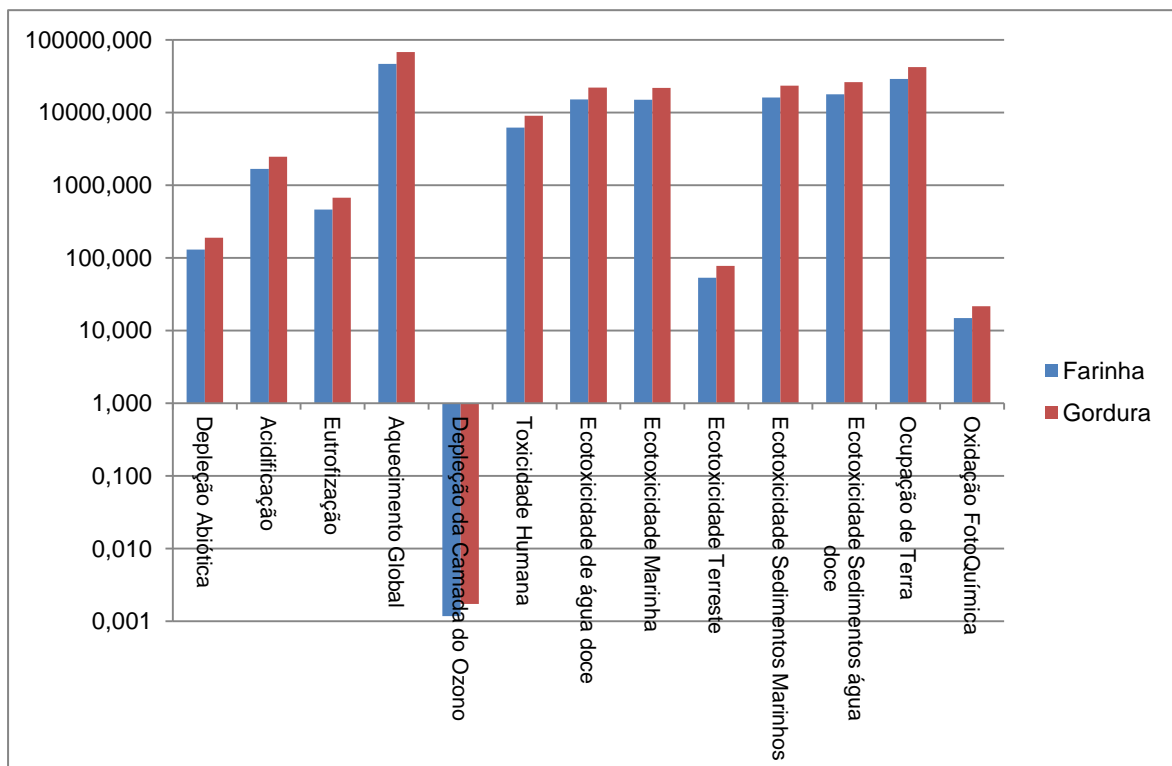


Figura 17: Comparação entre farinha e gordura obtida a partir de subprodutos de aves (Savinor S.A.).



Método: CML 2001 (West Europe, 1995)

Categoria	S.1. Produção do Frango	S.2. Matadouro	S.3. Produção/ Processamento	Transporte S.1. -> S.2.	Transporte S.2. -> S.3.
Depleção Abiótica	81,01	12,62	5,94	0,27	0,15
Acidificação	97,85	1,20	0,93	0,01	0,01
Eutrofização	95,42	3,15	1,41	0,01	0,01
Aquecimento Global	92,91	4,69	2,25	0,09	0,05
Depleção da Camada do Ozono	82,54	10,95	5,67	0,54	0,31
Toxicidade Humana	88,75	6,50	4,59	0,10	0,06
Ecotoxicidade de Água Doce	95,18	3,05	1,73	0,02	0,01
Ecotoxicidade Marinha	78,00	14,32	7,53	0,09	0,05
Ecotoxicidade Terrestre	97,71	1,58	0,68	0,02	0,01
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	78,60	13,90	7,34	0,10	0,06
Ecotoxicidade Sedimentos Água Doce	91,45	5,40	3,08	0,04	0,02
Ocupação de Terra	97,58	0,32	2,09	0,00	0,00
Oxidação FotoQuímica	91,72	4,98	3,16	0,09	0,05

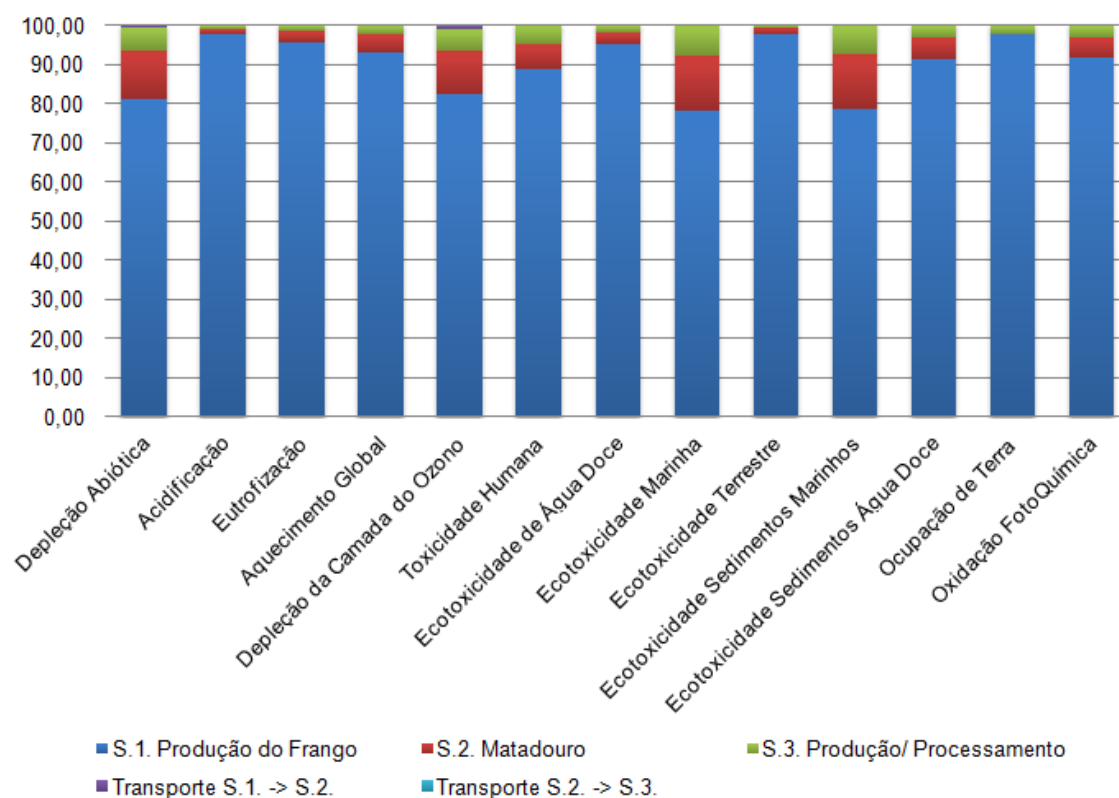


Figura 18: Resultados obtidos na etapa de caracterização AICV, contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerados para a produção de **farinha** de subprodutos de aves (Savinor S.A.).

Método: CML 2001 (West Europe, 1995)

Categoria	S.1. Produção do Frango	S.2. Matadouro	S.3. Produção/ Processamento	Transporte S.1. -> S.2.	Transporte S.2. -> S.3.
Depleção Abiótica	81,06	12,63	5,89	0,27	0,15
Acidificação	97,85	1,20	0,93	0,01	0,01
Eutrofização	95,42	3,15	1,41	0,01	0,01
Aquecimento Global	92,92	4,69	2,24	0,09	0,05
Depleção da Camada do Ozono	82,54	10,95	5,67	0,54	0,31
Toxicidade Humana	88,76	6,50	4,58	0,10	0,06
Ecotoxicidade de Água Doce	95,18	3,05	1,73	0,02	0,01
Ecotoxicidade Marinha	78,01	14,32	7,53	0,09	0,05
Ecotoxicidade Terrestre	97,71	1,58	0,68	0,02	0,01
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	78,60	13,90	7,34	0,10	0,06
Ecotoxicidade Sedimentos Água Doce	91,45	5,40	3,08	0,04	0,02
Ocupação de Terra	97,58	0,32	2,09	0,00	0,00
Oxidação FotoQuímica	91,73	4,98	3,16	0,09	0,05

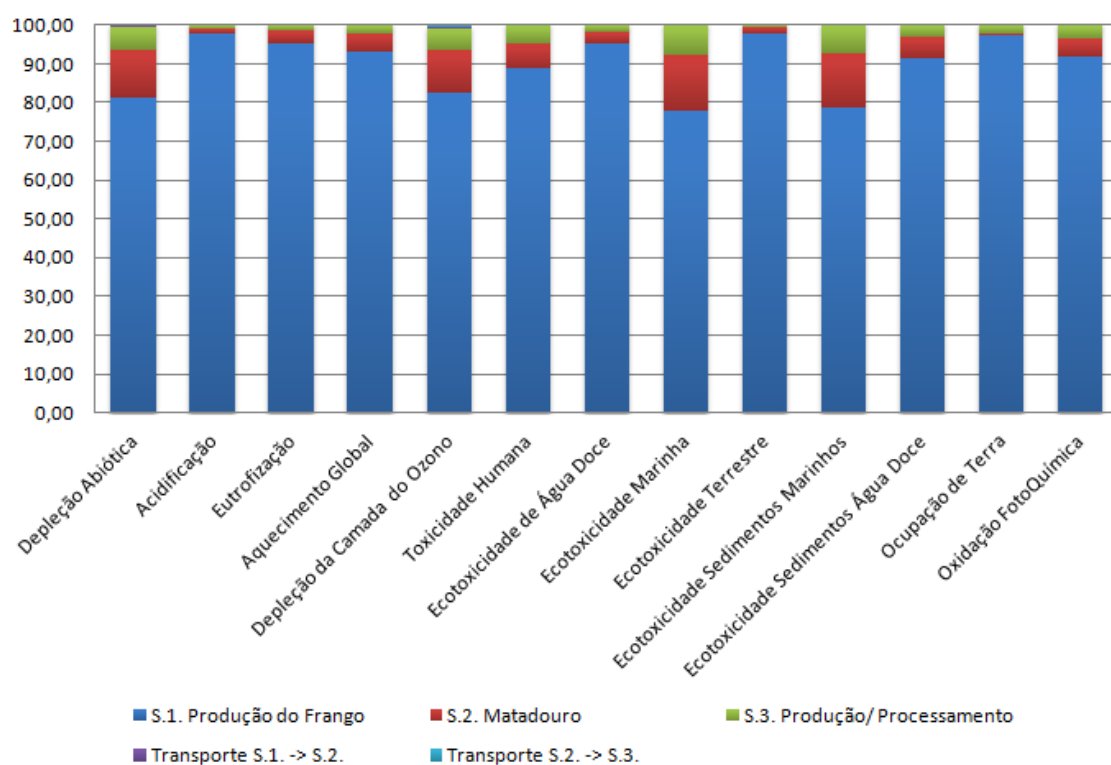


Figura 19: Resultados obtidos na etapa de caracterização AICV, contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerados para a produção de **gordura** de subprodutos de aves (Savinor S.A.).

### 3.3. Farinha e óleo de peixe do Perú

A produção de farinha e óleo do Perú é definida por dois sistemas. A Figura 20 traduz os sistemas considerados e suas fronteiras.

O sistema S.1. (Captura de anchova) é caracterizado pelo estudo de Fréon et al. (2014), referente à pesca de anchova no Perú. Segundo Fréon et al. (2014), a pesca da anchova no Perú é uma das pescas mono - específicas, mais importantes e eficientes do mundo, e suporta toda a indústria nacional de produção e exportação de óleo e farinha de peixe do Perú. Este ingrediente nacional serve na sua maioria para alimentação animal, nomeadamente para alimentação aquícola. Na caracterização de S.1. apenas foram consideradas as entradas e saídas semelhantes às consideradas na avaliação dos subprodutos de peixe, anteriormente identificadas. Estes factos permitem comparar entre os impactes avaliados para cada um dos ingredientes em foco. Ou seja, foram igualmente excluídos deste estudo todos impactes associados à construção das embarcações de pesca. Refere-se que esses impactes representam no estudo de Fréon et al. (2014) apenas 2.9 % dos impactes totais. Todos os dados foram expressos relativamente a uma tonelada de ingrediente produzido (farinha ou óleo).

Após chegada do peixe à doca, este é conduzido para um sistema de bombeamento que leva o peixe diretamente até à fábrica de processamento, localizada a centenas de metros do cais de embarque. Não tendo sido por esta razão, tido em conta, o transporte do peixe até à fabrica de processamento, tal como se verificou para a farinha e óleo de peixe da Savinor S.A..

O sistema S.2. (Produção/Processamento) é determinado pelo estudo de Avadí (2014), referente à produção de farinha e óleo de peixe, em Lima, no Perú.

Neste estudo foi também considerado o transporte do ingrediente final até Ovar, Portugal. Foi assumida a existência de transporte rodoviário desde Lima, Perú (local de produção do ingrediente) até ao porto de Caracas, Venezuela. Posteriormente, o transporte marítimo desde Caracas até ao porto marítimo de Roterdão (Holanda). E por fim, novamente considerado transporte rodoviário até Ovar, Portugal, onde está instalada a empresa.

As Tabelas 18 e 19 representam, respetivamente, os inventários dos S.1. (Captura), e S.2. (Produção/Processamento), correspondente à produção de **1 tonelada** de farinha ou óleo de peixe do Perú.

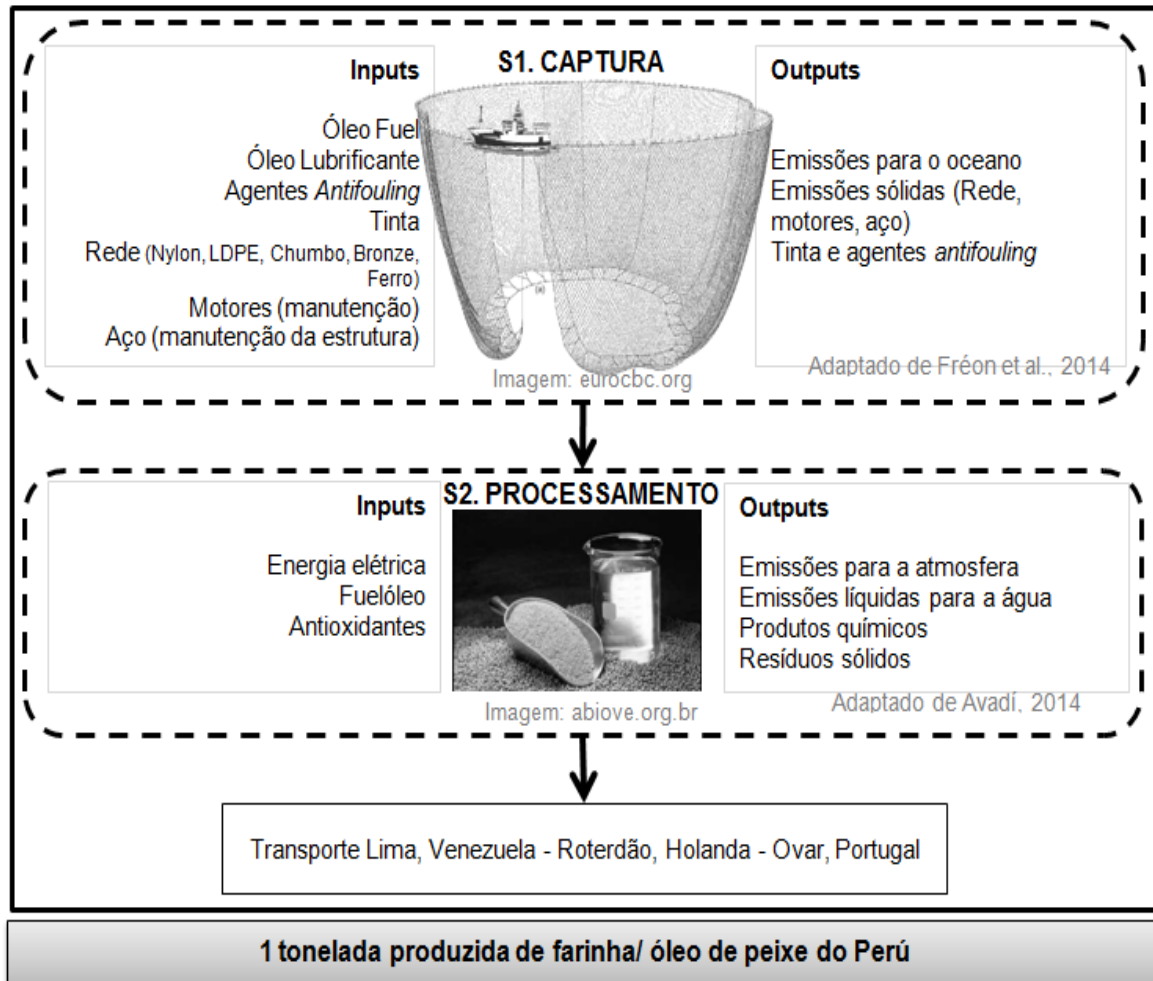


Figura 20: Fases do ciclo de vida associadas à produção de farinha e óleo de peixe do Peru.

Legenda: — Fronteira do estudo; - - Fronteira dos sistemas considerados. (S1- Captura da anchova; S2 – Produção/Processamento do ingrediente).

À semelhança dos ingredientes anteriores, para a execução das tabelas de inventário recorreu-se à alocação mássica. Sendo que no estudo de Avadí et al. (2014), os autores indicam que 4,21 toneladas de anchova do Peru se convertem numa tonelada de farinha de peixe do Peru, e em apenas 0,19 toneladas de óleo de peixe do Peru. Ou seja, para a produção de 1 tonelada de óleo de peixe do Peru é necessária a captura de cerca de 22 toneladas de anchova. Consequentemente, todas as entradas e saídas foram alocadas a estes valores, satisfazendo a unidade funcional, de 1 tonelada de ingrediente produzido.

Tabela 18: Análise de inventário de ciclo de vida do S.1. (Captura de anchova). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Fréon et al. (2014).

	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Peixe pescado	4	22	t
Óleo fuel	6,57E+01	3,46E+02	kg
Óleo lubrificante	3,39E-01	1,79E+00	kg
Agentes antifouling	6,80E-02	3,58E-01	kg
<sup>34</sup> Tinta	1,13E-01	5,97E-01	kg
Rede	3,21E+00	1,69E+01	kg
Nylon	2,06E+00	1,08E+01	kg
LDPE	6,74E-01	3,55E+00	kg
Chumbo	4,50E-01	2,37E+00	kg
Bronze	1,60E-02	8,50E-02	kg
Ferro	1,60E-02	8,50E-02	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Emissões para o oceano			
Emissões de antifouling	4,40E-02	2,30E-01	kg
Arsénio	6,00E-03	2,90E-02	mg
Cobre	5,44E+02	2,87E+03	mg
Níquel	9,50E-02	5,00E-01	mg
Chumbo	5,58E-01	2,94E+00	mg
Estanho	6,23E-01	3,28E+00	mg
Zinco	1,54E+02	8,09E+02	mg
TBT	2,00E-03	9,00E-03	mg
Diphenyltin	9,10E-02	4,79E-01	mg
Dibutyltin	1,00E-03	8,00E-03	mg
Triphenyltin	2,70E-02	1,43E-01	mg
Resíduos sólidos			
Resíduos sólidos	8,51E-01	4,48E+00	kg
Chumbo (rede de pesca)	5,14E-01	2,70E+00	kg
Nylon (rede de pesca)	2,28E+00	1,20E+01	kg
<sup>22</sup> VOC (Tinta)	3,00E-03	1,70E-02	kg

Tabela 19: Análise de inventário de ciclo de vida do S.2. (Produção/Processamento). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Avadí (2014).

	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Peixe fresco	4	22	t
Antioxidantes	8,60E-01	4,53E+00	kg
Energia			
Elétrica	3,12E+02	1,64E+03	MJ
Fuelóleo	6,39E+00	3,36E+01	MJ
<b>SAÍDAS</b>			
Ingrediente	1,00E+00	1,00E+00	t
Emissões para a água			
<sup>24</sup> CBO <sub>5</sub>	3,86E+01	2,03E+02	kg
N	5,50E-01	2,90E+00	kg
P	5,00E-03	2,60E-02	kg

<sup>34</sup> Composição: Alquído (tinta): 33%; Resina Epóxi, líquida: 67%

A Tabela 20 caracteriza o inventário referente ao transporte rodoviário desde Lima, Peru até Caracas, Venezuela. A Tabela 21 apresenta o inventário do transporte marítimo desde o porto de Caracas, Venezuela, até ao porto de Roterdão Holanda. E por fim, a Tabela 22 é referente ao transporte rodoviário até Ovar, Portugal. Os itinerários foram calculados com o auxílio de ferramenta informática. As rotas rodoviárias através de uma ferramenta online (mapquest, 2014; searates, 2014). As emissões associadas ao transporte foram estimadas usando as bases de dados do SimaPro, após definição do tipo de veículo e transporte utilizado. Para os transportes rodoviários foi assumido que eram realizados em caminhões com cargas entre 3,5 e 10 toneladas, tal como assumido anteriormente em todos os transportes rodoviários. Enquanto que para o transporte marítimo foi assumido o uso de um navio de carga transoceânica.

Tabela 20: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte rodoviário de Lima, Peru até Caracas, Venezuela. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. O itinerário foi definido por <http://www.mapquest.com/>.

	Farinha e Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>		
Ingrediente	1000	kg
Distância percorrida	4,81E+03	tkm

Tabela 21: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte marítimo de Caracas, Venezuela até Roterdão, Holanda. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. O itinerário foi definido por <http://www.searates.com/>.

	Farinha e Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>		
Ingrediente	1000	kg
Distância percorrida	7,70E+03	tkm

Tabela 22: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte rodoviário de Roterdão, Holanda até Ovar, Portugal. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. O itinerário foi definido por <http://www.mapquest.com/>.

	Farinha e Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>		
Ingrediente	1000	kg
Distância percorrida	2,03E+03	tkm

### 3.3.1. Avaliação do impacte ambiental (AICV)

A Tabela 23 expressa os impactes ambientais associados à produção de 1 tonelada de ingrediente, obtidos através do método de CML (2001), de acordo com o inventário apresentado para a farinha e óleo de peixe do Perú. Já a Figura 21 apresenta os mesmos dados, mas sob a forma de gráfico, comparando os resultados entre a produção de 1 tonelada de farinha e de óleo de peixe do Perú, para todas as categorias de impacte consideradas.

Para todas as categorias de impacte, a produção de 1 tonelada de farinha de peixe do Perú apresenta menores impactes associados do que para a produção de 1 tonelada de óleo de peixe do Perú. De facto, para a produção de 1 tonelada de farinha é necessária a captura de, apenas, cerca de 4 toneladas de anchova, enquanto que para a produção da mesma quantidade de óleo é necessária a captura de cerca de 22 toneladas de peixe.

Tabela 23: Resultados obtidos na etapa de Caracterização, expressos por 1 tonelada de ingrediente, por fase de produção e por categoria de impacto, usando o método CML (2001).

Categoria de Impacte	Unidade	Farinha de Peixe do Perú						Óleo de Peixe do Perú					
		S.1. Captura (adaptado de Fréon et al., 2014)	S.2. Processamento (Adaptado de Avadí, 2014)	Transporte Rodoviário Lima, Peru->Caracas, Venezuela	Transporte Marítimo Caracas, Venezuela->Roterdão, Holanda	Transporte Rodoviário Roterdão, Holanda->Ovar, Portugal	TOTAL	S.1. Captura (adaptado de Fréon et al., 2014)	S.2. Processamento (adaptado de Avadí, 2014)	Transporte Rodoviário Lima, Peru->Caracas, Venezuela	Transporte Marítimo Caracas, Venezuela->Roterdão, Holanda	Transporte Rodoviário Roterdão, Holanda->Ovar, Portugal	TOTAL
Depleção Abiótica	kg Sb eq	1,74E+00	1,82E-01	9,43E+00	5,50E-01	3,98E+00	<b>1,59E+01</b>	9,15E+00	9,59E-01	9,43E+00	5,50E-01	3,98E+00	<b>2,41E+01</b>
Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq	4,94E-01	3,60E-02	7,52E+00	1,82E+00	3,18E+00	<b>1,30E+01</b>	2,60E+00	1,89E-01	7,52E+00	1,82E+00	3,18E+00	<b>1,53E+01</b>
Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> --- eq	8,30E-02	2,53E-01	1,94E+00	1,98E-01	8,19E-01	<b>3,29E+00</b>	4,39E-01	1,33E+00	1,94E+00	1,98E-01	8,19E-01	<b>4,73E+00</b>
Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq	5,28E+01	2,13E+01	1,34E+03	8,26E+01	5,67E+02	<b>2,06E+03</b>	2,78E+02	1,12E+02	1,34E+03	8,26E+01	5,67E+02	<b>2,38E+03</b>
Depleção da Camada do Ozono	kg CFC-11 eq	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<b>0,00E+00</b>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	<b>0,00E+00</b>
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	1,94E+01	2,03E-01	1,90E+02	4,83E+01	8,01E+01	<b>3,37E+02</b>	1,02E+02	1,07E+00	1,90E+02	4,83E+01	8,01E+01	<b>4,21E+02</b>
Ecotoxicidade de água doce	kg 1,4-DB eq	1,28E+01	9,90E-02	9,94E+01	8,82E+00	4,20E+01	<b>1,63E+02</b>	6,72E+01	5,23E-01	9,94E+01	8,82E+00	4,20E+01	<b>2,18E+02</b>
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DB eq	5,90E+01	1,71E+00	4,41E+02	8,78E+01	1,86E+02	<b>7,75E+02</b>	3,10E+02	9,02E+00	4,41E+02	8,78E+01	1,86E+02	<b>1,03E+03</b>
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	1,70E-02	0,00E+00	2,70E-01	1,40E-02	1,14E-01	<b>4,16E-01</b>	8,90E-02	2,00E-03	2,70E-01	1,40E-02	1,14E-01	<b>4,90E-01</b>
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	kg 1,4-DB eq	7,48E+01	1,92E+00	4,89E+02	1,09E+02	2,07E+02	<b>8,81E+02</b>	3,94E+02	1,01E+01	4,89E+02	1,09E+02	2,07E+02	<b>1,21E+03</b>
Ecotoxicidade Sedimentos água doce	kg 1,4-DB eq	2,96E+01	2,22E-01	2,19E+02	1,90E+01	9,25E+01	<b>3,60E+02</b>	1,56E+02	1,17E+00	2,19E+02	1,90E+01	9,25E+01	<b>4,87E+02</b>
Ocupação de Terra	m <sup>2</sup> a	6,11E-01	8,00E-03	2,27E+01	6,13E-01	9,59E+00	<b>3,35E+01</b>	3,21E+00	4,50E-02	2,27E+01	6,13E-01	9,59E+00	<b>3,62E+01</b>
Oxidação FotoQuímica	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	2,70E-02	1,00E-03	2,74E-01	5,80E-02	1,16E-01	<b>4,76E-01</b>	1,42E-01	8,00E-03	2,74E-01	5,80E-02	1,16E-01	<b>5,97E-01</b>



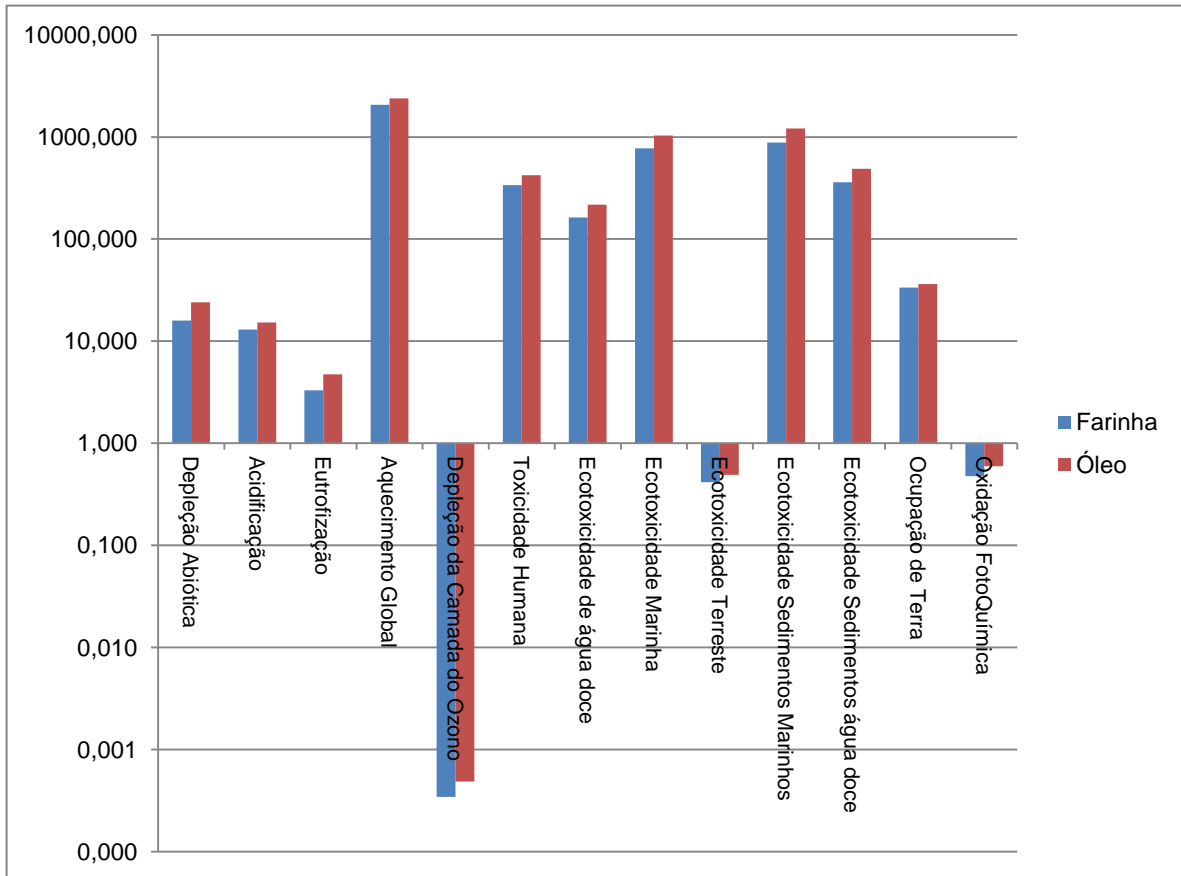


Figura 21: Comparação entre farinha e óleo de peixe do Peru.

A Figura 22 apresenta a contribuição de cada fase de produção, na produção de 1 tonelada de farinha de peixe do Peru. No geral, a fase de transporte rodoviário de Lima (Peru) até Caracas (Venezuela) foi a que teve maior influência em todas as categorias de impacto. A contribuição percentual desta fase variou entre 56 % (nas categorias de eutrofização e ecotoxicidade de sedimentos marinhos) e 68 % (para a categoria de impacto ambiental ocupação de terra). Por outro lado, a fase S.2. não aparentou ser uma fase com grande contribuição relativa do ponto de vista ambiental, sendo a sua contribuição máxima de apenas 8 % na categoria de eutrofização. A fase de captura de anchova S.1. também não mostrou contribuições muito significativas, variando entre 11 %, na categoria ambiental depleção abiótica e 2 %, para a ocupação de terra. O transporte marítimo de Caracas (Venezuela) até Roterdão (Holanda) e o transporte rodoviário até Ovar (Portugal), por ordem crescente de contribuição revelaram ser fases com uma contribuição significativa. Para o transporte marítimo a cotização nas diferentes categorias de impacto variou entre 14 % (para toxicidade humana) e 2 % (na categoria ocupação de terra). O impacto percentual do transporte rodoviário até Ovar (Portugal), pelas diferentes categorias de impacto consideradas, variou entre 29 % e 23 %, que se

manifestaram, respetivamente, nas categorias de ocupação de terra e ecotoxicidade dos sedimentos marinhos.

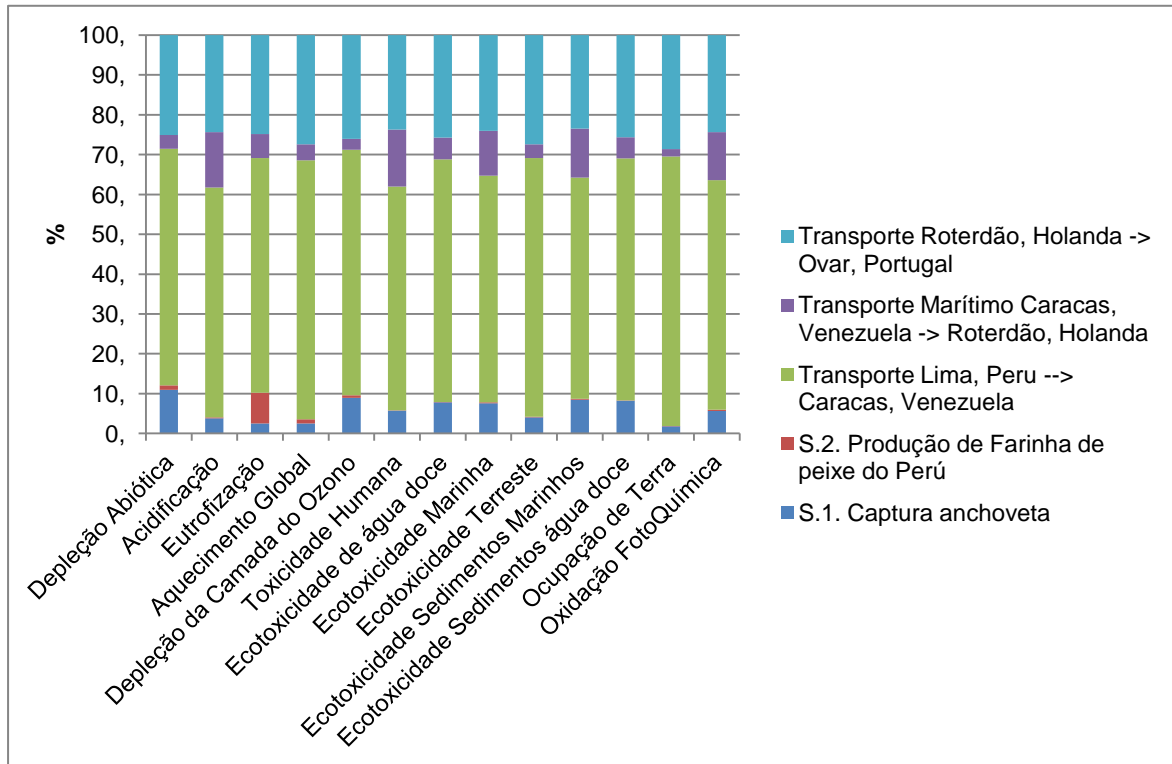


Figura 22: Contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerado para a produção de farinha de peixe do Perú.

A Figura 23 apresenta a contribuição de cada fase de produção, na produção de 1 tonelada de óleo de peixe. No geral, a fase de transporte rodoviário de Lima (Perú) até Caracas (Venezuela) foi uma vez mais a etapa de produção com maior influência nas categorias de impacto selecionadas. No entanto, o peso desta contribuição percentual diminuiu em relação à manifestada na produção de 1 tonelada de farinha de peixe do Perú, variando apenas entre 63 % (para a categoria de ocupação de terra) e 39 % (para depleção abiótica). É de notar que na maioria das categorias de impacto esta fase, ao contrário do que se verificou para a produção de farinha, não chega a representar 50 % dos impactos manifestados. Por outro lado, a fase S.2. foi a que apresentou menor peso percentual para todas as categorias de impacto, exceto para a categoria de eutrofização, que influencia 28 % dos impactos. Contrariamente ao verificado na produção de farinha, a fase de captura de anchova (S.1.) foi a que mostrou uma segunda maior contribuição para as diferentes categorias de impacto, variando entre 38 %, para a categoria ambiental depleção abiótica e 9 %, para a ocupação de terra. A etapa seguinte, com peso percentual significativo foi a correspondente ao transporte de Roterdão (Holanda) até Ovar (Portugal), cuja sua contribuição variou, para as diferentes categorias de impacto

entre 27 % (para a etapa de ocupação de terra) e 17 % (nas categorias de depleção abiótica e eutrofização). Por fim, a etapa correlativa ao transporte marítimo apresentou contribuições muito pouco significativas, variando entre 12 % (para a categoria de eutrofização) e 2 % (nas categorias de depleção abiótica, depleção na camada do ozono e ocupação de terra).

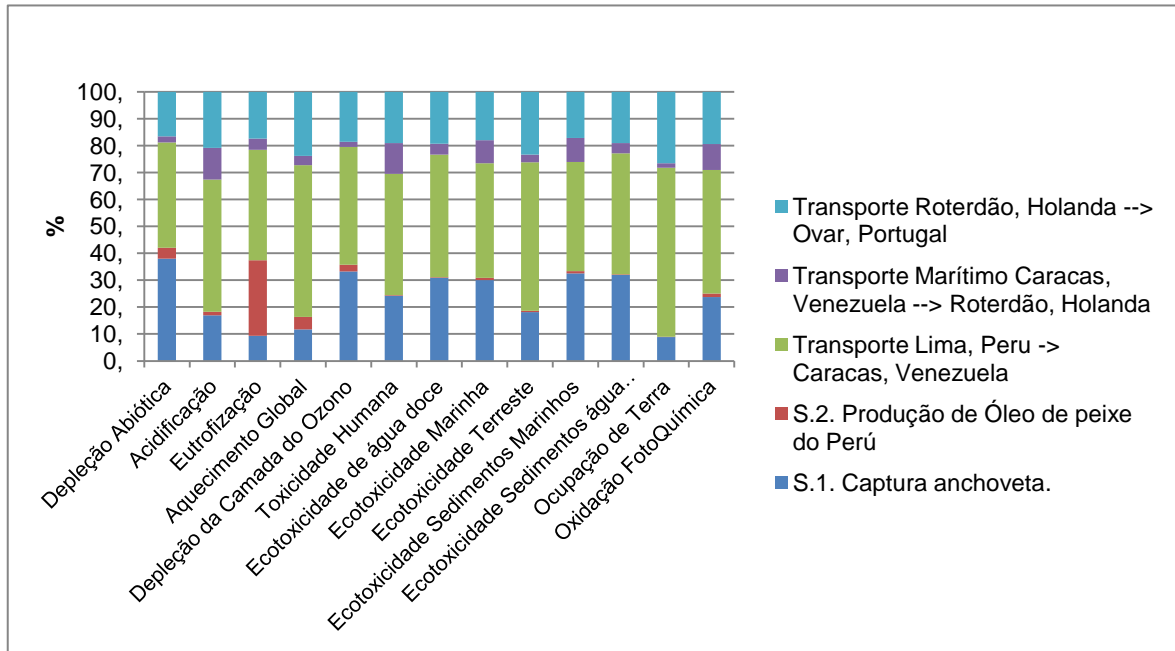


Figura 23: Contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerado para a produção de óleo de peixe do Peru.

### 3.4. Farinha e óleo de Soja (geneticamente modificada)

Um organismo geneticamente modificado (OGM) é entendido como qualquer organismo (planta, microrganismo ou animal) cujo o seu DNA contem um ou mais genes modificados/otimizados (Flachowsky et al., 2005).

À semelhança dos ingredientes analisados anteriormente, estes, são também definidos por dois sistemas, incluindo a produção da soja (S.1.), e o processamento da mesma (S.2.). A Figura 24 traduz os sistemas considerados e suas fronteiras. Os dados do inventário foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).

As Tabelas 24 e 25 representam, respetivamente, os inventários dos S.1. (Produção agrícola), e S.2. (Processamento), correspondente à produção de **1 tonelada** de farinha ou óleo de soja.

É também importante referir que o Brasil é principal produtor e processador da soja. Segundo o estudo de Cavalett (2008), a fábrica de processamento localiza-se a 150 km do local de produção. A Tabela 26 caracteriza o inventário referente ao transporte rodoviário de S.1. para S.2.. A Tabela 27 apresenta o inventário do transporte ferroviário desde o local de processamento (S.2.) até ao porto de Santos, Brasil, perfazendo uma distância, aproximada de 1000 km. A Tabela 28 é referente ao transporte marítimo até Roterdão, Holanda. Os dados recolhidos destes três últimos transportes foram adaptados do estudo de Cavalett (2008), e reportados à unidade funcional de 1 tonelada de ingrediente final. Já o itinerário referente ao transporte rodoviário de Roterdão, Holanda até Ovar, Portugal foi considerado com o auxílio de <http://www.mapquest.com/>. As emissões associadas ao transporte de Roterdão (Holanda) até Ovar (Portugal) foram estimadas usando as bases de dados do SimaPro (EcolInvent), considerando o uso de caminhões com cargas entre 3,5 e 10 toneladas

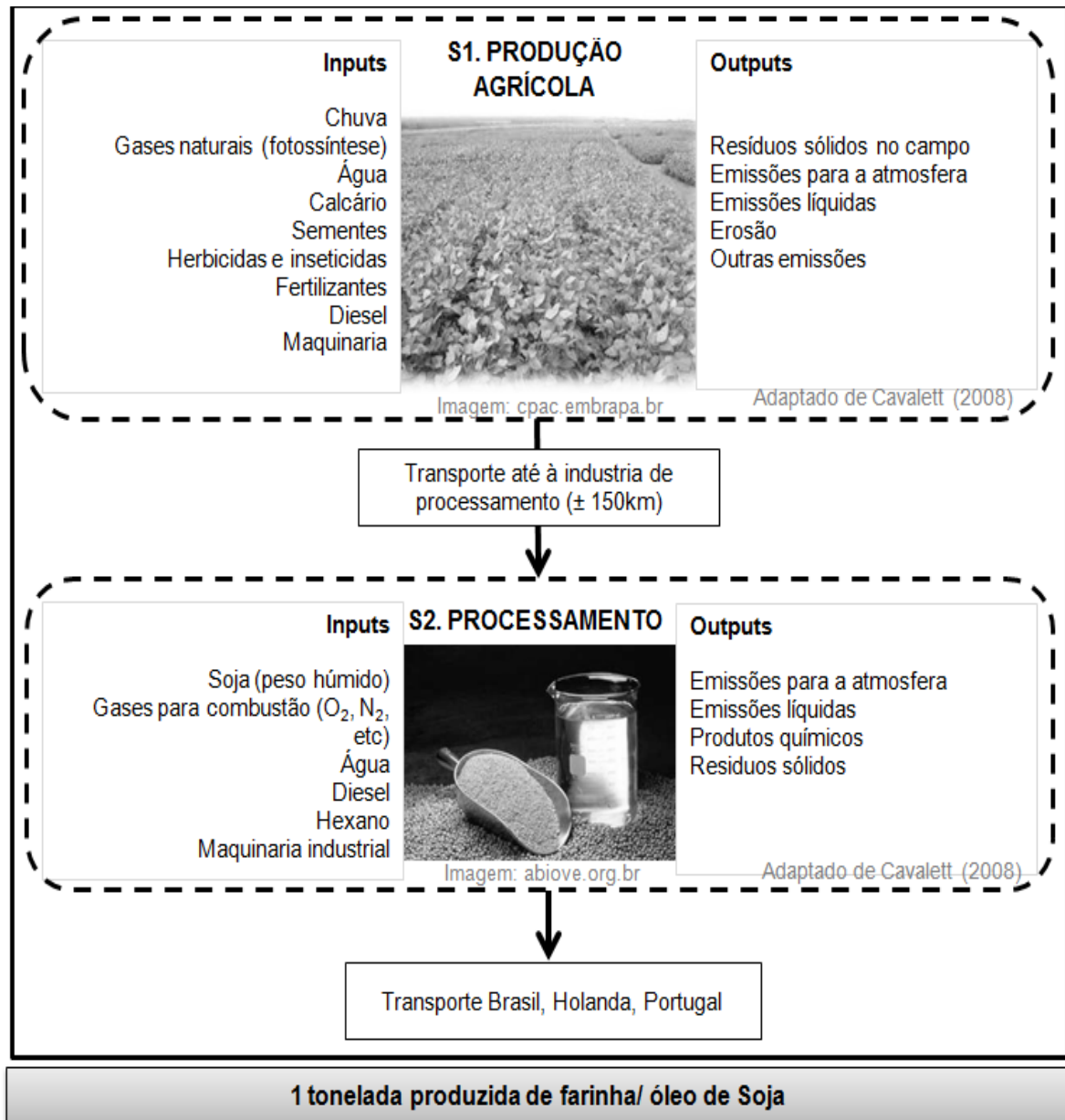


Figura 24: Fases do ciclo de vida associadas à produção de farinha e óleo de Soja. Legenda: — Fronteira do estudo; - - Fronteira dos sistemas considerados.

(S.1. – Produção agrícola; S.2. – Processamento/Produção do ingrediente)

Tabela 24: Análise de inventário de ciclo de vida do S.1. (Produção agrícola). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).

	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Uso de solo	7,39E+03	3,33E+04	kg
Calcário	1,63E+02	7,35E+02	kg
Herbicidas	2,09E+00	9,41E+00	kg
Inseticidas agrotóxicos	1,39E+00	6,28E+00	kg
Fosforo (fertilizante)	1,47E+01	6,63E+01	kg
Potássio (fertilizante)	2,84E+01	1,28E+02	kg
Diesel	2,37E+01	1,07E+02	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Soja (peso húmido)	1,23E+03	5,55E+03	kg
Resíduos sólidos no campo	1,85E+03	8,33E+03	kg
<b>Emissões líquidas</b>			
Efluente líquido	2,83E+06	1,28E+07	kg
Resíduos sólidos	1,85E+03	8,33E+03	kg
<b>Outras emissões estimadas da plantação</b>			
NO <sub>3</sub>	1,57E+01	7,06E+01	kg
N <sub>2</sub> O	3,26E-01	1,47E+00	kg
Fósforo	1,30E+00	5,88E+00	kg

Tabela 25: Análise de inventário de ciclo de vida do S.2. (Processamento). Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).

	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Soja (peso húmido)	1,23E+03	5,55E+03	kg
Recursos naturais não renováveis			
Diesel	2,20E+01	9,94E+01	kg
Água	8,87E+02	4,00E+03	kg
Hexano	1,48E+00	6,67E+00	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Ingrediente	1000	1000	kg
<b>Emissões gasosas</b>			
CO <sub>2</sub>	7,57E+01	3,41E+02	kg
H <sub>2</sub> O	1,24E+01	5,59E+01	kg
NO <sub>x</sub>	2,00E-02	8,80E-02	kg
SO <sub>2</sub>	6,00E-03	2,90E-02	kg
CO	1,70E-02	7,50E-02	kg
VOC	1,00E-03	3,00E-03	kg
CH <sub>4</sub>	0,00E+00	0,00E+00	kg
Partículas	3,00E-03	1,50E-02	kg
<b>Emissões líquidas</b>			
<sup>35</sup> Efluentes	8,87E+02	4,00E+03	kg
Produtos químicos	5,74E-01	2,59E+00	kg

<sup>35</sup> A composição do efluente foi definida no SimPro como “emissão líquida – água indiferenciada” uma vez que não existiam dados concretos sobre a sua composição

Tabela 26: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte rodoviário de S.1. para S.2.. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).

	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Matéria-prima			
Soja (peso húmido)	1,23E+03	5,55E+03	kg
Diesel	1,85E+00	8,33E+00	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Emissões gasosas			
CO <sub>2</sub>	5,87E+00	2,65E+01	kg
H <sub>2</sub> O	1,83E+00	8,26E+00	kg
NO <sub>x</sub>	8,70E-02	3,94E-01	kg
SO <sub>2</sub>	0,00E+00	0,00E+00	kg
CO	7,10E-02	3,22E-01	kg
VOC	7,00E-03	3,30E-02	kg
CH <sub>4</sub>	0,00E+00	0,00E+00	kg
Partículas	8,00E-03	3,60E-02	kg

Tabela 27: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte ferroviário desde a fábrica de processamento até Santos, Brasil. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).

	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Ingrediente	1000,000	1000,000	kg
Diesel	1,03E+01	1,00E+01	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Emissões gasosas			
CO <sub>2</sub>	3,34E+01	3,17E+01	kg
H <sub>2</sub> O	1,03E+01	9,91E+00	kg
NO <sub>x</sub>	1,00E+00	4,73E-01	kg
SO <sub>2</sub>	7,00E-03	0,00E+00	kg
CO	8,20E-02	3,86E-01	kg
VOC	3,10E-02	4,00E-02	kg
CH <sub>4</sub>	2,00E-03	0,00E+00	kg
N <sub>2</sub> O	1,00E-03	0,00E+00	kg
Partículas	2,10E-02	4,30E-02	kg

Tabela 28: Análise de inventário de ciclo de vida referente ao transporte marítimo desde Santos, Brasil até Roterdão, Holanda. Valores reportam-se à unidade funcional: 1 tonelada de farinha ou óleo produzida. Os dados foram recolhidos e adaptados de Cavalett (2008).

	Farinha e Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>		
Ingrediente	1000,00	kg
Diesel	9,13E+01	kg
<b>SAÍDAS</b>		
Emissões gasosas		
CO <sub>2</sub>	2,95E+02	kg
H <sub>2</sub> O	9,09E+01	kg
NOx	9,39E+00	kg
SO <sub>2</sub>	6,20E-02	kg
CO	7,65E-01	kg
VOC	2,88E-01	kg
CH <sub>4</sub>	1,40E-02	kg
N <sub>2</sub> O	0,00E+00	kg
Partículas	1,93E-01	Kg

#### 3.4.1. Avaliação do impacte ambiental (AICV)

A Tabela 29 expressa os impactes ambientais associados à produção de 1 tonelada de ingrediente, obtidos através do método de CML (2001), de acordo com o inventário apresentado para a farinha e óleo soja. Já a Figura 25 apresenta os mesmos dados, mas sob a forma de gráfico, comparando os resultados entre a produção de 1 tonelada de farinha e de óleo de soja, para todas as categorias de impacte consideradas.

Para todas as categorias de impacte, a produção de 1 tonelada de farinha de soja apresenta menores impactes associados do que para a produção de 1 tonelada de óleo de soja. De facto, por exemplo, para a produção 1 tonelada de farinha de soja é necessário o recurso a pouco mais de uma tonelada (1230 kg) de soja húmida; já para a produção da mesma quantidade de óleo de soja são necessárias cerca de 5 toneladas de soja húmida.



Tabela 29: Resultados obtidos na etapa de caracterização, expressos por 1 tonelada de ingrediente, por fase de produção e por categoria de impacto, usando o método CML (2001)

Categoria de Impacte	Unidade	Farinha de Soja (adaptado de Cavalett, 2008)							Óleo de Soja (adaptado de Cavalett, 2008)						
		S.1. Produção agrícola	S.2. Processamento	Transporte S1 -> S2	Transporte Ferroviário at Santos, Brasil	Transporte Marítimo Santos, Brasil - Roterdão Holanda	Transporte Rodoviário Roterdão, Holanda -> Ovar, Portugal <sup>36</sup>	TOTAL	S.1. Produção agrícola	S.2. Processamento	Transporte S.1. -> S.2.	Transporte Ferroviário at Santos, Brasil	Transporte Marítimo Santos, Brasil -> Roterdão, Holanda	Transporte Rodoviário Roterdão, Holanda -> Ovar, Portugal <sup>36</sup>	TOTAL
Depleção Abiótica	kg Sb eq	2,16E+00	1,25E+00	5,76E-02	2,60E-01	2,33E+00	3,98E+00	<b>1,00E+01</b>	9,72E+00	2,55E+00	2,60E-01	3,12E-01	2,33E+00	3,98E+00	<b>1,92E+01</b>
Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq	2,08E+00	6,10E-01	6,32E-02	5,82E-01	5,42E+00	3,18E+00	<b>1,19E+01</b>	1,23E+01	7,37E-01	2,86E-01	3,43E-01	5,42E+00	3,18E+00	<b>2,23E+01</b>
Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> - eq	7,03E+00	3,34E-01	1,86E-02	1,45E-01	1,36E+00	8,19E-01	<b>9,71E+00</b>	3,25E+01	1,09E-01	8,42E-02	1,01E-01	1,36E+00	8,19E-01	<b>3,49E+01</b>
Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq	6,10E+02	1,81E+02	8,60E+00	4,08E+01	3,62E+02	5,67E+02	<b>1,77E+03</b>	2,75E+03	3,98E+02	3,88E+01	4,65E+01	3,62E+02	5,67E+02	<b>4,16E+03</b>
Depleção da Camada do Ozono	kg CFC-11 eq	1,34E-04	1,50E-05	9,30E-07	4,85E-06	4,30E-05	8,96E-05	<b>2,87E-04</b>	6,03E-04	4,93E-05	4,19E-06	5,03E-06	4,30E-05	8,96E-05	<b>7,94E-04</b>
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	1,50E+02	2,11E+01	6,76E+00	9,15E+00	9,66E+01	8,01E+01	<b>3,64E+02</b>	6,85E+02	2,02E+01	3,05E+01	3,66E+01	9,66E+01	8,01E+01	<b>9,49E+02</b>
Ecotoxicidade de água doce	kg 1,4-DB eq	4,66E+01	5,23E+01	2,48E+00	3,07E+00	3,27E+01	4,20E+01	<b>1,79E+02</b>	2,10E+02	9,00E+00	1,12E+01	1,34E+01	3,27E+01	4,20E+01	<b>3,19E+02</b>
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DB eq	2,29E+02	1,96E+02	9,42E+00	1,40E+01	1,44E+02	1,86E+02	<b>7,78E+02</b>	1,03E+03	6,33E+01	4,25E+01	5,10E+01	1,44E+02	1,86E+02	<b>1,52E+03</b>
Ecotoxicidade Terreste	kg 1,4-DB eq	1,10E-01	2,42E-02	4,04E-03	5,75E-03	5,94E-02	1,14E-01	<b>3,17E-01</b>	4,95E-01	2,30E-02	1,82E-02	2,18E-02	5,94E-02	1,14E-01	<b>7,32E-01</b>
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	kg 1,4-DB eq	2,42E+02	2,02E+02	1,03E+01	1,55E+01	1,59E+02	2,07E+02	<b>8,36E+02</b>	1,09E+03	7,11E+01	4,66E+01	5,59E+01	1,59E+02	2,07E+02	<b>1,63E+03</b>
Ecotoxicidade Sedimentos água doce	kg 1,4-DB eq	9,57E+01	1,11E+02	5,53E+00	6,85E+00	7,29E+01	9,25E+01	<b>3,84E+02</b>	4,32E+02	2,01E+01	2,49E+01	2,99E+01	7,29E+01	9,25E+01	<b>6,72E+02</b>
Ocupação de Terra	m <sup>2</sup> a	5,32E+00	1,71E+00	7,46E-02	1,41E-01	1,39E+00	9,59E+00	<b>1,82E+01</b>	2,40E+01	9,52E-01	3,36E-01	4,04E-01	1,39E+00	9,59E+00	<b>3,67E+01</b>
Oxidação FotoQuímica	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	6,79E-02	2,91E-02	3,41E-03	6,98E-03	6,47E-02	1,16E-01	<b>2,88E-01</b>	3,06E-01	5,30E-02	1,54E-02	1,85E-02	6,47E-02	1,16E-01	<b>5,73E-01</b>

<sup>36</sup> Etapa não incluída no estudo de Cavalett, 2008

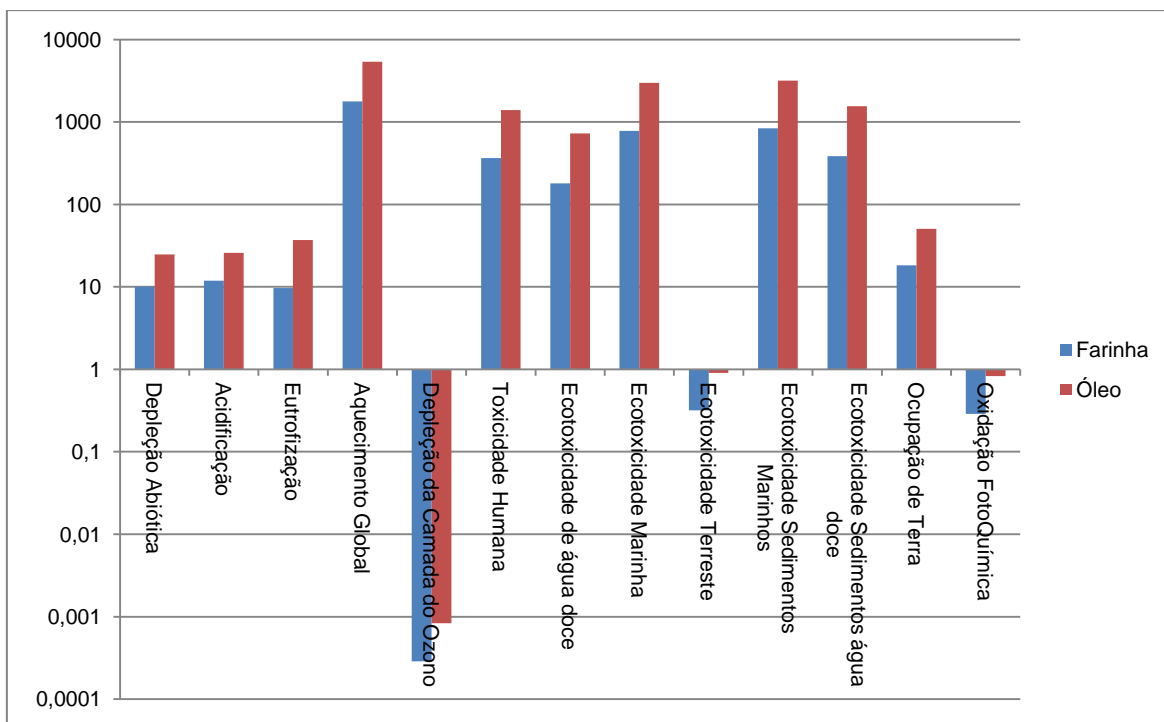


Figura 25: Comparação entre farinha e óleo de soja.

A Figura 26 apresenta a contribuição de cada etapa do ciclo de vida, para produzir 1 tonelada de farinha de soja. No geral, a etapa de produção agrícola (S.1.) foi a que manifestou maior influência nos impactes de quase todas as categorias de impacto, esta contribuição percentual variou entre 72 %, verificado na categoria de eutrofização, e uma contribuição de 17 %, para a categoria de acidificação. Ou seja, para as categorias de ocupação de terra, depleção abiótica, oxidação fotoquímica e ecotoxicidade terrestre, a etapa predominante foi o transporte rodoviário de Roterdão (Holanda) até Ovar (Portugal), cuja contribuição foi, respetivamente, de 53 %, 40 %, 40 % e 36 %. Esta etapa nunca colaborou com impactes inferiores a 8 %, tendo-se verificado este mesmo valor na categoria de eutrofização. Já na categoria de impacto acidificação, a etapa com maior influência foi o transporte marítimo de Santos (Brasil) até Roterdão (Holanda), colaborando com 45 % dos impactes associados. Para esta etapa a contribuição mínima verificada foi de 8 %, na categoria de ocupação de terra. No geral, a etapa de transporte rodoviário de S.1. para S.2. foi a que se revelou menos influente nos impactes, para todas as categorias de impacto, variando a sua contribuição entre 2 %, para a categoria de impacto toxicidade humana, e 0,2 %, na categoria de eutrofização. Na produção de farinha de soja, o transporte ferroviário da fábrica de processamento até ao porto marítimo de Santos, não proporcionou impactes significativos, variando a sua contribuição percentual entre 5 %, para/na categoria de acidificação, e cerca de 1 % verificado na categoria ocupação de terra. A fase de processamento (S.2.) contribuiu com

percentagens significativas, variando entre 29 %, na categoria de impacto ecotoxicidade de água doce, e atingindo a sua contribuição mínima de 3 %, na categoria de eutrofização.

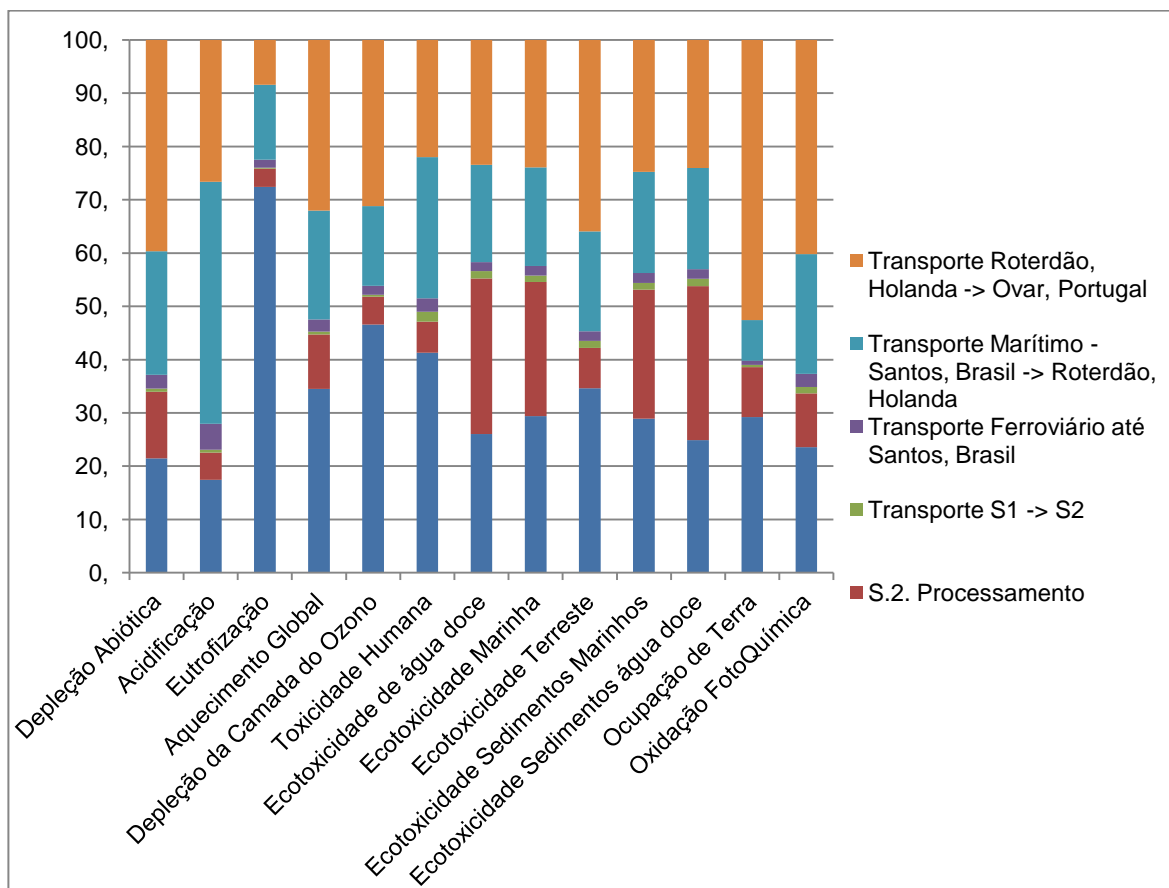


Figura 26: Contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerado para a produção de farinha de soja.

A Figura 27 apresenta a contribuição de cada etapa do ciclo de vida, para produzir 1 tonelada de óleo de soja. No geral, a etapa de S.1. (produção agrícola) foi a que mais influenciou os impactos considerados, em todas as categorias analisadas, variando o seu peso percentual entre 92 %, verificado para a categoria de eutrofização, e 50 % para a categoria de depleção abiótica. Do lado oposto, à semelhança dos resultados anteriores, a etapa relativa ao transporte de S.1. para S.2. foi a que menor peso percentual obteve nos impactos associados às diferentes categorias de impacto selecionadas, nunca sendo a sua contribuição superior a 4 %, valor este verificado nas categorias de ecotoxicidade de água doce e ecotoxicidade dos sedimentos de água doce. Nesta etapa a contribuição mínima é de 0,2 % associada à categoria de impacto eutrofização. O processamento (S.2.) foi uma etapa com moderado peso percentual para a maioria das categorias de impacto, atingindo o máximo de contribuição nas categorias de ecotoxicidade de água

doce (13 %), e o mínimo de peso percentual para a categoria de eutrofização (0,3 %). Na produção de óleo de soja, a soma das contribuições de todos os transportes considerados nunca excedeu os 29 %. Sendo, que para a maioria das categorias, o transporte rodoviário até Ovar (Portugal) foi o mais influente, variando a sua contribuição entre 26 %, apurada na categoria de ocupação de terra, e 2 %, associada à categoria de eutrofização. O transporte marítimo entre Santos (Brasil) e Roterdão (Holanda) mostrou uma contribuição máxima de 24 %, apurado na categoria de acidificação, e um peso percentual mínimo de 4 %, verificado na categoria de ocupação de terra e eutrofização. O impacte percentual da etapa correspondente ao transporte ferroviário, até ao porto de Santos, foi reduzido, variando entre um máximo de contribuição de 4 %, verificado para as categorias de toxicidade humana, ecotoxicidade de água doce e ecotoxicidade de sedimentos de água doce, e um mínimo de 0,3 %, para a categoria de eutrofização.

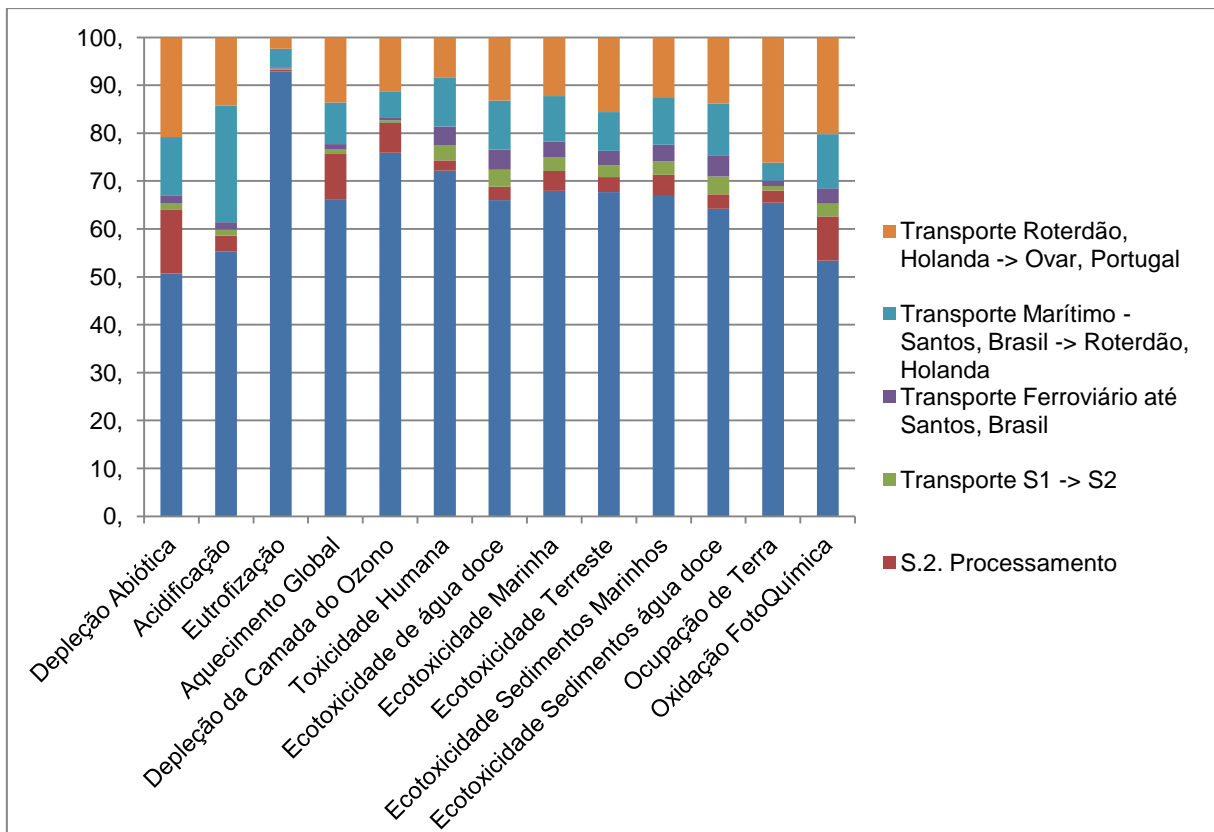


Figura 27: Contribuição (%) dos processos do ciclo de vida considerado para a produção de óleo de soja.

## **CAPÍTULO IV: Comparação de resultados e Discussão**

As Figuras 28 e 29 apresentam, respetivamente, a comparação entre os impactes considerados no presente estudo, para todas as farinhas e óleos analisados.

Para todas as categorias de impacte analisadas neste estudo, a farinha e o óleo de subprodutos de aves foram os ingredientes que apresentaram por comparação, os maiores valores para cada uma das categorias de impactes ambientais.

A Figura 30 compara as diferentes farinhas analisadas neste estudo com os ingredientes analisados por Pelletier & Tyedmers (2007), apenas para as categorias comuns (possíveis de serem comparadas) entre os dois estudos.

Conclui-se que os valores de impacte obtidos em Pelletier & Tyedmers (2007) para a farinha de subprodutos de aves são inferiores aos verificados no presente estudo. Este facto poderá dever-se a que na produção de farinha de subprodutos de aves, o estudo Pelletier & Tyedmers (2007) tem apenas em conta a produção de frango, o processamento da matéria-prima e o transporte da mesma. Enquanto que, o presente estudo acrescentou o processo de recolha de subprodutos até ao matadouro, e toda a fase de matadouro e desmancha.

Um dos motivos associados ao, comparativamente elevado, impacte ambiental da farinha e óleo de subprodutos de aves em relação aos restantes ingredientes nos dois estudos, é o facto da ração usada na produção de frango ser constituída por ingredientes de produção agrícola. Sendo que a etapa de produção de frango é a que mais contribuiu para os impactes associados, em todas as categorias de impacte (Pelletier & Tyedmers, 2007). O mesmo se verificou no presente estudo. Os autores concluem que, tal como no nosso estudo, a fase de processamento, tem uma influência insignificante nas categorias de impactes seleccionadas, aquando comparadas com o sistema S.1. (produção de frango). Apesar da concordância entre os resultados do estudo de Pelletier & Tyedmers (2007) e o presente estudo, no que respeita à utilização e produção de farinha de subprodutos de aves na indústria aquícola, o número de estudos disponível é reduzido, limitando as conclusões sobre o ingrediente.

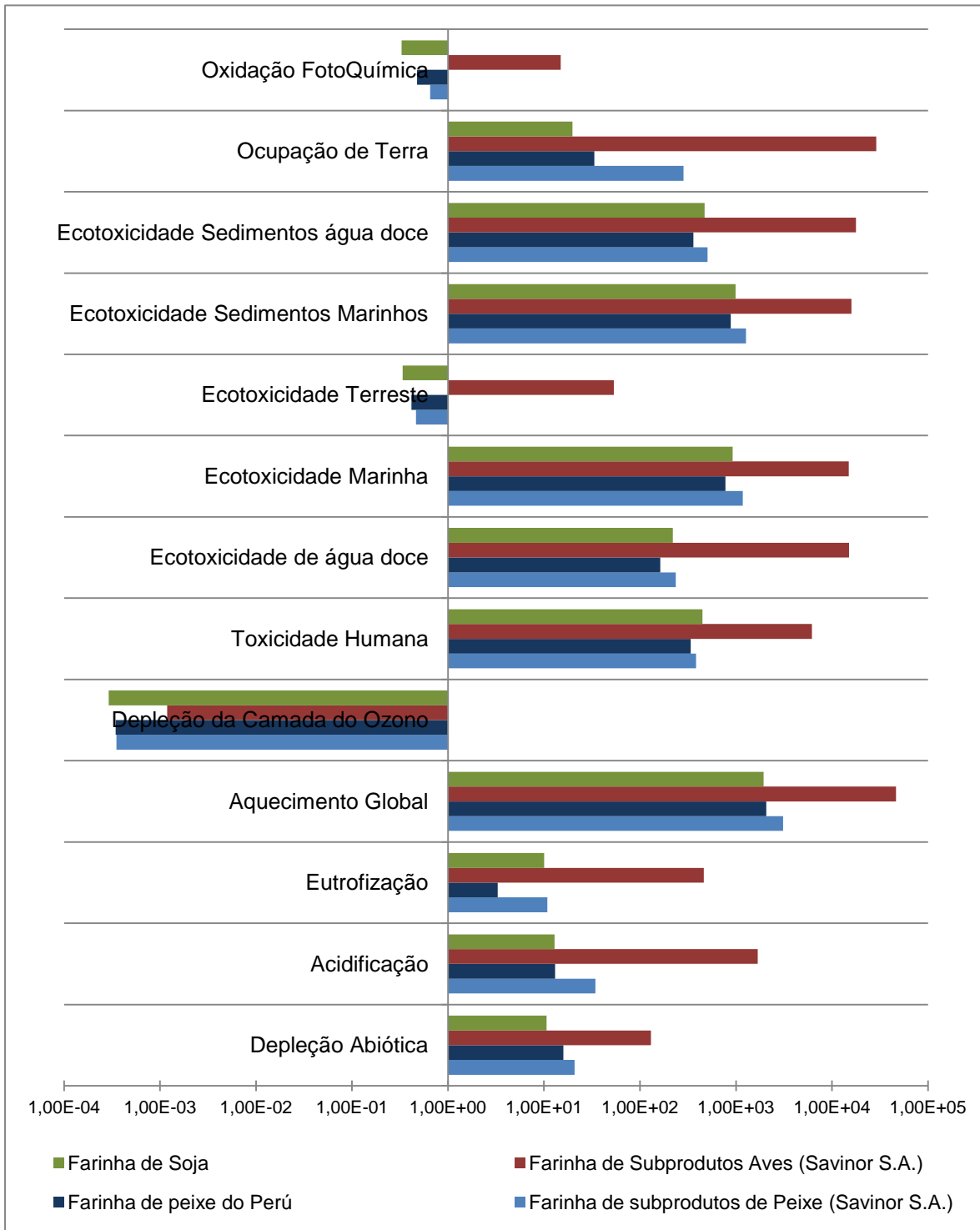


Figura 28: Comparação entre todas as farinhas selecionadas no presente estudo, para todas as categorias de impacto consideradas. Consultar valores absolutos no Anexo F.

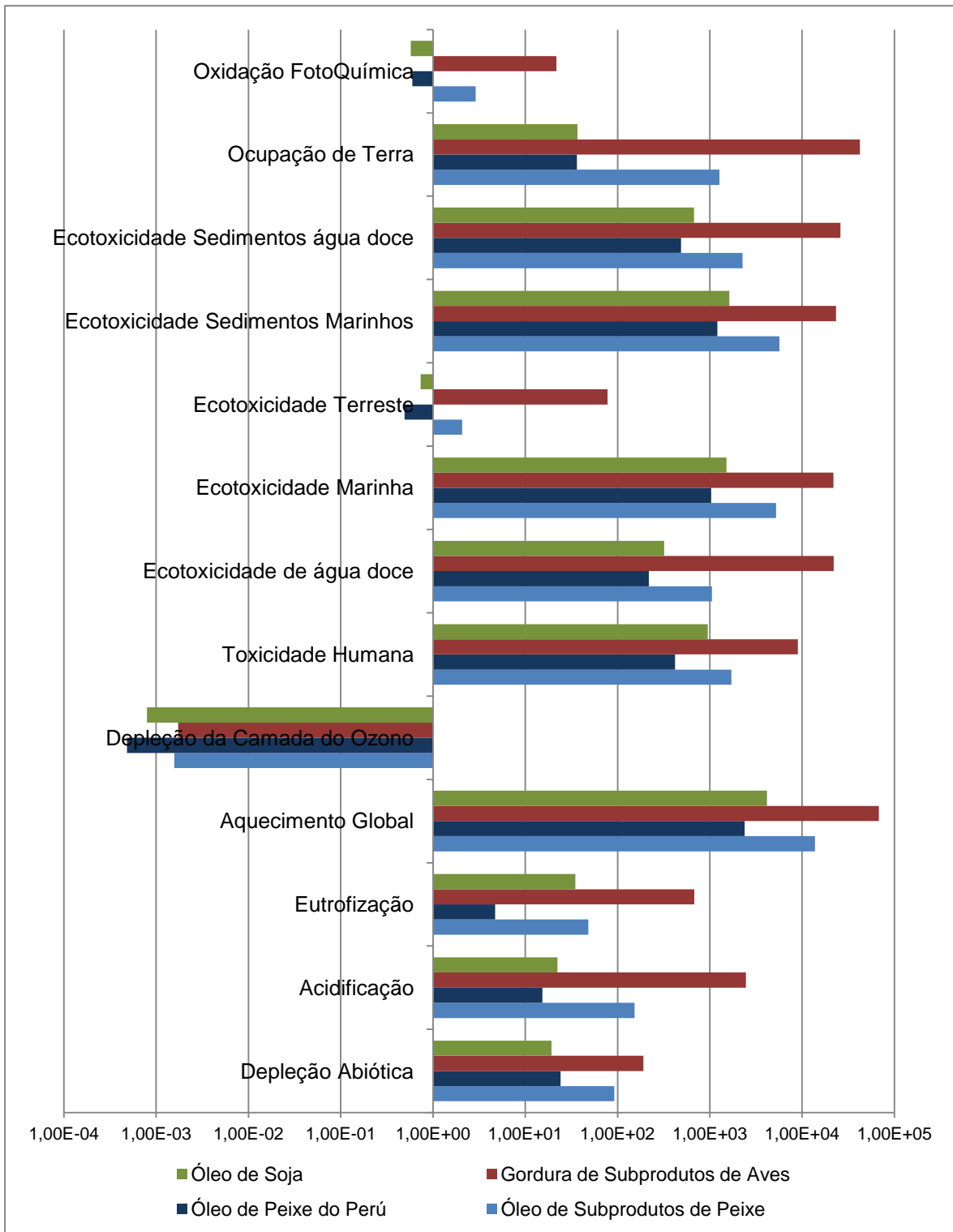


Figura 29: Comparação entre todos os óleos selecionados no presente estudo, para todas as categorias de impacte consideradas. Consultar valores absolutos no Anexo G.

Correntemente substitui-se a farinha ou óleo de peixe por farinha ou óleo de subprodutos de peixe, como foi visto na literatura. Quando são comparados os impactes entre as duas farinhas de subprodutos de peixe, os resultados do presente estudo, são semelhantes aos de Pelletier & Tyedmers (2007), para todas as categorias de impacte com exceção da ecotoxicidade marinha. Sendo o mesmo válido para a farinha de peixe de Perú. Esta discrepância entre os valores dos dois estudos pode dever-se a vários fatores relacionados com o facto de serem ambos produtos derivados da pesca. Alguns dos fatores inerentes à variabilidade poderão ser a arte de pesca considerada, a quantidade de peixe disponível, o tipo de combustível utilizado, o tipo de embarcação assim como o seu tamanho, eficiência de pesca e tecnologia de captura adotada (tal como concluído por Pelletier & Tyedmers (2007) na análise que faz aos vários ingredientes estudados.

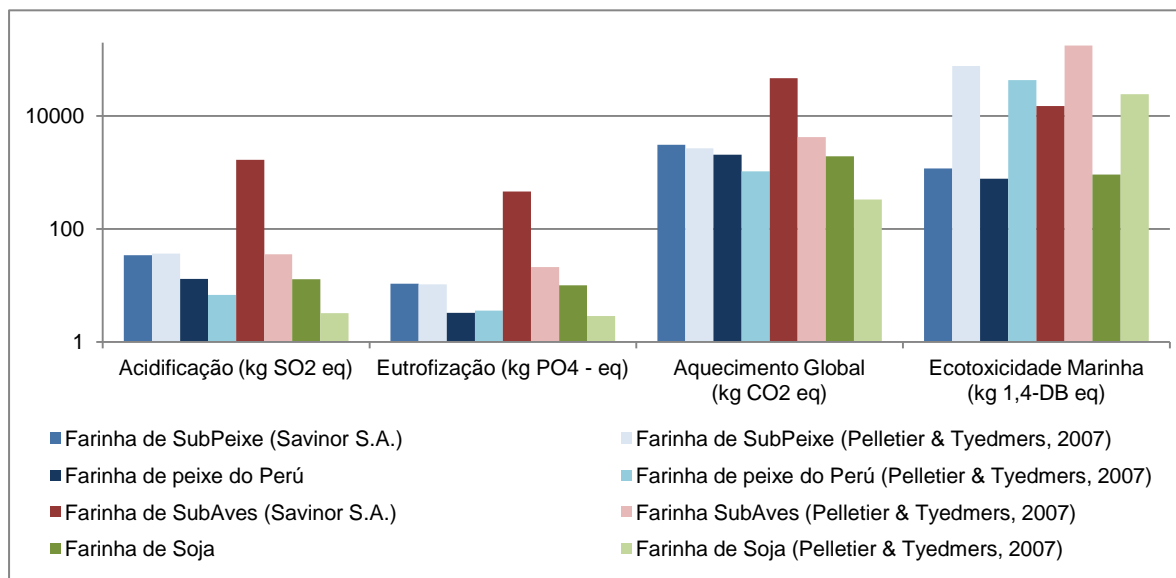


Figura 30: Comparação de vários ingredientes seleccionados, entre o presente estudo e o estudo de Pelletier & Tyedmers (2007), apenas das categorias de impacte comuns a ambos.

Em ambos os estudos, a farinha de peixe do Perú apresentou valores de impactes menores do que a farinha de subprodutos de peixe. Exceção verificada para a categoria de ecotoxicidade marinha. O mesmo acontece para os óleos. Estes menores valores de impacte para a farinha e óleo de peixe do Perú essencialmente devem-se à fase de captura do peixe (S.1.). O estudo de Tyedmers et al. (2005) que foca a pesca de anchova (na fase S.1.), refere que a pesca industrial desta espécie é única o mundo devido ao facto de exibir as menor taxas de consumo de combustível, por tonelada pescada, aumentando assim a sua eficiência energética de captura, e por sua vez, diminuindo os impactes ambientais a ela associados (ver Figura 31, retirada de Tyedmers et al. (2005)).



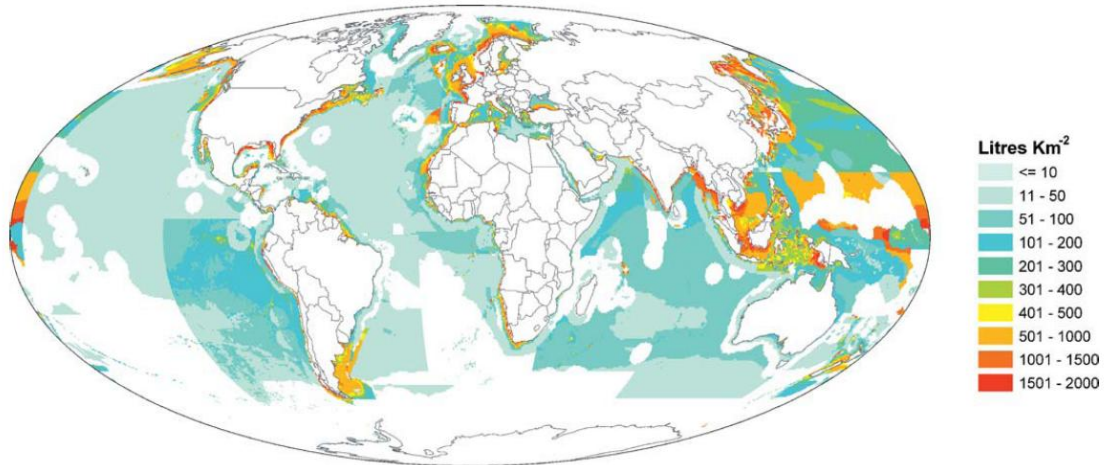


Figura 31: Distribuição e intensidade do uso de combustível, pelas pescas em 2000. (Tyedmers et al., 2005).

Um outro estudo, Fréon et al. (2014) avalia os impactes ambientais associados à pesca industrial de anchova. Os autores explicam que a pesca do Perú se torna uma das mais eficientes graças à elevada abundância de peixe, durante todo o ano, com excelente acessibilidade, uma vez que os cardumes de anchova tendem a localizar-se mais próximo da costa. Por sua vez, este sucesso é promovido pelo fenómeno natural: El Niño, inerente à zona de pesca peruana. Estas condições naturais permitem à frota de pesca industrial peruana um uso e rentabilidade de combustível máximo, à qual apenas se consegue quase igualar a pesca do Atlântico Norte de *Mallotus villosus*, mas que não consegue beneficiar de tão longo período de pesca com alto rendimento, devido à menor quantidade de peixe disponível. Este recente estudo explica também que de todas as etapas consideradas, a construção do navio apenas contribuí com 11 % dos impactes. Este facto contribui para a não consideração desta no estudo corrente e, mais especificamente, para a farinha e óleo de peixe do Perú. Por outro lado, a fase de uso e manutenção<sup>37</sup> no estudo de Fréon et al. (2014) contribuíram com 89 % dos impactes. Assim, torna-se evidente que a fase de utilização e manutenção é preponderante no perfil de impactes ambientais, sendo que dentro desta 65,5 % dos impactes estão associados ao consumo e utilização de combustível, tornando-se assim este componente decisivo no impacte final da fase de captura.

Graças à alta eficiência da pesca peruana, no que concerne ao impacte ambiental, a fase de transporte rodoviário de Lima (Perú) até Caracas (Venezuela) demonstra ser a mais ambientalmente preocupante, devido à alta contribuição de impactes a ela

<sup>37</sup> Entende-se manutenção como as atividades/produtos e processos, que garantem o bom funcionamento da pesca, ou seja, desinfeção, consumo de combustível, que garante a energia necessária, à pesca, uso de tinta e produtos antifouling, entre outros.

associada, em todas as categorias de impacto analisadas. Segundo Schipper et al. (1997) o transporte rodoviário e aéreo, de carga, são os que apresentam maiores impactos ambientais, quando comparados com o transporte ferroviário, ou com o transporte marítimo, sendo, este último, o modo de transporte com menores impactos ambientais associados (Schipper et al., 1997 citado por Pelletier & Tyedmers, 2007).

É importante notar, que na farinha e óleo de peixe do Perú, os encargos ambientais associados ao transporte deste ingrediente até Portugal, conseguem ser colmatados pelo grande grau de eficiência da frota de pesca peruana, mas também graças à interação desta frota com as indústrias de transformação, uma vez que estas possuem um canal mecânico que leva o peixe da embarcação até à fábrica sem que seja necessário ter em conta uma etapa de transporte da matéria-prima. Fréon et al. (2014) acrescenta que também a indústria de processamento, é bastante produtiva e eficiente, fornecendo todo o setor aquícola nacional peruano, sem que isso comprometa a sua importante atividade de exportação mundial da farinha e óleo de peixe.

Em suma, a farinha e óleo de peixe do Perú torna-se ambientalmente mais sustentável do que a farinha e óleo de subprodutos de peixe, apenas graças à alta eficiência e rentabilidade do sistema de pesca peruano e à excelente interação entre as embarcações de pesca de anchova e as fábricas de processamento.

A Figura 28 demonstra que para cerca de metade das categorias analisadas, no presente estudo, a farinha de soja foi a que apresentou menores impactos associados. As categorias exceção foram: a de ecotoxicidade dos sedimentos marinhos, ecotoxicidade de sedimentos de água doce, ecotoxicidade de água doce, ecotoxicidade marinha, toxicidade humana e eutrofização. Para estas categorias de exceção, apenas a farinha de peixe do Perú obteve menores impactos.

O óleo de soja (Figura 29) ocupa, no geral, o segundo lugar dos ingredientes com menores impactos ambientais associados, sendo o óleo de peixe do Perú ambientalmente melhor, em todas as categorias de impacto, exceto para a depleção abiótica. Mais uma vez se realça que, quer para a farinha quer para o óleo de soja, a eficiência de pesca da frota do Perú, beneficia em termos ambientais os ingredientes peruanos.

Assim, na comparação entre os ingredientes derivados da pesca e os agrícolas, deve ser considerado que, por um lado, a pesca procura explorar grandes áreas disponíveis, de forma a obter o máximo de recursos naturais, através de diversos recursos materiais e energéticos, associados à manutenção e uso das embarcações, tais como o consumo de combustíveis e agentes químicos (p.e: *anti-fouling*). Por outro lado, a produção agrícola industrial envolve uma intensa gestão de pequenas áreas, ao contrário da pesca, e tem o intuito de cultivar apenas uma espécie ou várias espécies. Para isso, é necessário a

utilização de diversas maquinarias agrícolas, que envolvem o consumo de combustíveis, e uso de fertilizantes e herbicidas, assim como a tecnologia disponível (Pelletier & Tyedmers, 2007). De facto, no presente estudo a produção agrícola mostrou ter para todas as categorias de impacte uma contribuição muito significativa, nunca sendo inferior a aproximadamente 20 % (valor registado na produção de farinha de soja, para a categoria de acidificação).

O presente estudo inclui o transporte da farinha e óleo de soja produzida no Brasil até Portugal. Esta etapa acarreta impactes superiores quando comparado com o estudo de Pelletier & Tyedmers (2007), para as categorias comuns (eutrofização, acidificação, aquecimento global e ecotoxicidade marinha). O estudo de Pelletier & Tyedmers (2007) conclui que a etapa de produção agrícola possui uma contribuição ambiental significativa para o fabrico do ingrediente. Já no estudo de Cavalett (2008), onde é considerado o transporte de Santos (Brasil) até Roterdão (Holanda), a etapa de produção agrícola contribuí com cerca de 73 % dos impactes associados. Cavalett (2008) afirma que esta etapa é a que usa a maior parte dos recursos materiais e energéticos sendo também a que liberta maior quantidade de dióxido de carbono.

Cavalett (2008) explica que uma das maiores inquietações ambientais na produção agrícola de soja é a utilização e ocupação de terra. Cerca de 8,4 milhões de hectares brasileiros estão ocupados pela produção de soja que se destina apenas a fornecer proteína animal para consumo humano. Para uma melhor perceção, este valor corresponde a 28 % do território italiano, ou mais de duas vezes a área nacional da Holanda. No entanto, para além da ocupação de solo associado à produção agrícola, existe ainda o uso intensivo de fertilizantes que libertam grande quantidade de compostos de fósforo e azoto, responsável por impactes ao nível do aquecimento global. Este facto não é menosprezável pois segundo o relatório do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), o Brasil é o quarto maior emissor mundial de gases de efeito de estufa, devido à desflorestação, perdendo anualmente até 26 mil km<sup>2</sup> de florestas e gerando 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> (Cavalett, 2008).

Como já vimos anteriormente, vários são os investigadores que ponderam e estudam os benefícios da incorporação de farinha e/ou óleo de soja, na ração aquícola, em detrimento de ingredientes derivados de animais. Atualmente, a farinha e /ou óleo de soja apresentam de facto menores impactes ambientais que a maioria dos restantes ingredientes, principalmente quando comparados com ingredientes derivados de subprodutos. No entanto, alguns autores defendem que o aumento da procura destes ingredientes poderá conduzir a alterações deste panorama. Cavalett (2008) comenta que no último século a intensidade do uso de recursos industriais na agricultura, tais como a aplicação de tecnologia de ponta e/ou de fertilizantes e herbicidas mais eficientes,

aumentou bastante, de forma a aumentar a produtividade da cultura. Por conseguinte, estes recursos, apesar de muito eficientes a curto prazo, são também muito poluentes e requerem o consumo de mais combustíveis fósseis (não renováveis), que a longo prazo podem colocar em causa o benefício ambiental até aqui identificado para a farinha e/ou óleo de soja. Mais ainda, o autor destaca que o aumento da procura de ingredientes derivados de soja vai promover a desflorestação e as queimadas ilegais, alegadamente para fomentar mais áreas de cultivo. E por esta razão, é especialmente importante o investimento em políticas públicas que garantam o cumprimento da legislação já publicada, proibindo, por exemplo, as queimadas ilegais.

Concomitantemente, seria de esperar que a conjugação e substituição de ingredientes com maiores impactes ambientais associados por ingredientes ambientalmente mais sustentáveis, originasse dietas mais sustentáveis. No entanto, os estudos analisados são bastantes divergentes.

Os resultados de Samuel-Fitwi et al. (2013) corroboram os do presente estudo. Por um lado, no geral, os ingredientes derivados de peixe apresentam maiores impactes ambientais, sendo as categorias de aquecimento global e acidificação as mais significativas, graças ao contributo enorme do consumo energético. Já os ingredientes vegetais são ambientalmente melhores, sendo que os impactes de distinguem mais nas categorias de eutrofização e ocupação de terra, uma vez que a produção agrícola exige o uso de fertilizantes, e a óbvia ocupação de solo. Quanto à formulação e composição das dietas os autores concluem que uma baixa taxa de substituição das fontes proteicas animais por fontes vegetais promovem uma melhoria ambiental, originando menores impactes associados. Também o estudo de Papatryphon et al. (2004) averigua que a substituição parcial dos ingredientes derivados de peixe, por ingredientes vegetais, constitui uma estratégia ambientalmente promissora. Os resultados do estudo de Boissy et al. (2011) são traduzidos pela Figura 31. Neste estudo, os autores concluíram que a dieta com reduzida quantidade de derivados de peixe foi a que apresentou maiores impactes ambientais, para quase todas as categorias de impacte. Para o Salmão do Atlântico, a dieta com reduzida quantidade de derivados de peixe, incluía uma substituição total de óleo de peixe do Perú, por outros óleos vegetais, confirmando assim os resultados obtidos no presente estudo, onde o óleo de peixe do Perú promove impactes ambientais associados menores, que os restantes ingredientes estudados, incluindo o óleo de soja. Já para a truta arco-íris, no estudo de Boissy et al. (2011), a dieta com reduzida quantidade de peixe apresentava apenas 5 % de farinha de peixe, em contraposição com a dieta standard que apresentava 25 % de farinha de peixe. Para ambas as dietas a farinha de peixe provinha da Noruega. Uma vez mais, para esta análise temos que invocar a variabilidade da eficiência da frota de pesca considerada

para a obtenção da matéria-prima. Neste contexto, a substituição de farinha de peixe da Noruega, por farinhas vegetais (LFD), não mostrou para nenhuma das categorias de impacto ser mais benéfica. Sendo que, à semelhança dos resultados do presente estudo, as categorias de impacto com maior evidência foram as de ocupação de terra, eutrofização e ecotoxicidade terrestre, associadas à produção agrícola (e necessidade de utilização de herbicidas), inerente ao fabrico de ingredientes vegetais.

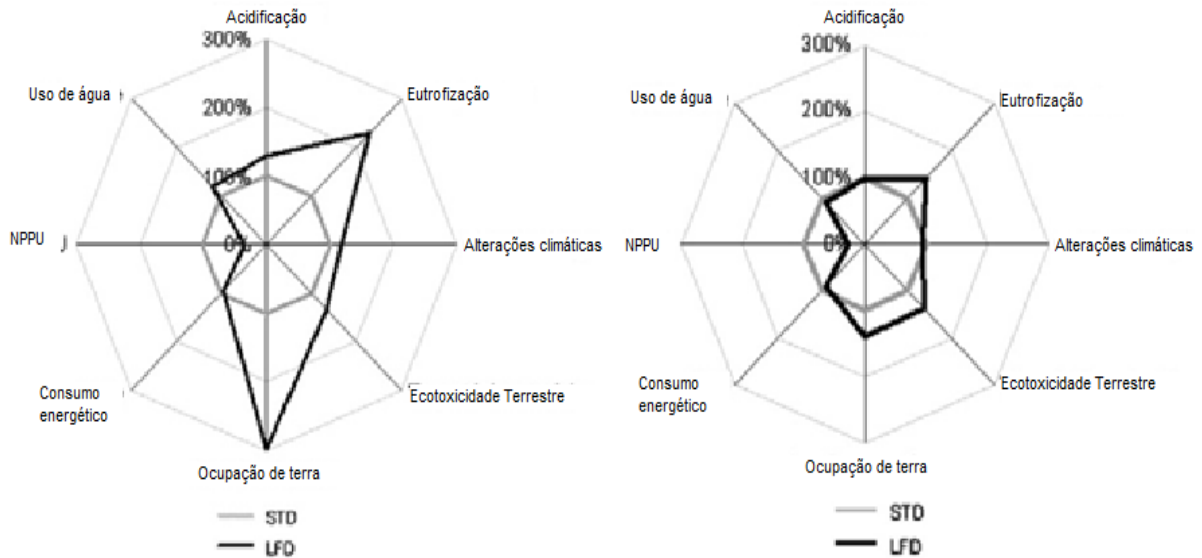


Figura 31: Gráfico radial dos impactes ambientais associados a 1 tonelada de STD e LFD para a produção de salmão do Atlântico (esquerda) e truta arco-íris (direita) (adaptado de Boissy et al., 2011).

Contrariamente, o estudo de Davis et al. (2010) averiguou que a substituição de ingredientes animais por ingredientes vegetais, na dieta, não é benéfica, principalmente do ponto de vista energético. Os autores explicam que o sucesso ambiental depende maioritariamente das etapas de ciclo de vida consideradas, e até mesmo do tipo de ingrediente substituinte. Neste caso, as dietas com farinhas animais foram substituídas maioritariamente por farinha de ervilha. Ou seja, a farinha de ervilha graças ao seu difícil processo de processamento, não revelou ser ambientalmente melhor do que os restantes ingredientes animais. Por último segundo os autores, é necessário ter em conta que também o transporte do ingrediente influencia significativamente o impacto da dieta final. A utilização de ingredientes nacionais possui vantagens no que respeita ao dispêndio de energia no transporte.

## **CAPÍTULO V: Limitações, Conclusões e Perspetivas Futuras**

No presente estudo foram analisados os seguintes ingredientes: farinha e óleo de subprodutos de peixe, farinha e gordura de subprodutos de aves, farinha e óleo de peixe do Perú, e farinha e óleo de soja. Neste estudo consideram-se as seguintes categorias de impacte: depleção abiótica, acidificação, eutrofização, aquecimento global, depleção da camada do ozono, toxicidade humana, ecotoxicidade de água doce, ecotoxicidade marinha, ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade dos sedimentos marinhos, ecotoxicidade dos sedimentos de água doce, ocupação de solo e oxidação fotoquímica. Para todos os ingredientes foi feita uma análise desde a captura ou produção da matéria-prima, até ao transporte para ao local de processamento (Ovar, Portugal) não esquecendo o transporte entre unidades de produção. Este estudo exclui as operações que correspondem à manutenção de equipamentos, construção de infraestruturas ou considerações económicas.

Quer na comparação das farinhas, quer na comparação das fontes lipídicas (óleos e gorduras), os respetivos ingredientes derivados dos subprodutos de aves foram os que obtiveram piores impactes ambientais. No ciclo de vida considerado da farinha e gordura de subprodutos de aves, a etapa de produção mais preocupante foi a de produção de frango (S.1.). A produção de frango envolve a utilização de alimentos compostos na alimentação do frango, que por sua vez é constituída quer por ingredientes derivados da pesca quer por ingredientes agrícolas. Por esta razão, os comparativamente elevados valores do impacte associados a S.1. tornam o impacte associado ao transporte, entre os sistemas de produção, insignificante. Neste caso, para a futura utilização, ambientalmente mais sustentável, de farinha e gordura de subprodutos de aves, na ração aquícola, é indispensável a otimização do processo de produção de frango, sendo que é particularmente urgente a melhoria do processo de fabrico e composição do alimento composto com que este é alimentado. Esta melhoria do processo de produção de frango poderá passar, por exemplo, pela apuro da eficiência de conversão alimentar da espécie, com o intuito de reduzir o consumo de alimentos compostos para o frango.

A substituição de farinha e/ou de óleo de peixe por farinha e/ou óleo de subprodutos de peixe, no presente estudo e, por comparação com a proveniente do Peru, não se revelou benéfica. Este facto é suportado por muitos artigos científicos, tal como foi discutido na secção anterior. Por outro lado, a farinha e/ou óleo de peixe de Perú apresenta-se como alternativa. Aqui a etapa de captura de anchova assume um papel muito importante, graças à sua elevada eficiência. A pesca peruana caracteriza-se pela baixa utilização de combustível e alta eficiência e rendimento de captura, graças à

elevada abundância de peixe, disponível durante todo o ano, e com excelente acessibilidade, esta oportunidade é criada pelo fenómeno natural El niño. Assim, sendo a eficiência da pesca tão elevada, as preocupações ambientais voltam-se para o transporte rodoviário. Em benefício da sustentabilidade ambiental dos ingredientes peruanos, as rotas de transporte devem ser melhoradas e otimizadas e/ou até substituídas por outro tipo de transporte, uma vez que o transporte rodoviário é o que apresenta maior impactos ambientais associados, por quilómetros percorrido e tonelada transportada.

A farinha e óleo de soja também mostraram um melhor desempenho ambiental, sendo a etapa de produção agrícola a que mais contribui para o impacto ambiental e logo a que carece de maior atenção. A produção agrícola de soja, de facto, acarreta algumas preocupações, provocando uma enorme desflorestação, no território brasileiro, que corresponde a duas vezes a área do território holandês. Consecutivamente, é incitada a libertação de uma grande quantidade de dióxido de carbono, obviamente muito prejudicial ao ambiente. Também o uso, cada vez mais intenso, de fertilizantes e herbicidas é uma preocupação, devido às grandes quantidades de compostos de azoto e fósforo libertados, associadas ao uso de produtos químicos agrícolas. Concomitantemente, sendo a etapa de produção agrícola a mais preocupante, e com o aumento da procura destes ingredientes é urgente a criação de medidas e aplicação de leis para preservar as áreas florestais, evitando a realização de queimadas ilegais, limitando a aplicação de químicos prejudiciais ao ambiente, e até criando “cotas máximas” de áreas de cultivo, em território brasileiro.

É de lembrar que a ACV não considera a proveniência das matérias-primas para a produção dos respetivos ingredientes. Ou seja, enquanto que na farinha e óleo de peixe do Perú e na farinha e óleo de soja a produção e captura das matérias-primas é direcionada para a produção dos ingredientes mencionados; na produção de farinhas e óleos de subprodutos de peixe e aves, as matérias-primas são provenientes do aproveitamento de resíduos, que de outra forma seriam “lixo”. Desta forma, na verdade, não são a farinha e óleo de subprodutos de peixe e aves que são insustentáveis (ou menos sustentáveis), mas sim a obtenção das matérias-primas, para a produção destes ingredientes de subprodutos, tais como a fase de produção de frango e pesca de sardinha.

Os dados recolhidos adequaram-se à situação e tempo disponível para a recolha. Sendo os dados da Savinor S.A. diretamente recolhidos e fornecidos pela empresa. E os restantes baseados em artigos anteriores e recolhidos da bibliografia.

No seguimento deste presente estudo, deixamos alguns trabalhos futuros que poderão incluir futuros interesses de investigação quer para a comunidade científica, quer da comunidade industrial.

- alargar a análise a outros ingredientes utilizados frequentemente na indústria de alimentação aquícola, tais como: glúten de milho, concentrado proteico de soja, gérmen de alfarroba, bagaço de colza, entre outros, com o apoio e colaboração das empresas produtoras para a partilha de informação em relação aos dados de inventário e condições de operação de processamento;

- comparar o ciclo de vida dos diferentes ingredientes, fabricados e utilizados em diferentes pontos da Europa, comparando a diferença de impacte conforme o local de produção da matérias-primas, e o local de consumo e processamento das mesmas;

- realização de um estudo que foque e compare os impactes económicos associados ao ciclo de vida considerado, para os diferentes ingredientes, de forma a estabelecer uma comparação e uma relação entre os impactes económicos e ambientais, e assim, haver uma base de apoio à decisão e otimização dos processos de produção;

- realização e criação de um programa informático de formulação da ração, que relacione os impactes económicos, preço do ingrediente, e os impactes ambientais associados ao mesmo ingrediente. Facilitando a escolha por uma ração mais económica e ao mesmo tempo ambientalmente mais sustentável;

- extensão a um estudo que envolva o tipo de formulações mais usual, para as principais espécies produzidas na Europa, de modo a compreender melhor o impacte associado as dietas e não exclusivamente dos ingredientes.



## Referências

- Alexis MN (1997) Fish meal and fish oil replacers in Mediterranean marine fish diets. *Cahiers Options Méditerranéennes*, **22**, 183-204.
- Alves Martins D, Gomes E, Rema P, Dias J, Ozório ROA, Valente LMP (2006) Growth, digestibility and nutrient utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles fed different dietary soybean oil levels. *Aquaculture International*, **14**, 285-295.
- Avadí AD (2014) Sustainability of the Peruvian anchoveta supply chains from sea to shelf: towards a new strategy for optimal use of resources. *ESA-Ecosystèmes et sciences agronomiques*. Université Montpellier.
- Fréon P, Avadí A, Chavez RAV, Ahón FI (2014) Life cycle assessment of the Peruvian industrial anchoveta fleet: boundary setting in life cycle inventory analyses of complex and plural means of production. *Springer*, **19**.
- Bell JG, Tocher DR, Henderson RJ, Dick JR, Crampton VO (2003) Altered fatty acid compositions in atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing linseed and rapeseed oils can be partially restored by a subsequent fish oil finishing diet. *Journal of Nutrition*, **133**, 2793-2801.
- Boissy J, Aubin J, Drissi A, Werf HMG, Bell GJ, Kaushik SJ (2011) Environmental impacts of plant-based salmonid diets at feed and farm scales. *Aquaculture*, **321**, 61-70.
- Cavadas A (2013) Environmental assessment of seafood consumption patterns in Portugal. *Environmental Engineering*. Oporto University.
- Cavalett O (2008) Análise do ciclo de vida da Soja. *Departamento de Engenharia de Alimentos*. Universidade Estadual de Campinas.
- CE 999/2001 Regulamento (CE) No 999/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de Maio de 2001 que estabelece regras para a prevenção, o controlo e a erradicação de determinadas encefalopatias espongiformes transmissíveis
- CE 1234/2003 Regulamento (CE) No 1234/2003 da Comissão de 10 de Julho de 2003 que altera os anexos I, IV e XI do Regulamento (CE) no 999/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho e o Regulamento (CE) no 1326/2001 no que respeita às encefalopatias espongiformes transmissíveis e à alimentação dos animais.
- CE 1069/2009 Regulamento (CE) No. 1069/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Outubro de 2009 que define regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano e que revoga o Regulamento (CE) No. 1774/2002 (regulamento relativo aos subprodutos animais)
- Cho CY, Slinger SJ, Bayley HS (1982) Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, **73**, 25-41.

- Davis J, Sonesson U, Baumgartner DU, Nemecekb T (2010) Environmental impact of four meals with different protein sources: Case studies in Spain and Sweden. *Food Research International*, **43**, 1874-1884.
- Duarte CM, Marbá N, Holmer M (2007) Rapid domestication of marine species. *Science*, **316**, 382-383.
- FAO (2012) The state of world fisheries and aquaculture 2012. *Fisheries and Aquaculture Department*, Rome.
- FAO (2014) <http://www.fao.org> (consultado em Outubro de 2014)
- Ferreira JVR (2004) Análise de ciclo de vida dos produtos. *Instituto Politécnico de Viseu*.
- Flachowsky G, Chesson A, Aulrich K (2005) Animal nutrition with feeds from genetically modified plants. *Archives of Animal Nutrition*, **59**, 42.
- Fréon P, Avadí A, Chavez RAV, Ahón FI (2014) Life cycle assessment of the Peruvian industrial anchoveta fleet: boundary setting in life cycle inventory analyses of complex and plural means of production. *Springer*, **19**.
- Geurden I, Corraze G, Boujard T (2007) Self-feeding behaviour of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, offered diets with distinct feed oils. *Applied Animal Behaviour Science*, **108**, 313-326.
- Grisdale-Helland B, Ruyter B, Rosenlund G, Obach A, Helland SJ, Sandberg MG, Standal H, Røsjø C (2002) Influence of high contents of dietary soybean oil on growth, feed utilization, tissue fatty acid composition, heart histology and standard oxygen consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar*) raised at two temperatures. *Aquaculture*, **207**, 311-329.
- Guinée JB, Gorrée M, Heijungs R, Huppes G, Kleijn R, Koning Ad, Oers Lv, Sleeswijk AW, Suh S, Haes HAU (2001) Life Cycle Assessment - Operational Guide to the ISO Standards, *Kluwer Academic Publishers*.
- Hospido A, Vazquez ME, Cuevas A, Feijoo G, Moreira MT (2006) Environmental assessment of canned tuna manufacture with a life-cycle perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, **47**, 56 - 72.
- <http://www.mapquest.com/>
- <http://www.searates.com/>
- Hunt RG, Franklin WE (1996) LCA — How it came about. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, **1**, 4-7.
- ISO 14040 (1997) Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.
- Iribarren D, Moreira MT, Feijoo G (2012) Life Cycle Assessment of Aquaculture Feed and Application to the Turbot Sector. *International Journal of Environmental Research*, **6**, 837-848.
- Izquierdo MS, Obach A, Arantzamendi L, Montero D, Robaina L, Rosenlund G (2003) Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition*, **9**, 397-407.

- Izquierdo MS, Montero D, Robaina L, Caballero MJ, Rosenlund G, Gines R (2005) Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture*, **250**, 431-444.
- Jerbi MA, Aubin J, Garnaoui K, Achour L, Kacem A (2012) Life cycle assessment (LCA) of two rearing techniques of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquacultural Engineering*, **46**, 1-9.
- Karalazos V, Bendiksen EÅ, Bell JG (2011) Interactive effects of dietary protein/lipid level and oil source on growth, feed utilisation and nutrient and fatty acid digestibility of Atlantic salmon. *Aquaculture*, **311**, 193-200.
- Kite-Powell HL, Rubino MC, Morehead B (2013) The Future of U.S. seafood supply. *Aquaculture Economics & Management*, **17**, 228-250.
- Klinger D, Naylor R (2012) Searching for Solutions in Aquaculture: Charting a Sustainable Course. *Annual Review of Environment and Resources*, **37**, 247-276.
- Lopes I (2011) Avaliação do ciclo de vida do frango. *Ambiente e Ordenamento*. Universidade de Aveiro.
- MEMO (2003) Questions and Answers on animal by-products. In: *Brussels, 30 April 2003*, pp. 5.
- Messina M, Piccolo G, Tulli F, Messina CM, Cardinaletti G, Tibaldi E (2013) Lipid composition and metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed diets containing wheat gluten and legume meals as substitutes for fish meal. *Aquaculture* **376-379**, 6-14.
- Montero D, Robaina L, Caballero MJ, Gines R, Izquierdo MS (2005) Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. *Aquaculture*, **248**, 121-134
- Montero D, Grasso V, Izquierdo MS, Ganga R, Real F, Tort L, Caballero MJ, Acosta F (2008) Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: Effects on hepatic Mx expression and some immune parameters. *Fish & Shellfish Immunology*, **24**, 147-155.
- Natale F, Hofherr J, Fiore G, Virtanen J (2013) Interactions between aquaculture and fisheries. *Marine Policy*, **38**, 205 - 213.
- Naylor RL, Goldburg RJ, Primavera JH, Kautsky N, Beveridge MCM, Clay J, Folke C, Lubchenco J, Mooney H, Troell M (2000) Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, **405**, 1017-1024.
- Nengas I, Alexis MN, Davies SJ (1999) High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, **179**, 13-23.
- NP EN ISO 14040 (2008) Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e enquadramento. *Organização internacional para a Standartização (ISO)*.

- Olsen RL, Hasan MR (2012) A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science & Technology*, **27**, 120 - 128.
- Papatryphon E, Petit J, Kaushik SJ, Werf HMG (2004) Environmental impact assessment of salmonid feeds using life cycle assessment (LCA). *Ambio*, **33**, 316-323.
- Pelletier NL (2006) Life Cycle Measures of Biophysical Sustainability in Feed Production for Conventional and Organic Salmon Aquaculture in the Northeast Pacific. *School for Resource and Environmental Studies*. Dalhousie University, Nova Scotia.
- Pelletier N, Tyedmers P (2007) Feeding farmed salmon: Is organic better? *Aquaculture*, **272**, 399-416.
- Rabanal HR (1998) History of aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Department*.
- Rana KJ, Siriwardena S, Hasan MR (2009) Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production, *FAO*.
- Roy P, Nei D, Orikasa T, Xu Q, Hiroshi Okadome, Nakamura N, Shiina T (2009) A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, **90**, 1 - 10.
- Rust MB, Barrows FT, Hardy RW, Lazur A, Naughten K, Silverstein J (2011) The Future of Aquafeeds. *NMFS F/SPO-124. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and Agriculture of the U.S. Department of Agriculture (USDA), NOAA Technical Memorandum*.
- Sahrhage D, Lundbeck J (1992) A History of Fishing [Hardcover], *Springer - Verlag*.
- SAIC (2006) Life Cycle Assessment: Principles and Practice. *National Risk Management Research Laboratory USEPA*.
- Samuel-Fitwi B, Meyer S, Reckmann K, Schroeder JP, Schulz C (2013) Aspiring for environmentally conscious aquafeed: comparative LCA of aquafeed manufacturing using different protein sources. *Journal of Cleaner Production*, **52**, 225-233.
- Shepherd CJ, Jackson AJ (2013) Global fishmeal and fish-oil supply: inputs, outputs and markets. *Journal of Fish Biology*, **21**.
- Spinelli J (1980) Chapter 12. Unconventional Feed Ingredients for Fish Feed. In: *Fish Feed Technology*. *FAO*, pp. 400.
- Tacon AGJ (2011) Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* **564**, 87.
- Tacon AGJ, Metian M (2008) Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, **285**, 146 - 158.
- Tyedmers PH (2001) Energy consumed by North Atlantic fisheries. . *Fisheries impacts on North Atlantic ecosystems: catch effort, and national/regional data*

*sets School for Resource and Environmental Studies Dalhousie University, Canada, 12-34.*

Tyedmers PH, Watson R, Pauly D (2005) Fueling Global Fishing Fleets. *Ambio*, **34**, 635-638.

UE 56/2013 Regulamento (UE) No 56/2013 da Comissão de 16 de janeiro de 2013 que altera os anexos I e IV do Regulamento (CE) no 999/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece regras para a prevenção, o controlo e a erradicação de determinadas encefalopatias espongiiformes transmissíveis.



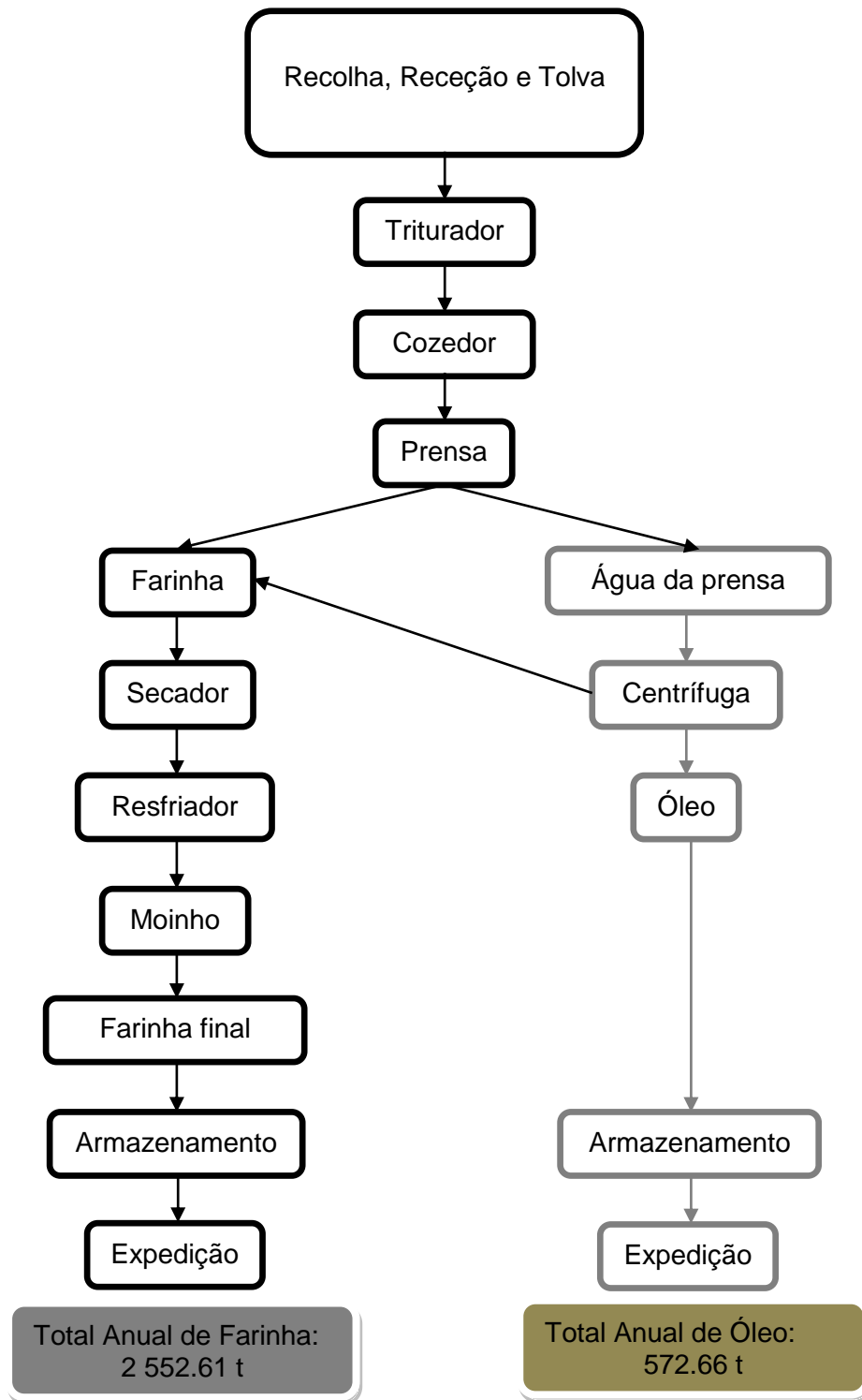
ANEXO A - Descrição sumária e esquemática dos pontos fulcrais ditados nos regulamentos CE No. 999/2001; CE No. 1234/2003 e UE No. 56/2013.

	Regulamento	Proibições	Exceções
2001	REGULAMENTO (CE) N.º 999/2001 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 22 de Maio de 2001 (ANEXO IV)	<b>alimentação de qualquer animal de criação com proteínas provenientes de mamíferos;</b>	leite e produtos à base de leite
		alimentação de animais de criação com proteínas animais transformadas provenientes de <b>mamíferos</b> ; esta proibição não se aplica à alimentação para cães e gatos nem à produção de alimentos para esses animais	gelatina produzida a partir de peles e couros
			fosfato dicálcico (sem vestígios de proteína ou de gordura)
			<b>plasma seco e outros produtos sanguíneos</b> , com exceção dos produtos sanguíneos de origem bovina para a alimentação de ruminantes
		alimentação de ruminantes com gordura fundida proveniente de ruminantes	<b>proteínas hidrolisadas com peso molecular inferior a 10 000 dalton</b>
2003	REGULAMENTO (CE) N.º 1234/2003 DA COMISSÃO de 10 de Julho de 2003 (alterações ao ANEXO IV do regulamento No. 999/2001)	alimentação de animais de criação, com exceção da alimentação de animais carnívoros destinados à produção de peles com pelo, com:	<b>alimentação de não ruminantes</b> com:
		a) Proteínas animais transformadas; b) Gelatina proveniente de ruminantes; c) Produtos derivados do sangue; d) Proteínas hidrolisadas; e) Fosfato dicálcico e fosfato tricálcico de origem animal; f) Alimentos para animais que contenham as proteínas enumeradas nas alíneas a) a e);	a) <b>Farinha de peixe</b> ; b) Proteínas hidrolisadas; derivadas de couros e peles de não ruminantes e ruminantes; c) Fosfato dicálcico e fosfato tricálcico.
		alimentação de ruminantes com proteínas animais e com alimentos para animais que contenham essas proteínas	alimentação de ruminantes, com: a) Leite e colostro e derivados; b) ovos e ovoprodutos; c) gelatina proveniente de não ruminantes.
			<b>alimentação de peixes com produtos derivados do sangue e farinha de sangue provenientes de não ruminantes</b>

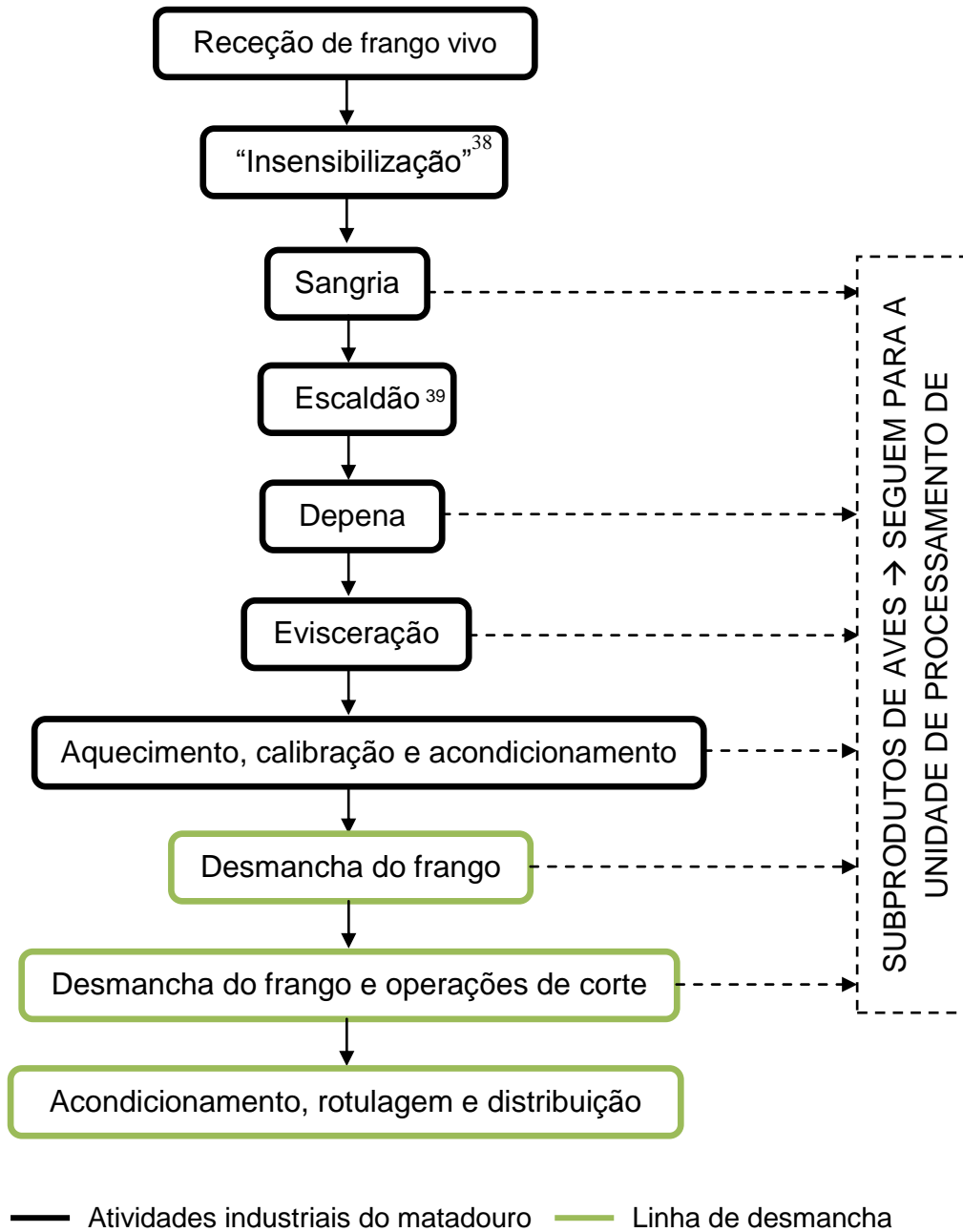
2013	REGULAMENTO (UE) N. o 56/2013 DA COMISSÃO de 16 de Janeiro de 2013 (alterações ao ANEXO IV do regulamento No. 999/2001)	alimentação de ruminantes com fosfato dicálcico e fosfato tricálcico de origem animal e com alimentos compostos para animais que contenham esses produtos	alimentação de ruminantes, com: a) leite e/ou colostro e derivados; b) ovos e ovoprodutos, c) colagénio e gelatina provenientes de não ruminantes, d) proteínas hidrolisadas derivadas de: partes não ruminantes ou couros e peles de ruminantes,
		alimentação de <b>animais de criação não ruminantes</b> , com exceção dos animais destinados à produção de peles com pelo, com:	e) alimentos compostos para animais que contenham os produtos enumerados nas alíneas a) a d) supra
		a) proteínas animais transformadas, b) colagénio e gelatina de ruminantes, c) produtos derivados do sangue, d) proteínas hidrolisadas de origem animal, e) fosfato dicálcico e fosfato tricálcico de origem animal, f) alimentos para animais que contenham os produtos enumerados nas alíneas a) a e)	alimentação de <b>animais de criação não ruminantes</b> com as seguintes matérias-primas para a alimentação animal e alimentos compostos para animais:  a) proteínas hidrolisadas derivadas de partes de não ruminantes ou de couros e peles de ruminantes, <b>b) farinha de peixe e alimentos compostos para animais, que contenham farinha de peixe,</b>  c) fosfato dicálcico e fosfato tricálcico de origem animal e alimentos compostos para animais que contenham esses fosfatos,  <b>d) produtos derivados do sangue provenientes de não ruminantes</b> e alimentos compostos para animais que contenham esses produtos
			alimentação de <b>animais de aquicultura</b> com proteínas animais transformadas, com exceção da farinha de peixe, provenientes de não ruminantes e alimentos compostos para animais que contenham essas proteínas animais  <b>alimentação de ruminantes não desmamados com substitutos do leite que contenham farinha de peixe</b>



ANEXO B: Principais atividades industriais do processamento de subprodutos de peixes



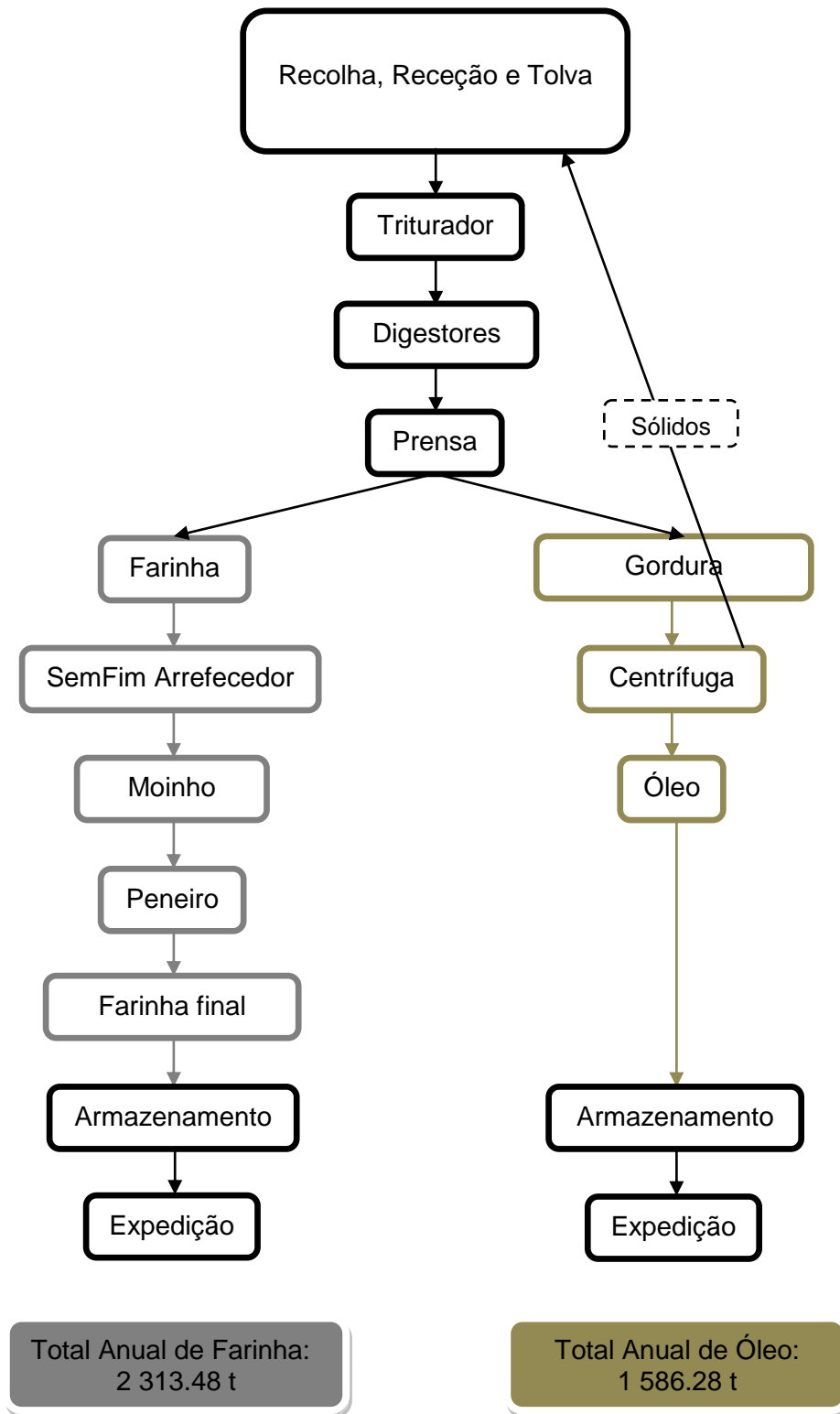
ANEXO C: Principais atividades industriais do matadouro e unidade de desmancha.



<sup>38</sup> Submersão da cabeça da ave num banho de água, onde são sujeitas a um choque elétrico que provoca o atordoamento.

<sup>39</sup> Imersão total das aves, numa serie de 2 tanques de água independentes.

ANEXO D: Principais atividades industriais do processamento de subprodutos de aves



ANEXO E: Tabela de inventário considerada para a ração de frango (adaptado de Lopes, 2011)

Ração para produção de frango	Farinha	Óleo	Unidade
<b>ENTRADAS</b>			
Matérias-prima			
Cálcio a granel	2,89E+03	4,21E+03	kg
Amido de Milho	7,45E+01	1,09E+02	kg
<sup>33</sup> Alimet- Metionina líquida	2,13E+03	3,11E+03	kg
Fosfato Monocalcico	1,98E+01	2,88E+01	kg
Bagaço de Soja 47	2,13E+00	3,11E+00	kg
<sup>33</sup> Conc. A-8 (frangos acabamento)	2,74E+01	3,99E+01	kg
Óleo de soja	7,15E+03	1,04E+04	kg
<sup>33</sup> Gordura mista N.1.	4,41E+02	6,43E+02	kg
Trigo Forrageiro	4,11E+00	5,99E+00	kg
<sup>33</sup> Incorporar - Rações Frango	1,28E+02	1,86E+02	kg
<sup>33</sup> Lisina	1,98E+01	2,88E+01	kg
<sup>33</sup> Gp Oro	4,87E+01	7,10E+01	kg
Água	3,04E+00	4,44E+00	m3
Energia			
Elétrica	9,28E+02	1,35E+03	kWh
Vapor	2,13E+03	3,11E+03	kWh
Fuelóleo	7,45E+01	1,09E+02	kg
Desinfetantes			
<sup>33</sup> Propion 50 F	7,91E-01	1,15E+00	kg
<sup>33</sup> Micofung	1,83E-01	2,66E-01	kg
<b>SAÍDAS</b>			
Ração	1,52E+04	2,22E+04	kg
Água residual	3,04E+00	4,44E+00	m3
Emissões para a atmosfera			
NH <sub>3</sub>	4,40E-02	6,40E-02	kg
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,00E-03	2,00E-03	kg
CO <sub>2</sub> fóssil	1,98E+03	2,88E+03	kg
CH <sub>4</sub>	2,89E+00	4,22E+00	kg
N <sub>2</sub> O	5,90E-02	8,70E-02	kg
SO <sub>2</sub>	9,43E+00	1,38E+01	kg
CO	5,93E-01	8,65E-01	kg
NO <sub>2</sub>	5,02E+00	7,32E+00	kg
P	1,00E-03	1,00E-03	kg
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00E+00	0,00E+00	kg
Emissões para a água			
CQO	1,37E-01	2,00E-01	kg
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,00E+00	0,00E+00	kg
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,56E-01	6,65E-01	kg
P	0,00E+00	0,00E+00	kg

Resíduos sólidos			
Materiais impróprios para consumo ou processamento	2,89E+01	4,21E+01	kg
Outros óleos de motor e transmissões e lubrificação	1,98E-01	2,88E-01	kg
Água com óleo proveniente do separador	8,67E-01	1,26E+00	kg
Embalagens de cartão	3,96E+00	5,77E+00	kg
Embalagens de plástico	1,00E+01	1,46E+01	kg
Embalagens de madeira	2,59E+01	3,77E+01	kg
Embalagens compósitas	4,56E+00	6,66E+00	kg
Mistura de embalagens	5,32E-01	7,76E-01	kg
Embalagens contendo resíduos de substâncias perigosas	1,10E-01	1,60E-01	kg
<sup>33</sup> Absorventes e materiais filtrantes	1,70E-02	2,40E-02	kg
Metais ferrosos	2,59E+00	3,77E+00	kg
Vidro	2,59E-01	3,77E-01	kg
Lâmpadas fluorescentes	1,10E-02	1,60E-02	kg

ANEXO F: Tabela de valores absolutos que suporta a Figura 28. Comparação entre todas as farinhas selecionadas no presente estudo, para todas as categorias de impacto consideradas.

<b>Ingrediente/ Categoria de Impacte</b>	<b>Unidade</b>	<b>Farinha de Subprodutos de Peixe (Savinor S.A.)</b>	<b>Farinha de peixe do Perú</b>	<b>Farinha de Subprodutos Aves (Savinor S.A.)</b>	<b>Farinha de Soja</b>
Depleção Abiótica	kg Sb eq	2,08E+01	1,59E+01	1,30E+02	1,06E+01
Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq	3,44E+01	1,30E+01	1,68E+03	1,29E+01
Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> eq	1,08E+01	3,29E+00	4,63E+02	1,01E+01
Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq	3,10E+03	2,06E+03	4,65E+04	1,94E+03
Depleção da Camada do Ozono	kg CFC-11 eq	3,51E-04	3,44E-04	1,19E-03	2,91E-04
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	3,84E+02	3,37E+02	6,18E+03	4,48E+02
Ecotoxicidade de água doce	kg 1,4-DB eq	2,36E+02	1,63E+02	1,51E+04	2,19E+02
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DB eq	1,17E+03	7,75E+02	1,50E+04	9,23E+02
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	4,64E-01	4,16E-01	5,33E+01	3,38E-01
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	kg 1,4-DB eq	1,27E+03	8,81E+02	1,60E+04	9,91E+02
Ecotoxicidade Sedimentos água doce	kg 1,4-DB eq	5,06E+02	3,60E+02	1,78E+04	4,72E+02
Ocupação de Terra	m <sup>2</sup> a	2,85E+02	3,35E+01	2,89E+04	1,98E+01
Oxidação FotoQuímica	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	6,51E-01	4,76E-01	1,49E+01	3,27E-01

ANEXO G: Tabela de valores absolutos que suporta a Figura 29. Comparação entre todos os óleos selecionados no presente estudo, para todas as categorias de impacto consideradas.

<b>Ingrediente/ Categoria de Impacte</b>	<b>Unidade</b>	<b>Óleo de Subprodutos de Peixe (Savivor S.A.)</b>	<b>Óleo de Peixe do Perú</b>	<b>Gordura de Subprodutos de Aves (Savivor S.A.)</b>	<b>Óleo de Soja</b>
Depleção Abiótica	kg Sb eq	9,23E+01	2,41E+01	1,90E+02	2,48E+01
Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq	1,53E+02	1,53E+01	2,45E+03	2,58E+01
Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> --- eq	4,82E+01	4,72E+00	6,76E+02	3,71E+01
Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq	1,38E+04	2,38E+03	6,78E+04	5,37E+03
Depleção da Camada do Ozono	kg CFC-11 eq	1,56E-03	4,84E-04	1,73E-03	8,31E-04
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	1,71E+03	4,21E+02	9,01E+03	1,40E+03
Ecotoxicidade de água doce	kg 1,4-DB eq	1,05E+03	2,18E+02	2,19E+04	7,27E+02
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DB eq	5,23E+03	1,03E+03	2,19E+04	2,99E+03
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	2,07E+00	4,90E-01	7,77E+01	9,09E-01
Ecotoxicidade Sedimentos Marinhos	kg 1,4-DB eq	5,66E+03	1,21E+03	2,33E+04	3,17E+03
Ecotoxicidade Sedimentos água doce	kg 1,4-DB eq	2,26E+03	4,87E+02	2,60E+04	1,55E+03
Ocupação de Terra	m <sup>2</sup> a	1,27E+03	3,62E+01	4,22E+04	5,07E+01
Oxidação FotoQuímica	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	2,90E+00	5,97E-01	2,17E+01	8,30E-01