



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Análise Energética do Ciclo de Vida de produtos frutícolas - Caso de estudo do pêsego da Cova da Beira

João Filipe Pires Gaspar

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Dinis Gaspar

Covilhã, Outubro de 2016

Agradecimentos

O meu reconhecido agradecimento a todos os que contribuíram de uma forma ou de outra, para a concretização desta dissertação.

Ao professor Doutor Pedro Miguel de Figueiredo Dinis Oliveira Gaspar, orientador da dissertação, agradeço a sugestão do tema, a orientação científica prestada, todo o apoio demonstrado, assim como as críticas e sugestões indicadas.

À professora Doutora Maria Paula Albuquerque Figueiredo Simões, pelo apoio e disponibilidade que sempre manifestou para esclarecimento de qualquer dúvida.

Ao Engenheiro António Paulo Lourenço Parente Antunes agradeço toda a disponibilidade e facilidades concedidas para a realização deste estudo nas instalações da Quinta dos Lamaçais.

Ao Professor Doutor Luís Pedro Mota Pinto Andrade e ao Professor Doutor José Nunes pelas orientações fornecidas para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, pelo apoio e incentivo prestado ao longo desta dissertação.

Um agradecimento muito especial para os meus avós, pais, irmã e namorada por todo o apoio incondicional e incentivo que sempre me deram.

A todos os que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação mas que não foram expressamente mencionados.

Resumo

Hoje em dia, verifica-se uma crescente preocupação com as questões ambientais e com a procura de tecnologias mais limpas e sustentáveis. Neste sentido, torna-se necessário a avaliação de processos produtivos e a racionalização do consumo energético.

Neste estudo realiza-se uma análise energética de ciclo de vida (AECV) por meio de indicadores de eficiência energética, direcionada para a caracterização e renovabilidade do ciclo de vida do sistema produtivo do pêsego da Beira Interior. A análise desenvolvida visa ainda encontrar oportunidades de melhoria a implementar. Neste sentido, pretende investigar as entradas de energia não renováveis provenientes de combustíveis fósseis, através da avaliação do consumo energético de cada operação no ciclo produtivo do pêsego, tal como as emissões resultantes da queima de combustíveis pela maquinaria. Adicionalmente, foram analisadas as entradas de energia elétrica no armazém, fundamentalmente requeridas pelo sistema de refrigeração das câmaras onde os frutos são conservados. Na perspetiva de encontrar oportunidades de melhoria a implementar, foram constituídos cenários alternativos para a comparação de diferentes resultados e análise crítica dos mesmos.

Os resultados revelaram que o envolvimento é a operação com maior impacto energético no processo produtivo, seguindo-se a poda, a colheita, a aplicação de tratamentos fitossanitários e a aplicação de herbicidas. No período pós colheita, o maior impacto energético foi registado no armazém devido à necessidade de refrigeração dos frutos para a sua conservação, seguindo-se o transporte. De realçar que o armazém obteve maior impacto em toda a AECV na produção de pêsego na Quinta dos Lamaçais. Relativamente às emissões resultantes da queima de combustíveis, o maior impacto deve-se à maquinaria no pomar e ao transporte desde o armazém até ao retalhista, enquanto que o transporte entre o pomar e o armazém apresentou emissões pouco significativas.

Esta análise fornece uma perspetiva detalhada dos consumos de energia no processo produtivo e pós-colheita do pêsego da Beira Interior. A construção de cenários alternativos visa possibilitar a análise de condições que configuram a racionalização do consumo energético, quer pelo aumento da eficiência energética, quer pela alteração de métodos e procedimentos nos processos, assim como pela redução do impacto ambiental.

Palavras-chave

Pêsego, Beira Interior, Análise do Ciclo de Vida, Energia, Emissões

Abstract

There is a growing concern about environmental issues and with the search of cleaner and sustainable technologies. In this sense, the evaluation of productive processes and the rationalization of energy consumption becomes necessary.

In this study an energetic life-cycle analysis (ELCA) takes place through energy efficiency indicators, directed towards the life-cycle characterization and renewability of the production system of Beira Interior's peach. The analysis aims to find improvement opportunities to implement. Thus, this study investigates the non-renewable energy inputs from fossil fuels, through the energy consumption evaluation of each operation in the peach production cycle, as well as the resulting emissions of burning fuels by machinery. Additionally, power inputs in the warehouse were analysed, fundamentally the required by the cooling system of the chambers where the fruits are preserved. There were established alternative scenarios for the comparison of different results and a critical analysis in the prospect of finding better opportunities to implement was enhanced.

The results showed that the green cover is the operation with higher energy impact in the production process, followed by pruning, harvesting, applying phytosanitary treatments and the application of herbicides. In the postharvest period, the largest energy impact was recorded in the warehouse due to the need to refrigerate fruits for their conservation, followed by transport. It must be emphasized that the store got the biggest impact throughout the ELCA in the peach production in Quinta dos Lamaçais. Regarding the emissions from fuel combustion, the greatest impact is due to the machinery in the orchard and the transport from the warehouse to the retailer, while transport between the orchard and the warehouse showed little significant emissions.

This analysis provides a detailed overview of the energy consumption in the production process and postharvest of Beira Interior peach. The construction of alternative scenarios aims to enable the analysis of conditions that may promote the rationalization of energy consumption, either by increasing energy efficiency, or changing the methods and procedures in the productive process, and by simultaneously reducing the environmental impact.

Keywords

Peach, Beira Interior, Life Cycle Analysis, Energy, Emissions

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas	xi
Nomenclatura.....	xiii
Lista de Acrónimos	xv
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. O problema em estudo e a sua relevância	2
1.3. Objetivos e contribuição da dissertação	2
1.4. Visão geral e organização da dissertação	2
2. Estado da arte	5
2.1. Introdução	5
2.2. Avaliação do Ciclo de Vida	6
2.2.1. Definição dos objetivos e âmbito	7
2.2.2. Inventário de Ciclo de Vida (ICV).....	8
2.2.3. Avaliação de Impactos Ambientais de Ciclo de Vida (AICV)	8
2.2.4. Interpretação	9
2.3. ACV aplicado aos sistemas de produção de fruta	9
2.4. Energia e Emissões	10
2.4.1. Efeito de Estufa	10
2.4.2. Indicadores Ambientais	11
2.5. Revisão Bibliográfica	11
3. Produção de Pêssego.....	15
3.1. Introdução	15
3.2. Enquadramento Mundial.....	15
3.3. Enquadramento Nacional.....	16
3.4. Ciclo de vida do Pessegueiro	18
3.5. Proteção Integrada	18
3.5.1. Meios de luta diretos	19
3.5.2. Meios de luta indiretos.....	19
3.6. Condições que afetam o desenvolvimento dos pessegueiros da Beira Interior	20

3.6.1.	Principais doenças do pessegueiro da Beira Interior	20
3.6.2.	Principais pragas do pessegueiro da Beira Interior	21
3.7.	Processo produtivo	23
3.7.1.	Poda	23
3.7.2.	Manutenção do solo	25
3.7.3.	Fertilização do solo	26
3.7.4.	Monda	27
3.7.5.	Rega	29
3.7.6.	Colheita	30
3.7.7.	Processamento.....	31
3.7.8.	Armazenamento	34
3.7.9.	Transporte.....	37
4.	Materiais e Métodos	39
4.1.	Introdução	39
4.2.	Caraterização da Exploração Frutícola	39
4.3.	Definição da metodologia	40
4.3.1.	Unidade Funcional	40
4.3.2.	Fronteiras e limites do sistema	41
4.3.3.	Análise de Inventário	42
4.3.4.	Avaliação do Consumo Energético	48
4.3.5.	Cálculo de Emissões	49
4.3.6.	Processo de Pós-Colheita	50
4.3.7.	Transporte.....	56
4.3.8.	Casos de estudo - Cenários	61
5.	Análise e Discussão de Resultados	67
5.1.	Introdução	67
5.1.1.	Análise do Consumo Energético	67
5.1.2.	Análise de Emissões.....	75
6.	Conclusões.....	79
6.1.	Conclusões gerais.....	79
6.2.	Conclusões específicas.....	79
6.3.	Sugestões de trabalho futuro	80
	Referências bibliográficas	81

Lista de Figuras

Figura 1 - Organização das normas ISO 14 000	6
Figura 2 - Fases da metodologia ACV.....	7
Figura 3 - Localização dos pomares de pessegueiros na região da Beira Interior	17
Figura 4 - Estados fenológicos inerentes ao processo produtivo do pêssigo	23
Figura 5 - Limites do sistema associados ao período de cultivo do pêssigo	42
Figura 6 - Execução da operação da poda.....	43
Figura 7 - Aplicação da técnica de enrelvamento	44
Figura 8 - Aplicação de produtos fitofarmacêuticos.....	45
Figura 9 - Aplicação de herbicida.....	46
Figura 10 - Processo de colheita	47
Figura 11 - Etapas de pós-colheita do pêssigo	51
Figura 12 - Palotes de transporte de pêssigo, com capacidade de 450 kg.....	52
Figura 13 - Caixas de transporte de pêssigo, com capacidade de 15 kg	53
Figura 14 - Fases de processamento de pêssigo	54
Figura 14a - Viragem dos palotes ou caixas para o tapete de transporte	54
Figura 14b - Escovagem e lavagem do pêssigo com escovas rotativas de <i>nylon</i>	54
Figura 14c - Seleção do fruto consoante o calibre, o peso, a qualidade e os defeitos externos	54
Figura 14d - Linha de seleção de calibre	54
Figura 14e - Tapete rolante que transporta o pêssigo até ao embalamento	54
Figura 14f - Caixas de embalamento de pêssigo.....	54
Figura 15 - Câmara de refrigeração	54
Figura 16 - Empilhador.....	58
Figura 17 - Exemplo de câmaras modulares	64

Figura 18 - Gráfico representativo do consumo energético por hectare (MJ ha^{-1}) referente aos diferentes cenários em estudo durante o processo produtivo	68
Figura 19 - Gráfico representativo do consumo energético por hectare (MJ ha^{-1}) referente aos diferentes cenários em estudo	70
Figura 20 - Gráfico representativo do consumo energético por tonelada (MJ t^{-1}) referente aos diferentes cenários em estudo, nos processos produtivo e de pós-colheita	71
Figura 21 - Comparação do consumo de combustível ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) no processo produtivo entre diversos estudos com os dados obtidos na Quinta dos Lamaçais	74
Figura 22 - Alterações climáticas ($\text{kgCO}_{2(\text{eq})}\cdot\text{ha}^{-1}$) consoante o tipo de transporte utilizado	75
Figura 23 - Contributo para a acidificação terrestre pelos veículos de transporte ($\text{kgSO}_{2(\text{eq})}\cdot\text{ha}^{-1}$) consoante o tipo de transporte utilizado.....	76
Figura 24 - Contributo para a formação oxidantes fitoquímicos pelos veículos de transporte ($\text{kgNMVOC}_{(\text{eq})}\cdot\text{ha}^{-1}$) consoante o tipo de transporte utilizado.....	77

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Enquadramento Mundial referente à produção de pêssegos e de nectarinas, no ano de 2013	15
Tabela 2 - Valores referentes às importações e às exportações mundiais de pêssegos e de nectarinas, no ano de 2013	16
Tabela 3 - Valores referentes à área, produção e produtividade do pêssgo por região agrária, no ano de 2015	16
Tabela 4 - Valores correspondentes ao processo de poda	42
Tabela 5 - Valores associados ao processo de manutenção do solo por enrelvamento.....	44
Tabela 6 - Dados referentes à aplicação de tratamentos fitossanitários	46
Tabela 7 - Dados referentes à aplicação de herbicida	47
Tabela 8 - Dados referentes ao processo de colheita	48
Tabela 9 - Consumo de energia em cada operação executada no pomar, no decorrer do processo produtivo	49
Tabela 10 - Emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis durante o processo produtivo, considerando uma UF de 1 ha de pomar.....	49
Tabela 11 - Consumo energético no armazém.....	55
Tabela 12 - Consumo de combustível e distância percorrida pelo transporte	56
Tabela 13 - Emissões de poluentes e consumo energético resultante do transporte, considerando uma UF de 1 ton de pêssego	57
Tabela 14 - Consumo de combustível em cada operação inerente à produção de pêssego	59
Tabela 15 - Valores referentes ao consumo energético em diferentes cenários (MJ ha ⁻¹)	68
Tabela 16 - Consumo de energia (entradas) para os três cenários de produção	72
Tabela 17 - Emissões de poluentes (saídas) para os três cenários de produção	73

Nomenclatura

<i>a</i>	Tipo de veículo
<i>b</i>	Tipo de combustível
<i>c</i>	Tecnologia do veículo
<i>C</i>	Combustível consumido em cada operação (l)
<i>CE</i>	Eletricidade consumida no armazém (KWh)
<i>C_{ijk}</i>	Consumo de combustível <i>j</i> na execução da operação <i>i</i> com máquina <i>k</i> (l·h ⁻¹)
<i>E</i>	Energia (MJ·ha ⁻¹ ou MWh·ano ⁻¹)
<i>EF_{a,b,c}</i>	Fator de emissão do poluente de acordo com o tipo de combustível (g·kg ⁻¹)
<i>EF_{poluente}</i>	Fator de emissão do poluente para o tipo de combustível (g·kg ⁻¹)
<i>E_{poluente}</i>	Emissões específicas de cada poluente (g)
<i>FC_{tipo combustível}</i>	Consumo de combustível de acordo com o combustível utilizado e a categoria (kg·h ⁻¹)
<i>M_{a,b,c}</i>	Distância percorrida pela veiculo (km)
<i>N_{a,b,c}</i>	Número de veículos utilizados
<i>P</i>	Potência da máquina <i>k</i> usada na operação <i>i</i> (cv)
<i>V</i>	Volume da câmara de refrigeração (m ³)

Lista de Acrónimos

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Atmosfera Controlada
ACV	Análise do Ciclo do Vida
AECV	Análise Energética do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impactos Ambientais de Ciclo de Vida
AM	Atmosfera Modificada
CML	<i>Institute of Environmental Sciences</i>
CO	Monóxido de Carbono
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
DGADR	Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural
EE	Efeito Estufa
EMEP	<i>European Monitoring and Evaluation Programme</i>
ENR	Energia Não Renovável
EUA	Estados Unidos da América
ER	Energia Renovável
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
GEE	Gases Efeito de Estufa
HC	Hidrocarboneto
HPA	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
HR	Humidade Relativa

H ₂ O	Água
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
ILCO	<i>International Reference Life Cycle Data System</i>
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IV	Infravermelha
NMVOG	<i>Non-Methane Volatile Organic Compound</i>
NO _x	Óxido de Azoto
N ₂	Azoto
N ₂ O	Óxido Nitroso
NH ₃	Amoníaco
O ₂	Oxigénio
PA	Potencial de Acidificação
PAG	Potencial Aquecimento Global
PEE	Potencial de Efeito de Estufa
PFOF	Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos
REPA	<i>Resource Environmental Profile Analysis</i>
SO _x	Óxido de Enxofre
SO ₂	Dióxido de Enxofre
UBI	Universidade da Beira Interior
UF	Unidade Funcional

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A agricultura é considerada como fornecedora e consumidora de energia. Esta atividade utiliza grandes quantidades de entradas disponíveis não comerciais, tais como sementes, estrume e energia animal, e entradas comerciais como protetores de plantas, químicos, rega e maquinaria (Royan *et al.*, 2012). Assim, nos últimos anos, tem se verificado a existência de alterações consideráveis no setor agrícola na Europa, devido à modificação das práticas no sentido de aumentar a produtividade das plantações face à crescente procura da população. Contudo, a implementação de métodos intensivos apresenta diversas consequências, entre as quais, o esgotamento de recursos naturais e as alterações climáticas (Martínez-Blanco, 2011; Van der Werf *et al.*, 2014).

De acordo com o Relatório de Síntese de Mudança de Clima do IPCC (2007), cerca de 13,5% do global de Emissões Antropogénicas de Gases com Efeito de Estufa (GEE) resultam de impactos diretos de setores como o agrícola, o hortofrutícola, o silvícola e o aquícola devido à utilização de fertilizantes, de pesticidas e de combustíveis fósseis.

Neste sentido, Thomassen & Boer (2005) referem a existência de uma variedade de ferramentas e métodos que podem ser utilizados para ter acesso aos impactos ambientais comparativos e dos custos económicos da produção agrícola, sendo uma delas a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

Assim, a ACV é uma metodologia padronizada utilizada para analisar problemas ambientais relacionados com a produção frutícola, sendo um método eficaz para descrever o desempenho ambiental no setor alimentar (Vázquez-Rowe *et al.*, 2012). Através desta metodologia é possível proceder à Análise Energética do Ciclo de Vida (AECV), estando esta análise limitada às questões energéticas (Malça & Freire, 2004). A AECV define um registo de energia no decorrer das diversas etapas do ciclo de vida dos materiais analisados, desde a extração/cultivo das matérias-primas à utilização final e retorno ao meio ambiente, nas quais se incluem as atividades auxiliares e o transporte entre fases (Malça & Freire, 2004).

Segundo Ingrao *et al.* (2015), o consumo de combustíveis fósseis é uma das maiores fontes de consumo de energia no ACV, causando assim, um elevado impacto no processo produtivo, mais precisamente, no processo produtivo do pêssego.

No ano de 2013, a produção mundial de pêsegos e nectarinas encontrava-se nos 21,6 milhões de toneladas, distribuídas por uma área de 1,5 milhões de hectares. Portugal apresenta uma produção de 6 t/ha e uma produção total de 26 mil toneladas (FAO, 2016), sendo a Beira Interior a terceira principal região produtora de pêsego em Portugal com uma área de 45,9% e uma produção 52,2% (INE, 2016).

1.2. O problema em estudo e a sua relevância

A produção comercial e a produção não comercial podem ser convertidas e estandardizadas em formas de unidade de energia. Um uso eficiente de energia ajuda a aumentar a produção e produtividade, contribuindo para uma melhor economia, rentabilidade e competitividade e como tal, uma agricultura mais sustentável (Royan *et al.*, 2012). Neste sentido, e tendo em conta a crescente produção do pêsego na Beira Interior, revela especial importância a avaliação energética do ciclo de vida do pêsego nesta região do país. Além de que, a publicação de estudos relacionados com a ACV, especialmente do pêsego, ainda é muito escassa.

1.3. Objetivos e contribuição da dissertação

O objetivo primordial deste trabalho consiste na aplicação da metodologia AECV associada ao processo de produção do pêsego da Beira Interior, no sentido de avaliar o seu desempenho energético, assim como as emissões resultantes da utilização de combustíveis fósseis.

A presente dissertação tem como objetivos específicos a análise energética referente ao consumo de combustíveis fósseis no processo produtivo e no transporte do pêsego e ainda, a análise de energia elétrica despendida no armazenamento durante o período pós-colheita.

Esta investigação teve por base o caso de estudo específico de análise energética do ciclo de vida do pêsego na Beira Interior, produzido pela Quinta dos Lamaçais S.A, situada em Caria.

1.4. Visão geral e organização da dissertação

Este trabalho está organizado em seis capítulos, incluindo neste primeiro capítulo a nota introdutória.

No capítulo 2 encontra-se o estado de arte onde constam os estudos relacionados com a produção do pêsego, nomeadamente a metodologia ACV e a sua aplicação nos sistemas de produção de fruta e ainda, os consumos energéticos aplicados aos processos de cultivo e de pós-colheita.

O capítulo 3 descreve a produção do pêsego, no qual é apresentado o enquadramento mundial e nacional da sua produção, descrevendo o ciclo de vida do pêsego, a necessidade de proteção integrada, as doenças e pragas que afetam os pessegueiros na Beira Interior. Neste capítulo é ainda explicado, o processo produtivo do pêsego desde a poda, a manutenção e a fertilização do solo, a monda e a rega, assim como se todo o processo de colheita, processamento, armazenamento e transporte.

No capítulo 4 são analisadas as questões metodológicas mais relevantes para a AECV, designadamente a escolha da unidade funcional e processo produtivo, a definição de um modelo de fluxos energéticos, os processos e fronteiras do sistema, bem como os cálculos desenvolvidos para avaliação energética e as emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis inerentes ao ciclo de vida do pêsego.

No capítulo 5 é efetuada a análise e discussão dos resultados obtidos através do estudo de caso realizado numa exploração frutícola, neste caso a Quinta dos Lamaçais. É realizada a análise energética para vários cenários que se configuram como potenciais métodos, procedimentos ou técnicas direcionados ao aumento da racionalização do consumo de energia, aumento da eficiência energética e redução do impacto ambiental.

O último capítulo (Capítulo 6) apresenta as principais conclusões face aos objetivos atingidos e perspetiva o desenvolvimento de linhas de investigação futuras.

2. Estado da arte

Neste capítulo apresenta-se o “Estado da Arte” referente a estudos relacionados com a produção de pêssego, nos quais se destacam as características inerentes à metodologia ACV, assim como às questões ambientais e energéticas mais relevantes para a presente investigação.

2.1. Introdução

Ao longo dos últimos anos tem-se verificado uma crescente preocupação com as questões ambientais e com a procura de tecnologias mais limpas e sustentáveis. Neste sentido, iniciaram-se uma série de estudos conhecidos como Análise do Perfil de Recursos Ambientais (*Resource Environmental Profile Analysis - REPA*), que visam a avaliação de processos produtivos e a racionalização do consumo energético (Júnior *et al.*, 2008). Para tal, tornou-se importante o recurso a instrumentos que permitissem a análise da tecnologia e que contribuíssem para a sustentabilidade e avaliação dos impactos ambientais (Figueiredo *et al.*, 2007).

Os primeiros estudos de (ACV) iniciaram-se durante a primeira crise do petróleo, no início da década de 60, na qual o mundo despertou para a necessidade de uma melhor utilização dos recursos naturais, principalmente dos combustíveis fósseis e dos recursos minerais (ABNT, 2001; Mourad, 2007; Júnior *et al.*, 2008). Contudo, após a crise do petróleo, o interesse pelos estudos de ACV foi enfraquecendo, ressurgindo apenas a partir de 1990 por meio das normas ISO 14040, com o conseqüente aumento do número de estudos, de publicações, de conferências e de congressos (Mourad, 2007).

Segundo Vázquez-Rowe *et al.* (2012), a ACV é uma das metodologias padronizadas mais utilizadas para analisar problemas ambientais relacionados com a produção de frutas, tendo demonstrado ser um método eficaz para descrever o desempenho ambiental no setor alimentar. Poderá ainda proceder-se à Análise Energética do Ciclo de Vida, a qual se baseia na metodologia do ACV, sendo que esta se encontra limitada às questões energéticas (Malça & Freire, 2004). A AECV define um inventário de energia no decorrer das diversas etapas do ciclo de vida dos materiais analisados, desde a extração/cultivo das matérias-primas à utilização final e retorno ao meio ambiente, nas quais se incluem as atividades auxiliares e o transporte entre fases (Malça & Freire, 2004).

No presente estudo, a AECV é realizada por meio de indicadores de eficiência energética, direcionada para a caracterização e renovabilidade do ciclo de vida do sistema produtivo do pêssego da Beira Interior.

2.2. Avaliação do Ciclo de Vida

A Avaliação do Ciclo de Vida é considerada uma ferramenta de gestão ambiental direcionada para a avaliação de aspetos ambientais e para potenciais impactos associados ao ciclo de vida de um produto (ABNT, 2001). É um instrumento científico qualitativo e quantitativo, que tem como finalidade a avaliação de todos os estágios de ciclo de vida e tipos de impactos ambientais direcionados ao produto, com o propósito de interpretar os aspetos envolvidos no processo assim como melhorar todo o processo produtivo e os produtos de uma empresa. A ACV é uma ferramenta auxiliar na tomada de decisões da indústria, uma vez que define prioridades e fornece informações referentes aos recursos utilizados no consumo de energia e nas emissões poluentes (Júnior *et al.*, 2008).

A ACV encontra-se ligada à gestão ambiental, onde as normas ISO 14 000, cuja organização se apresenta na Figura 1, certificam o estudo ambiental, podendo ser aplicadas consoante o objetivo e a necessidade do estudo (Almeida, s.d).

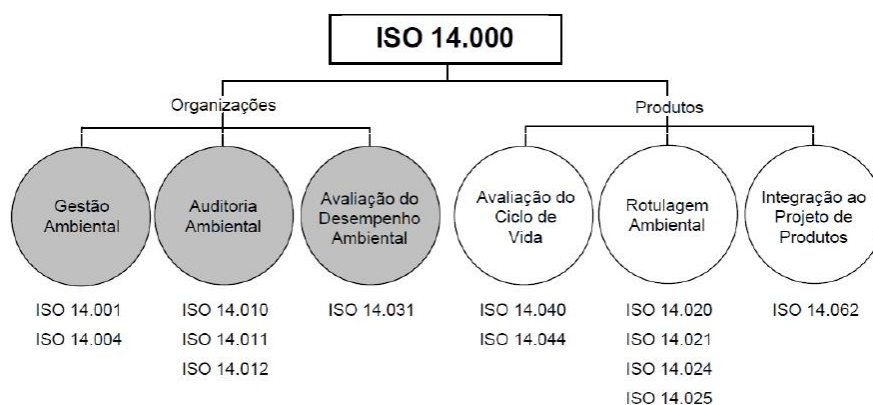


Figura 1 - Organização das normas ISO 14 000 (Almeida, s.d).

Segundo a norma ISO 14040 (2006), a metodologia ACV engloba quatro fases, nomeadamente, a definição dos objetivos e âmbito, a análise do inventário de ciclo de vida, a avaliação de impactos ambientais de ciclo de vida e a sua interpretação (Figura 2).

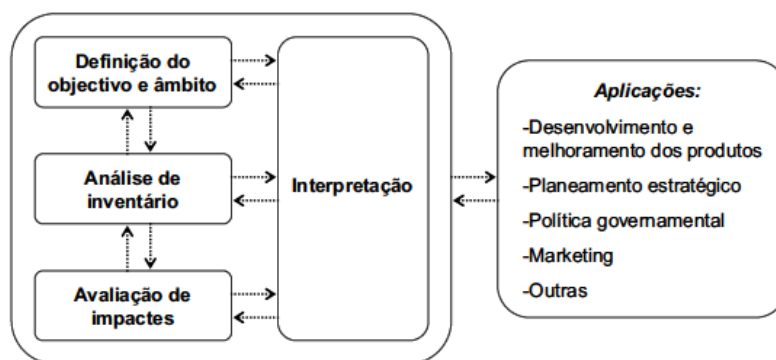


Figura 2 - Fases da metodologia ACV (ISO, 2006).

2.2.1. Definição dos objetivos e âmbito

A fase de definição dos objetivos e âmbito apresenta a descrição do sistema tendo em consideração as fronteiras e a unidade funcional (Rebitzer, 2004).

O objetivo deve indicar de forma clara a aplicação e as razões para o desenvolvimento do estudo, bem como o público-alvo, e se os resultados obtidos irão ser utilizados para fins comparativos (ISO, 2006).

No que concerne ao âmbito, devem ser tidos em conta os seguintes fatores:

- A UF constitui uma medida de desempenho quantitativa através da qual as entradas e as saídas do sistema são calculadas (ISO, 2006). Esta medida denomina-se “funcional”, uma vez que se encontra relacionada com representação das características técnicas e funcionais do produto (Milà i Canals & Clemente, 2003).
- O sistema engloba o conjunto de processos unitários e subsistemas, bem como os fluxos de matéria e de energia que interligam os processos, permitindo o fabrico do produto ou do serviço que se pretende estudar (Arroja *et al.*, 2014).
- Estabelecer as fronteiras do sistema em conformidade com os objetivos em estudo, uma vez que se torna desnecessário referir processos que não provoquem variações significativas nas conclusões do estudo. Deste modo, é importante ter em consideração resultados preliminares e/ou resultados provenientes de estudos semelhantes aquando da elaboração do estudo. (Arroja *et al.*, 2014)

2.2.2. Inventário de Ciclo de Vida (ICV)

A Análise de Inventário de Ciclo de Vida, compreende a recolha de dados bem como os procedimentos de cálculo necessários para quantificar todas as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) do sistema (Júnior *et al.*, 2008). Assim, é efetuado um balanço a todos os fluxos elementares que entram e saem do sistema durante todo o ciclo de vida do produto convertendo-os na unidade funcional selecionada. Os fluxos contabilizados podem resultar de fluxos materiais (recursos naturais, matérias-primas e produtos), de fluxos energéticos (eletricidade e combustíveis) ou de emissões para a atmosfera, água e solo (Arroja *et al.*, 2014).

2.2.3. Avaliação de Impactos Ambientais de Ciclo de Vida (AICV)

A AICV destina-se à compreensão e avaliação da magnitude e da relevância dos potenciais impactos ambientais de um sistema durante o seu ciclo de vida (Arroja *et al.*, 2014). A AICV engloba as fases de classificação e de caracterização. Na classificação, os dados de inventário são agrupados de acordo com as categorias de impacto específicas (por exemplo, alterações climáticas), através de um método previamente selecionado como por exemplo, ReCiPe¹ (Goedkoop *et al.*, 2013) ou CML² (ILCD, 2010). Na caracterização procede-se à avaliação dos fluxos contabilizados, tendo em consideração a sua relevância para o ambiente. Por sua vez, os dados de inventários agrupados são convertidos em unidades dos indicadores de cada categoria de impacto ambiental e o resultado descreve o perfil ambiental do sistema, o qual é composto pelo conjunto de indicadores correspondentes a cada categoria de impacto ambiental. Após esta fase, poderão ainda proceder-se às fases de normalização e de ponderação (Ferreira, 2004; Furtado, 2014).

¹ O ReCiPe é uma metodologia de avaliação de impacto ambiental que combina as vertentes de *midpoint* e de *endopoint*. O *midpoint* agrega todas as substâncias do ICV que apresentam uma característica comum, enquanto que no *endopoint* são modelados todos os mecanismos ambientais que relacionam os impactos do ICV com as respetivas áreas de produção.

² O manual CML visa fornecer as melhores práticas para atuar de acordo com a série de normas ISO 14 040. Este fornece indicadores do ponto médio (*midpoint*) referentes à avaliação de impactes ambientais.

2.2.4. Interpretação

A fase de interpretação consiste num processo interativo, no qual os resultados obtidos são avaliados tendo por base, o objetivo, a avaliação de integridade, a verificação de sensibilidade, assim como as limitações, as conclusões e as recomendações (Júnior *et al.*, 2008).

Um estudo clássico de ACV engloba todo o ciclo de vida do produto ou serviço, dado que dentro das fronteiras do sistema se encontram todos os processos desde a exploração dos recursos até à gestão de resíduos (*gradle-to-grave* - estudo do berço até à cova). Porém, quando apenas uma parte do ciclo de vida apresenta relevância, inclui-se o ciclo de vida desde a exploração dos recursos até ao final do processo de produção, não mencionado assim, as fases de distribuição, de utilização e de deposição final (*gradle-to-gate* - estudo do berço até ao portão) (Arroja *et al.*, 2014).

2.3. ACV aplicado aos sistemas de produção de fruta

Nos últimos dez anos, o setor agrícola na Europa tem vindo a mudar consideravelmente através da conversão de práticas tradicionais em métodos mais intensivos, que visam o aumento da produtividade das plantações face à procura crescente da população. Porém, a implementação de métodos intensivos apresenta diversas consequências, entre as quais, o esgotamento de recursos naturais e as alterações climáticas (Martínez-Blanco, 2011; Van der Werf *et al.*, 2014).

De acordo com o Relatório de Síntese de Mudança de Clima do IPCC (2006), cerca de 13,5% do global de Emissões Antropogénicas de Gases de Efeito de Estufa resulta de impactos diretos de setores como o agrícola, o hortofrutícola, o silvícola e o aquícola devido à utilização de fertilizantes e pesticidas. A nível europeu, o programa Horizonte 2020 também incentiva as empresas a desenvolverem estratégias mais sustentáveis, a fim de responderem às necessidades ambientais, sociais e económicas da sociedade (Comissão Europeia, 2012).

A utilização da metodologia ACV nas atividades agrícolas ainda se encontra em pleno desenvolvimento, uma vez que esta era aplicada maioritariamente aos processos industriais, não sendo completamente direcionada para a análise dos processos associados com a produção de alimentos (Haas *et al.*, 2000).

Como tal, foram efetuados diversos ajustamentos para que a metodologia ACV fosse aplicada à produção agrícola (Weidema *et al.*, 1996; Mattsson *et al.*, 2000; Margini *et al.*, 2002).

2.4. Energia e Emissões

O consumo de energia pelo setor agrícola pode ser amplamente classificado em direto e indireto. (Royan *et al.*, 2012; Ghatrahsamani *et al.*, 2016). Do consumo direto faz parte a energia incorporada no trabalho humano, no combustível, na água necessária para a rega e na eletricidade. Por outro lado, no consumo indireto são considerados os adubos, os produtos químicos, bem como as máquinas utilizadas para a produção agrícola (Royan *et al.*, 2012). A energia total pode ser ainda dividida em duas formas, renovável e não renovável. Na Energia Renovável (ER) não existe a possibilidade de estabelecer um período de tempo para o seu esgotamento, independentemente da sua utilização. A Energia Não Renovável (ENR) inclui a maquinaria, os fertilizantes, o combustível e a eletricidade (Ghatrahsamani *et al.*, 2016).

Atualmente, a utilização de energia na agricultura tornou-se bastante intensiva, como forma de resposta ao crescente aumento de população, uma vez que este recurso é essencial quer para o desenvolvimento económico quer social de cada país (Royan *et al.*, 2012; Ghatrahsamani *et al.*, 2016).

A atividade agrícola encontra-se dependente de fatores climáticos como a temperatura, a pluviosidade, a humidade e a luz solar, que quando sujeitos a alterações podem provocar danos na produtividade e na manutenção das culturas (Carvalho *et al.*, 2010). Esta potencia as alterações climáticas, devido às práticas utilizadas e à utilização de combustíveis fósseis, responsáveis pelo aumento do Efeito de Estufa (EE) (Carvalho, 2009).

2.4.1. Efeito de Estufa

O Efeito de Estufa é responsável pela manutenção da temperatura, assegurando que esta se encontra dentro dos valores adequados para a existência de vida na Terra. Este fenómeno ocorre quando parte da radiação solar é refletida pela superfície terrestre, e posteriormente, absorvida por determinados gases presentes na atmosfera, designados por gases do efeito de estufa. Como consequência, parte da radiação Infravermelha (IV) fica retida na baixa atmosfera, provocando o aquecimento do planeta (Carvalho *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2010).

Os principais GEE responsáveis pelo aumento da temperatura média da Terra são, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) (Carvalho *et al.*, 2010). Contudo, existem ainda poluentes, como o monóxido de carbono (CO), o óxido de enxofre (SO_x), o óxido de azoto (NO_x), resultantes da queima de combustíveis fósseis, que contribuem para alterações consideráveis no clima do planeta (Carvalho, 2009; Koslowski *et al.*, 2015). Além dos gases acima

mencionados, existem compostos orgânicos, tais como o NMVOC (Compostos Orgânicos Voláteis Não Metanosos), que apresentam um comportamento semelhante na atmosfera apesar da sua composição diferir amplamente (Adams, 2010).

2.4.2. Indicadores Ambientais

Conforme INE (2012), a avaliação dos efeitos ambientais resultantes da ação dos diferentes gases presentes na atmosfera, pode ser concretizada através de três indicadores, nomeadamente, o Potencial de Efeito de Estufa (PEE), o Potencial de Acidificação (PA) e o Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos (PFOF).

Potencial de Efeito de Estufa - É uma medida relativa, obtida por meio da junção dos três gases (CO_2 , N_2O , CH_4) que mais favorecem o EE e é expresso em toneladas equivalentes de CO_2 (INE, 2012).

Potencial de Acidificação - Resulta da combinação dos três compostos que apresentam maior relevância na acidificação do meio ambiente (NO_x , SO_x , NH_3), sendo expresso em toneladas equivalentes de dióxido de enxofre (SO_2) (INE, 2012).

Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos - Compreende a junção das quatro substâncias mais relevantes para a formação de oxidantes fotoquímicos (NO_x , NMVOC, CO e CH_4) e é expressa em toneladas equivalentes de NMVOC (INE, 2012). A PFOF ocorre na presença de poluentes secundários resultantes da reação entre óxidos de azoto e compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar. Esta, em concentrações elevadas, é responsável pela produção de *smog* fotoquímico, que provoca a redução da visibilidade, tendo efeitos nocivos diretos para a saúde humana (Goedkoop *et al.*, 2009).

2.5. Revisão Bibliográfica

Para a realização da análise energética do ciclo de vida do pêssego da Beira Interior, foram consultados diversos artigos essenciais para o desenvolvimento da temática em estudo.

Um dos primeiros projetos de ACV aplicado a culturas foi desenvolvido por Kramer *et al.* (1991) que desenvolveram um estudo por meio da metodologia ACV, baseando-se em dados médios para calcular as emissões de CO_2 , CH_4 e N_2O numa produção agrícola holandesa. Weidema *et al.* (1996), desenvolveram um estudo que consistia na análise do impacto ambiental da cultura de trigo em três sistemas produtivos, nomeadamente, intensivo, biológico e integrado. Já Margini *et al.*

(2002), baseando-se na ACV, propuseram uma metodologia com a finalidade de avaliar os impactos ambientais resultantes da aplicação de pesticidas na agricultura.

Desde da realização da 7ª Conferência Internacional sobre o sector agroalimentar que têm vindo a aumentar a quantidade de artigos publicados acerca de ACV de alimentos (Notarnicola *et al.*, 2012b). A maioria dos estudos de revisão baseiam-se em dados obtidos quer diretamente em campo, quer por meio de questionários e de entrevistas aos respetivos produtores (Cerutti *et al.*, 2014).

Milà i Canals *et al.* (2006), pretenderam avaliar quais as alternativas de melhoria que permitiam a redução dos impactos ambientais associados à produção agrícola. Realizaram então, um estudo em dois pomares de referência na Nova Zelândia, num período compreendido entre 1999 e 2000, a partir do qual se verificou que o principal consumidor energético (30 a 50%) correspondia às máquinas agrícolas utilizadas para a execução das diferentes operações do pomar. Além disso, observou-se que a colheita foi uma das operações que despendeu mais energia devido ao fato de ser realizada com recurso a plataformas elevatórias, seguindo-se a rega, a aplicação de tratamentos fitossanitários, a monda e a poda.

Alaphilippe *et al.* (2012) efetuaram uma análise dos impactos ambientais em nove pomares de maçã situados no sul da França, através da metodologia ACV. Esta foi efetuada com base em dados recolhidos num período compreendido entre 2006 e 2009, em três culturas distintas, sendo elas, biológica, de baixa entrada e convencional. Para tal, foi utilizada uma UF com base na massa, obtendo-se um valor de cerca de 32 ton·ha⁻¹ de maçã. Os autores concluíram que a atividade que consumiu mais energia se encontrava relacionada com a aplicação de tratamentos fitossanitários e de fertilizantes, ao passo que as operações de corte de erva, de sacha do terreno e de colheita revelaram valores muito semelhantes entre elas.

O estudo desenvolvido por Royan *et al.* (2012), tinha como intuito a análise do consumo energético, de forma a quantificar quais as entradas de energia, bem como o rendimento na produção de pêsego numa província do Irão. Além das entradas de energia não renováveis foram consideradas as entradas de energia renováveis, assim como as formas de energia direta e indireta. Após a análise dos resultados obtidos, os autores aferiram que o consumo de diesel existente era de 175,44 l·ha⁻¹, o equivalente a 9 879 MJ·ha⁻¹.

Hemmati *et al.* (2013), realizaram uma análise energética na produção de olivais situados em locais planos e inclinados, contabilizando as entradas de energia direta e indireta, tal como as formas de energia renováveis e não renováveis. Neste estudo concluiu-se que o consumo de diesel na produção em olivais planos foi de 957 MJ·ha⁻¹ enquanto que, em olivais situados em planos inclinados este foi de 935 MJ·ha⁻¹, resultando assim num maior consumo em locais planos.

Devido ao aumento progressivo da agricultura na Tailândia, Soni *et al.* (2013), desenvolveram um estudo referente ao consumo de energia, assim como às emissões atmosféricas associadas a esta prática. Os dados foram recolhidos em 46 locais de produção agrícola, nos quais foi calculado o consumo total de energia, sendo ela renovável ou não renovável, ou de forma direta e indireta. Neste estudo concluiu-se que para diferentes culturas, as entradas energéticas são também distintas. Em todas as culturas analisadas, considerou-se o combustível fóssil (diesel) como sendo o consumo de entrada de energia mais importante. Por fim, no que concerne às emissões de Potencial Aquecimento Global (PAG), verificou-se que os principais poluentes são o CO₂, o N₂O e o CH₄.

No estudo desenvolvido por Ingraio *et al.* (2015), foi efetuada uma análise de ACV na produção de pêssego vermelho, com o objetivo de identificar e de quantificar os aspetos passíveis de serem melhorados, de forma a aumentar a sustentabilidade ambiental e económica. Esta análise foi executada entre 2002 e 2011, a qual foi dividida em duas fases distintas. Numa primeira fase foi considerado o ACV na sua totalidade, incluindo o processo produtivo e tendo como referência uma UF baseada na terra, ao passo que, na segunda fase foi executada uma avaliação da melhoria ambiental bem como, uma análise de sensibilidade. Com este estudo verificou-se a existência de uma produção média de 31,5 ton·ha⁻¹. No que respeita ao consumo de combustíveis fósseis, este foi de 8,42 kg·ha⁻¹, dado que o transporte foi apenas considerado para as entradas de energia como na aplicação de fertilizantes e na fase de embalamento no processo pós-colheita. A rega foi a operação que revelou maior impacto, tanto pela grande quantidade de água utilizada, como pelo elevado consumo de energia elétrica e fóssil necessária para bombear a água.

Keyes *et al.* (2015), realizaram um estudo referente à produção de maçã na província de Nova Escócia, no Canadá. Este estudo pretendia quantificar e avaliar os recursos, tal como a energia necessária para a produção, armazenamento e transporte. Além disto, visava ainda a aplicação do ACV de modo a analisar o desempenho ambiental e as potenciais oportunidades de melhoria. Com esta análise, verificou-se que os maiores contribuintes para os impactos ambientais estavam associados com as operações de colheita, da combustão de diesel e da aplicação de tratamentos fitossanitários para o controlo de pragas e de doenças. No que respeita ao consumo energético associado ao processo produtivo da maçã resultante, do uso de combustíveis foi de 398 MJ·ton⁻¹, do transporte do pomar até ao armazém foi de 57,6 MJ·ton⁻¹, do armazém foi de 2 200 MJ·ton⁻¹ e por fim, do transporte até ao consumidor (cerca de 103 km) foi de 283 MJ·ton⁻¹.

Vinyes *et al.* (2015), procederam a uma ACV desde a plantação do pomar até à extinção do mesmo (cerca de 15 anos), com o intuito de gerar uma perspetiva referente ao impacto ambiental associado à produção de pêssego. Foi efetuada uma análise no período de cultivo, assim como o impacto nas operações de preparação do solo e de plantação. Os dados foram obtidos num pomar localizado no nordeste de Espanha. A UF selecionada foi de 1 kg de pêssego com a realização de

quatro cenários consoante os diferentes períodos de rendimento, sendo eles, de baixa produção, de alta produção, da fase de crescimento e da média ao longo dos anos. Este estudo revelou que as variações dos resultados entre cenários podem ir dos 7 aos 69% conforme o indicador. Também revelou que um estudo com base na massa durante um ano de produção pode sofrer alterações, principalmente num cenário de baixa produção. O consumo de combustível foi em média de 6,28 kg·ha⁻¹ para os quatro cenários. Por fim, verificou-se que a operação que despendeu mais energia foi a de aplicação de tratamentos fitossanitários.

Longo *et al.* (2016), desenvolveram um estudo aplicando o ACV na produção de maçãs orgânicas, produzidas no Norte de Itália. Neste estudo foram analisadas as entradas de matéria prima e as fontes de energia, assim como o processo produtivo, o processo pós-colheita e a distribuição até ao consumidor. Com esta análise verificou-se que grande parte do consumo de energia se encontrava associada à aplicação de fertilizantes e de pesticidas, tendo as operações de pós-colheita um consumo pouco significativo quando comparado com o processo produtivo.

Também Ghatrehsamani *et al.* (2016), desenvolveram uma análise energética na província de Bakhitari, no Irão, com a finalidade de determinar a quantidade de energias de entrada e de saída do sistema. Para tal, foram consideradas as entradas de energias direta e indireta e ainda as formas de energia renovável e não renovável. Foram recolhidos os dados através de questionários e de entrevistas efetuados a 100 produtores distintos da região, a partir dos quais foi possível verificar que a energia resultante da queima de diesel pelos motores de combustão foi de 74, 7 l·ha⁻¹, o correspondente a 4 206 MJ·ha⁻¹.

A apresentação dos resultados dos trabalhos de investigação acima descritos fornece uma base para os valores de consumo energético associado ao processo produtivo de alguns frutos e no pós-colheita. Fornece ainda uma indicação do peso relativo de cada uma das operações inerentes ao processo produtivo e pós-colheita. Uma análise crítica aos resultados expostos permite indicar uma grande variabilidade no peso relativo no consumo energético de cada uma das operações. As condições que influenciam esta variação de resultados estão com certeza associadas ao fruto em questão, pela necessidade de diferentes operações, mas também à localização geográfica onde decorreu cada um dos estudos. As condições climáticas são um fator importante em toda a análise de consumos de energia em processos produtivos e pós-colheita de produtos alimentares.

3. Produção de Pêssego

3.1. Introdução

Portugal apresenta zonas, como a zona Interior próxima da fronteira de Espanha, em que as condições climáticas são mais adversas para o bem-estar humano. As zonas do Interior caracterizam-se pela existência de temperaturas mais extremas tanto no inverno como no verão e pela menor pluviosidade. Contudo, as condições climáticas na zona Interior da região Centro representam uma mais-valia na produção frutícola, mais precisamente na produção de prunóideas, como os pessegueiros e as cerejeiras, sendo a região da Beira Interior a principal produtora de pêssego e cereja do País (Simões *et al.*, 2016).

3.2. Enquadramento Mundial

No ano de 2013, tal como se pode verificar na Tabela 1, a produção mundial de pêssegos e nectarinas localizava-se nos 21,6 milhões de toneladas, distribuídas por uma área de 1,5 milhões de hectares. A China é considerado o principal produtor mundial, com cerca de 55,1% de produção e uma área de 50,4%. Além da China, destacam-se ainda a Itália, a Espanha e a Grécia, sendo os EUA o país que apresenta maior nível de produtividade (19,3 ton·ha⁻¹). A Espanha é o terceiro produtor mundial de pêssego e nectarina com cerca de 1,3 milhões de toneladas. Já Portugal ocupa o 42º lugar como produtor mundial, apresentado uma produtividade de aproximadamente 6 ton·ha⁻¹ e uma produção total de 26 mil toneladas (FAO, 2016).

Tabela 1. Enquadramento Mundial referente à produção de pêssegos e de nectarinas, no ano de 2013 (FAO, 2016)

PAÍS	PRODUÇÃO		ÁREA		PRODUTIVIDADE
	ton	%	ha	%	kg·ha ⁻¹
China	11 924 085	55,1	775 000	50,4	15 386
Itália	1 401 795	6,5	75 824	4,9	18 488
Espanha	1 329 800	6,1	84 400	5,5	15 756
EUA	964 890	4,5	49 932	3,2	19 324
Grécia	666 200	3,1	42 800	2,8	15 565
Portugal (42º)	26 068	0,1	4 072	0,3	6 402
Mundo	21 638 953	100	1 538 174	100	14 068

De acordo com FAO (2016), no total de exportações mundiais, a Espanha, a Itália e a Grécia perfazem um total de 61,5%. Portugal representa o 27º lugar como exportador e o 8º como importador a nível mundial (Tabela 2).

Tabela 2. Valores referentes às importações e exportações mundiais de pêssego e de nectarina, no ano de 2013 (FAO, 2016).

IMPORTAÇÕES			EXPORTAÇÕES		
PAÍS	ton	%	PAÍS	ton	%
Alemanha	287 606	16,1	Espanha	749 817	39,8
Rússia	230 538	12,9	Itália	295 888	15,7
França	147 837	8,3	Grécia	112 875	6,0
Polónia	92 588	5,2	EUA	105 372	5,6
Reino Unido	87 337	4,9	Chile	87 715	4,7
Portugal (8º)	49 876	2,8	Portugal (27º)	6 292	0,3
Mundo	1 785 869	100	Mundo	1 883 898	100

3.3. Enquadramento Nacional

Segundo o INE (2016), a Beira Interior é considerada a principal região produtora de pêssego em Portugal, apresentando 45,9% da área e 52,2% da produção no ano de 2015. O Ribatejo e a região Oeste, representam 18,1% da área e 11,6% da produção, enquanto que o Alentejo, constitui 13,8% da área e 23,3% da produção (Tabela 3).

Tabela 3. Valores referentes à área, produção e produtividade do pêssego por região agrícola, no ano de 2015 (INE, 2016)

REGIÃO AGRÁRIA	ÁREA		PRODUÇÃO		PRODUTIVIDADE
	ha	%	ton	%	kg·ha ⁻¹
Entre Douro e Minho	78	2,1	350	0,7	4 480
Trás-os-Montes	401	10,7	1 838	3,9	4 590
Beira Litoral	163	4,3	1 206	2,6	7 399
Beira Interior	1 720	45,9	24 495	52,2	14 239
Ribatejo e Oeste	677	18,1	5 431	11,6	8 024
Alentejo	518	13,8	10 921	23,3	21 066
Algarve	187	5,0	2 629	5,6	14 058
Açores	0	0,0	0	0,0	0
Madeira	6	0,2	29	0,1	4 762
Portugal	3 750	100	46 899	100	12 506

Em 2015, a Beira Interior revela um nível de produtividade de $14,2 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, superior ao do Ribatejo e Oeste ($8 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), mas inferior ao verificado no Alentejo ($21,1 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$). Nos anos compreendidos entre 2005 e 2015, a Beira Interior manteve uma área aproximadamente de 1 500 ha, com uma ligeira subida a partir de 2012, fixando-se nos 1 720 ha, em 2015. Contudo, a área de produção na região do Ribatejo e Oeste foi decrescendo, deixando de representar, em 2008, a região com maior área de produção. Por último, a região do Alentejo, representa cerca de um terço da área de produção da Beira Interior, com uma área próxima dos 500 ha (INE, 2016).

Na Beira Interior, os pomares de pessegueiros encontram-se localizados a norte e a sul da serra da Gardunha, com uma cota próxima dos 500 m. A norte localizam-se nas freguesias de Teixoso, de Vale Formoso e de Orjais, inseridas no concelho da Covilhã. A sul localizam-se nas freguesias de Castelo Novo, de Alpedrinha e de Vale Prazeres no concelho do Fundão e nas freguesias de Louriçal do Campo e da Lardosa no concelho de Castelo Branco, tal como se pode verificar na Figura 3 (Simões *et al.*, 2016).

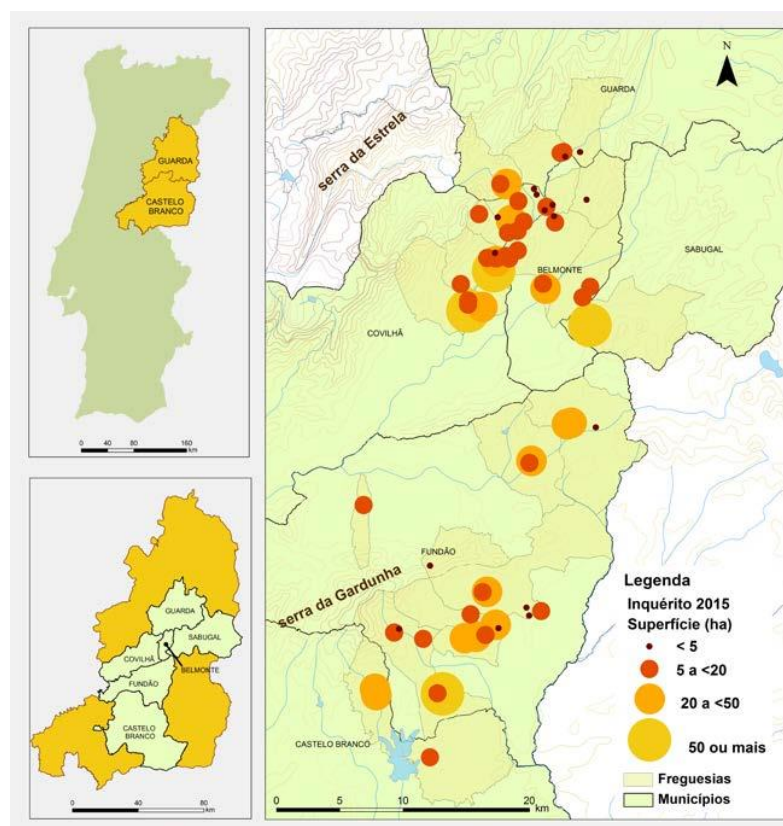


Figura 3 - Localização dos pomares de pessegueiros na região da Beira Interior (Simões *et al.*, 2016).

3.4. Ciclo de vida do Pessegueiro

A cultura frutícola do pessegueiro caracteriza-se por um ciclo de vida curto, no qual se observa uma duração média de aproximadamente 12 anos (Hoffmann *et al.*, 2003). Aquando do segundo ciclo vegetativo já pode existir produção e ao quarto ciclo considera-se um pomar em plena produção (Simões *et al.*, 2016).

O ciclo de vida de uma árvore pode dividir-se em 3 períodos principais, nomeadamente, o período juvenil, o período de produção e o período de senescência (Simões *et al.*, 2016). No período juvenil, a árvore tem a função biológica de contribuir para um correto desenvolvimento vegetativo (Pereira, 2013). Na cultura do pessegueiro, este corresponde ao primeiro ciclo vegetativo, em que não ocorre qualquer produção, embora possam surgir alguns frutos resultantes de plantas que apresentem alguma ramificação deixada no decorrer do processo de poda. O período de produção caracteriza-se pelo equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a respetiva produção. Por fim, a senescência corresponde ao período em que surge uma diminuição do vigor das plantas, originando uma maior suscetibilidade a pragas e a agentes fitopatogénicos assim como à reduzida regeneração da parte basal da copa (Simões *et al.*, 2016).

3.5. Proteção Integrada

Existem inimigos das culturas também designados por organismos prejudiciais que através da sua atividade podem contribuir para uma redução quantitativa e qualitativa da produção de uma determinada cultura agrícola (Amaro, 2003).

A proteção integrada tem como finalidade o combate dos inimigos das culturas de forma eficaz e com menos inconvenientes quer para o Homem quer para o meio ambiente. Os princípios de proteção integrada visam a obtenção de frutos com boas características organolépticas, respeitando as normas nacionais e internacionais associadas à qualidade do produto e à segurança alimentar (Amaro, 2003; Oliveira *et al.*, 2014). Para tal, é imprescindível a realização de uma estimativa de risco, bem como a observação frequente da cultura, de forma a identificar quais os potenciais inimigos desta e quais os meios de luta mais indicados para a eliminação dos mesmos (Oliveira *et al.*, 2014).

Tendo em conta os métodos utilizados, os meios de luta podem ser classificados em diretos e indiretos (Amaro, 2003; Costa, 2013).

3.5.1. Meios de luta diretos

Os meios de luta diretos visam minimizar o desenvolvimento e a resistência dos inimigos das culturas aos pesticidas, recorrendo a formas de luta exclusivas para o tipo de organismo a combater (Boller *et al.*, 1999). Estes incluem diversos tipos de luta, nomeadamente cultural, física (mecânica ou térmica), biológica, biotécnica e química (Amaro, 2003; Oliveira *et al.*, 2014).

Luta Cultural: Tem como finalidade a diminuição da população de organismos prejudiciais através da prática de técnicas culturais, como a cobertura do solo, a criação de barreiras físicas e a monda (Monteiro, 2013).

Luta Física: Os meios de luta física utilizam diversos tipos de energia que pode ser utilizada de forma ativa na destruição do organismo prejudicial, ou de modo passivo na modificação do meio onde este se desenvolve (Amaro, 2003). A luta física engloba dois métodos de luta, nomeadamente a mecânica e a térmica. Na forma de luta mecânica é efetuado o combate de infestantes através da aplicação de técnicas de mobilização do solo e de monda (Amaro *et al.*, 2001). No método de luta térmica, recorre-se a temperaturas elevadas que sejam letais para infestantes ou insetos e a baixas temperaturas para impedir o desenvolvimento de insetos que possam ser prejudiciais para o desenvolvimento da cultura (Laguë *et al.*, 2000).

Luta Biológica: Consiste na ação de parasitas, de predadores ou de agentes patogénicos que visam proceder à redução da população de um determinado inimigo para a cultura, tornando-o menos abundante e desta forma, menos prejudicial (Amaro, 2003).

Luta Biotécnica: Corresponde à utilização de meios específicos presentes no organismo passíveis de serem manipulados. Estes permitem a alteração de funções vitais, interferindo no desenvolvimento e no comportamento de pragas, originando a morte dos indivíduos afetados (Amaro, 2003; Oliveira *et al.*, 2014).

Luta Química: Na luta química são utilizadas substâncias químicas naturais, designadas de pesticidas que permitem a redução ou a eliminação de populações de organismos prejudiciais para as culturas (Amaro, 2003).

3.5.2. Meios de luta indiretos

Os meios de luta indiretos englobam várias técnicas com o intuito de erradicar um determinado organismo prejudicial para a cultura. Destes fazem parte diferentes tipos de luta, mais

precisamente, legislativa, genética, cultural, mecânica e biológica (Amaro, 2003; Oliveira *et al.*, 2014).

A luta legislativa é efetuada por meio da aplicação de medidas legislativas e regulamentares, que visam minimizar a dispersão de inimigos das culturas através das atividades humanas (Ebbels, 2003). A luta genética engloba as técnicas desenvolvidas pelo Homem, no qual são obtidas diversas plantas resistentes à ação dos organismos prejudiciais das culturas. As lutas cultural, mecânica e biológica têm como objetivo a prevenção das culturas por meio da aplicação de técnicas que permitam impedir o desenvolvimento de organismos prejudiciais para as mesmas (Amaro, 2003).

3.6. Condições que afetam o desenvolvimento dos pessegueiros da Beira Interior

A produção e a preservação da qualidade do pêssego podem ser comprometidas por diversas pragas e doenças, que por sua vez inviabilizam a produção económica (Carvalho & Chalfolin, 1997).

3.6.1. Principais doenças do pessegueiro da Beira Interior

Entre as diversas doenças existentes na região da Beira Interior destacam-se a lepra, a monília, o oídio e o cancro (Simões *et al.*, 2016).

Lepra (*Taphrina deformans*, Berk.): A lepra do pessegueiro é uma doença provocada pelo fungo *Taphrina deformans*, no qual é necessário um controlo químico sistemático (Simões *et al.*, 2016). Esta encontra-se associada a períodos de tempo frio e húmido, afetando principalmente as folhas, ainda que outros órgãos possam também ser infetados (Cavaco, 2012).

A lepra do pessegueiro pode ser controlada através de meios de luta cultural e química (Cavaco, 2012; Simões *et al.*, 2016). Na luta cultural, deve proceder-se à destruição dos restos da cultura que foram podados durante o inverno e à desinfeção dos utensílios utilizados no processo de poda (Cavaco, 2012). Por outro lado, na luta química são efetuadas intervenções de caráter preventivo por meio da aplicação de produtos fitofarmacêuticos (Simões *et al.*, 2016).

Monilia: A monilia também conhecida por podridão parda é a principal doença das frutas de caroço e que origina perdas severas, caso não sejam tomadas as medidas adequadas (Hoffmann *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2012). Esta resulta da ação de dois fungos, o *Monilinia laxa* e o *Monilinia fructigena* (Simões *et al.*, 2016). O desenvolvimento de *Monilinia laxa* é favorecido pela presença de temperaturas suaves e humidade elevada, atacando preferencialmente flores e frutos. Na *Monilinia fructigena* são apenas afetados os frutos como resultado da ação de chuva, de granizo, de pássaros e de insetos (Cavaco, 2012; Simões *et al.*, 2016).

O controlo da doença pode ser efetuado por meio da aplicação de práticas culturais, como evitar a falta de água no solo, proceder a uma adubação adequada e equilibrada e ainda à eliminação e à destruição de ramos e frutos doentes (Cavaco, 2012).

Oídio: O oídio é uma doença frequente em pessegueiros, podendo infetar folhas e frutos. O agente responsável por esta doença é o fungo *Sphaerotheca pannosa*, o qual é favorecido pela presença de temperaturas amenas e humidade elevada (Adaskaveg *et al.*, 2008; Simões *et al.*, 2016). O oídio pode ser controlado através de meios de luta quer culturais quer químicos (Cavaco, 2012; Simões *et al.*, 2016). Na luta cultural deve optar-se pela seleção de variedades de plantas menos suscetíveis à doença, promover os métodos de poda e de fertilização e ainda evitar a formação de poças de água, de modo a diminuir o risco de disseminação da doença (Cavaco, 2012). O meio de luta químico engloba a aplicação de produtos fitofarmacêuticos que se encontrem homologados para o tratamento do oídio (Simões *et al.*, 2016).

Cancro: O cancro é uma doença que resulta do fungo *Fusicoccum amygdali*, o qual se dissemina com a chuva, provocando danos principalmente nos ramos. O fungo penetra nos ramos devido a feridas provocadas pela queda das folhas no outono e, pela queda das pétalas durante a primavera (Cavaco, 2012; Simões *et al.*, 2016). À semelhança das outras doenças, também o cancro dos ramos pode ser controlado por meio de dois tipos de luta, mais precisamente cultural e química (Simões *et al.*, 2016). Na luta cultural devem evitar-se as adubações excessivas, a realização de podas severas e ainda a remoção de todo o material resultante da poda (Cavaco, 2012). No tipo de luta química, é fundamental o conhecimento da biologia da doença assim como das condições meteorológicas, de forma a aplicar o método mais eficaz (Simões *et al.*, 2016).

3.6.2. Principais pragas do pessegueiro da Beira Interior

De acordo com Simões *et al.* (2016), as principais pragas associadas ao pessegueiro da região da Beira Interior são a mosca do mediterrâneo, o afídeo verde, o aranhaço amarelo e a anársia.

Mosca do Mediterrâneo (*Ceratitis Capitata Wiedmann*): A mosca do mediterrâneo também conhecida como mosca da fruta é uma das pragas com maior relevância na cultura do pessegueiro, na qual os danos provocados são apenas visíveis quando as larvas destroem parte considerável da polpa dos frutos (Simões *et al.*, 2016). O controlo deste tipo de praga deve ser feito conjuntamente com vários meios de luta disponíveis como cultural e biotécnica. Na luta cultural deve proceder-se à colheita da fruta antes da sua maturação fisiológica assim como, à eliminação dos focos de infestação. A luta biotécnica consiste na colocação de armadilhas no pomar, de modo a atrair o organismo prejudicial para a cultura, diminuindo assim, a sua população (Coutinho, 2011; Cavaco, 2012).

Afídeo Verde (*Myzus persicae*): O afídeo verde do pessegueiro é um organismo prejudicial para cultura, exigindo uma intervenção química sistemática. Este é frequente em pomares que se encontrem em plena produção, principalmente no período de floração. A ação do afídeo verde após a plantação provoca a deformação dos ramos essenciais à formação da planta. Por sua vez, no início do ciclo, os ataques levam à destruição das flores e à deformação dos frutos em plantas adultas (Simões *et al.*, 2016).

O controlo do afídeo verde pode ser efetuado através da aplicação de práticas culturais e biológicas. A nível cultural deve evitar-se a aplicação de adubações azotadas assim como, a realização de podas severas. Nas práticas biológicas recorrem-se a inimigos, capazes de provocar a limitação natural deste tipo de praga (Cavaco, 2012).

Aranhiço Amarelo (*Tetranychus urticae*): O araniço amarelo surge frequentemente no final da primavera devido à presença de temperaturas elevadas e de baixa humidade no solo (Simões *et al.*, 2016). Este tem a particularidade de tecer teias na face inferior das folhas, originando colorações cinzentas e amareladas que quando não controladas provocam a queda prematura das folhas (Ramos & Soares, 2014).

O araniço amarelo pode ser controlado por meio de mecanismos de luta cultural, biológica e química. Na luta cultural deve proceder-se à redução das condições favoráveis para o desenvolvimento da praga, realizando adubações azotadas, podas e regas equilibradas. O mecanismo biológico estimula a limitação natural através da ação de inimigos naturais desta praga. A luta química compreende a aplicação localizada de substâncias ativas com diferentes modos de ação, de modo a evitar o aparecimento de resistências (Ramos & Soares, 2014).

Anársia (*Anarsia lineatella*): A anársia é responsável por provocar danos nos gomos, nos ramos jovens quando se encontram em crescimento e nos frutos em processo de maturação (Simões *et al.*, 2016). Segundo Cavaco (2012), as medidas de controlo da anársia passam pela aplicação de meios de luta cultural, no qual se procede à eliminação da praga através da poda; biológica,

privilegiando a ação da limitação natural, uma vez que a anársia possui diversos inimigos naturais; e biotécnica, por meio da utilização do método da confusão sexual.

3.7. Processo produtivo

O processo produtivo do pêsego encontra-se dividido em vários estados fenológicos, sendo eles, o repouso vegetativo, o abrolhamento e floração, o desenvolvimento do fruto, a maturação, a colheita e por fim o transporte. Nestes, existem operações fundamentais para o correto desenvolvimento do pessegueiro, nos quais se destacam a poda, a manutenção do solo, a fertilização, a monda e a rega (Figura 4).

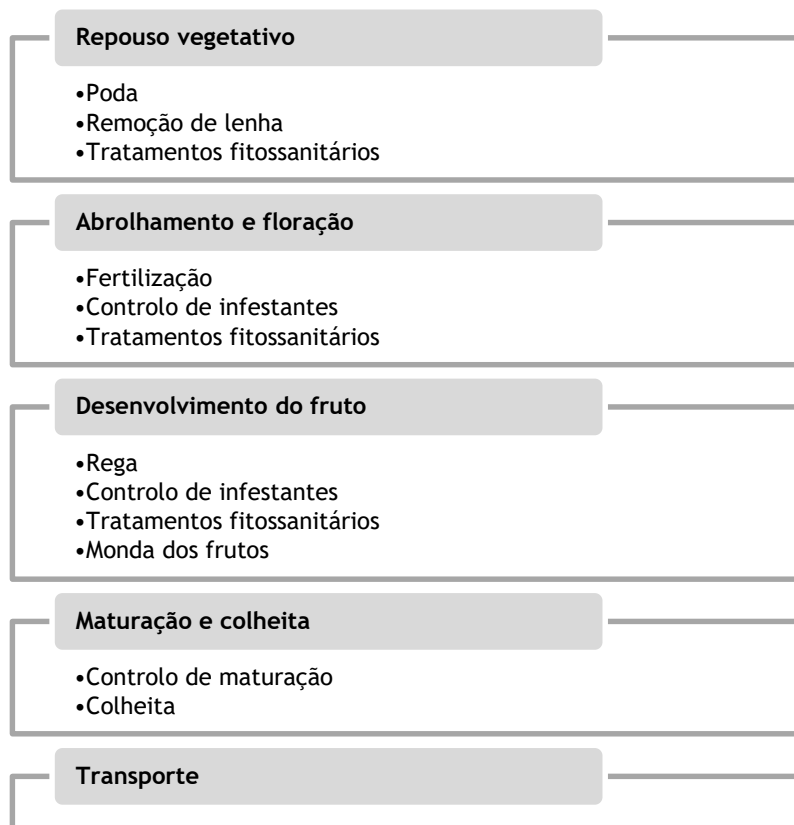


Figura 4 - Estados fenológicos inerentes ao processo produtivo do pêsego.

3.7.1. Poda

A poda consiste na correção de hábitos de crescimento e de frutificação através da retirada parcial de lenha das árvores. Este processo permite a obtenção de uma maior entrada de luz, tal

como uma maior ventilação das árvores, proporcionando assim, um aumento da produção de frutos com melhores características organolépticas (Simões *et al.*, 2016).

A poda é essencial para conduzir a árvore à fisionomia desejada, iniciando-se com um tronco de 60 a 80 cm, que posteriormente dá origem a 3 ramos principais, a partir dos quais se formam ramos secundários e terciários em todas as direções (Gil & Velarde, 2015). Tendo em conta o comprimento, o tipo de gomos e a ramificação apresentada, os ramos podem classificar-se em florais, mistos e mistos com antecipadas (Simões *et al.*, 2016).

Os ramos florais apresentam pequenas dimensões (10 a 20 cm) e são constituídos maioritariamente por gomos florais. Os ramos mistos são compostos por gomos florais e foliares, atingindo um comprimento compreendido entre os 30 e os 70 cm. Os ramos mistos com antecipadas apresentam gomos que se formam e abroham ao longo do mesmo ano (Simões *et al.*, 2016).

A poda do pessegueiro pode dividir-se em poda de formação, poda de frutificação, poda de manutenção e poda de renovação (Miranda, 2001; Hoffmann *et al.*, 2003; Augusti, 2004).

Poda de formação: A poda de formação visa proporcionar um desenvolvimento adequado, principalmente a nível de altura e condução de ramos, de modo a permitir a produção de frutos com boa qualidade (Hoffmann *et al.*, 2003). Esta deve ser realizada anualmente, desde a plantação até que a planta adquira o tamanho e o formato desejável (Miranda, 2001; Hoffmann *et al.*, 2003).

Poda de frutificação: A poda de frutificação visa gerar o equilíbrio entre a atividade vegetativa e a frutificação, de forma a aumentar a produtividade e a obter o máximo rendimento económico. Para tal, é essencial que a poda reduza o período inicial improdutivo, regule a forma e as dimensões das árvores, assegure uma produção de qualidade e permita a renovação da madeira que assegurará a produção no ano seguinte (Miranda, 2001; Augusti, 2004).

Poda de manutenção: A poda de manutenção é realizada essencialmente para controlar o desenvolvimento da árvore, incluindo a eliminação de ramos mal conformados ou que se encontrem em conflito com outros ramos secos e partidos (Augusti, 2004; Teixeira *et al.*, 2009).

Poda de renovação: A poda de renovação é efetuada após a colheita tem como finalidade a renovação dos ramos das plantas que se encontram formadas ou velhas, deixando apenas os ramos primários com 30 a 50 cm de comprimento. Após a brotação, todos os ramos que se encontrem dirigidos para o interior devem ser eliminados (Hoffmann *et al.*, 2003; Medeiros, 2005).

3.7.2. Manutenção do solo

A manutenção do solo é definida como uma técnica de sacha, na qual o solo sofre várias sachtas manuais ou mecânicas de cultivo, de forma sistemática ao longo de todo o ano (Gil & Velarde, 2015). Esta, é por norma efetuada após a poda do pomar, de modo a permitir a remoção de erva e a trituração da lenha resultante da poda (Simões *et al.*, 2016).

A técnica de manutenção do solo é fundamental para a gestão do pomar, tendo como principal objetivo o controlo e a eliminação de infestantes. Porém, estas operações acarretam diversos efeitos para o solo, tais como o teor de matéria orgânica, o teor de humidade e a diversidade de microrganismos (Simões *et al.*, 2016).

Para se proceder à manutenção do solo é necessário ter em consideração fatores como as espécies de infestantes, o tipo de solo, a fase de ciclo de vida do pomar e o regime hídrico da região (Simões *et al.*, 2016). Solos argilosos que apresentem boa fertilidade e chuvas frequentes pode efetuar-se a sacha em cada 35 a 40 dias. Por outro lado, em solos ligeiros com menor fertilidade e menores condições hídricas, torna-se suficiente a realização de sacha a cada 60 dias (Gil & Velarde, 2015).

Segundo Simões *et al.* (2016), existem vários tipos de manutenção do solo, nos quais se destacam o solo nu mobilizado, o solo nu não mobilizado, o solo coberto com vegetação ou enrelvamento e o *mulching*.

Solo nu mobilizado: Consiste na remoção da vegetação por meio da mobilização do solo. Neste, as operações de mobilização são efetuadas com diferentes alfaias, como grades de disco, fresas e escarificadores, que destroem os infestantes, integrando-os no solo. Esta técnica é aconselhável quando existem roedores, porém não deve ser realizada durante a fase de repouso invernal (Simões *et al.*, 2016).

Solo nu não mobilizado: As operações de solo nu não mobilizado baseiam-se na utilização de herbicidas para controlar e eliminar os infestantes. A eficácia desta técnica está dependente do tipo de herbicida utilizado, da época ou momento de aplicação, da dose aplicada e das condições edafoclimáticas no momento da aplicação (Simões *et al.*, 2016).

Solo coberto com vegetação ou Enrelvamento: A manutenção do solo através da técnica de revestimento com vegetação permite, numa fase inicial, a diminuição da quantidade de infestantes indesejáveis. Esta técnica facilita a circulação do trator bem como a concretização de operações de cultivo, sendo aconselhável o corte da vegetação sempre que esta ultrapasse os 25 cm de altura. Neste tipo de manutenção são muito utilizadas as gramíneas, uma vez que

apresentam um porte ereto, facilitando o seu corte, e dado o seu sistema radicular fasciculado são mais resistentes e compactas à passagem de máquinas (Simões *et al.*, 2016).

Mulching: A técnica de *mulching* consiste no revestimento do solo através da deposição de materiais quer orgânicos (casca de pinheiro, casca de arroz, fenos) quer inorgânicos (areia, lava vulcânica, perlite) para controlo de infestantes. Esta é mais adequada em situações que exista escassez de água, sendo fundamental a sua aplicação desde o início de formação do pomar, de modo a diminuir a propagação de infestantes (Simões *et al.*, 2016).

3.7.3. Fertilização do solo

A fertilização consiste na aplicação de tratamentos fitossanitários que visam incorporar os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta e do fruto (Gil & Velarde, 2015). Esta pode dividir-se em três etapas, nomeadamente, a fertilização aquando da instalação do pomar, a fertilização até à entrada em produção e a fertilização de produção (Simões *et al.*, 2016).

Fertilização aquando da instalação do pomar: Esta tem como finalidade a melhoria do estado de fertilidade do solo através da distribuição adequada de componentes orgânicos e minerais, como é o caso do fósforo (Miranda, 2001). Com o intuito de selecionar o melhor método de fertilização a aplicar, é fundamental a realização da análise físico-química do solo, de modo a identificar o estado de fertilidade do solo bem como, o de nutrição da cultura (Simões *et al.*, 2016). Após a instalação do pomar, o processo de fertilização encontra-se dependente de diversos fatores climáticos como a pluviosidade, a temperatura e das técnicas de cultura aplicadas ao solo e ao pomar (Miranda, 2001).

Fertilização até à entrada em produção: Por norma, no decorrer do período improdutivo, apenas é necessário a aplicação de azoto, uma vez que as quantidades dos restantes nutrientes deverão ser suficientes para colmatar as necessidades do pomar ao longo de vários anos (Simões *et al.*, 2016). Contudo, sempre que a análise do solo revele baixos teores de boro, deve proceder-se à sua aplicação após a plantação (Cavaco, 2012). Durante a vida útil do pomar, deve também ter-se em consideração as características da água de rega, dado que o conhecimento destas é essencial para evitar desequilíbrios nutricionais devidos à sua utilização (Simões *et al.*, 2016).

Fertilização de produção: A fertilização de produção deve garantir que o pomar apresenta um adequado estado de nutrição, de forma a proporcionar boas colheitas de fruta quer em quantidade quer em qualidade, e em simultâneo preservar os recursos naturais, como o solo e a água. A fertilização efetuada durante a produção pretende repor ao solo os nutrientes essenciais

que este vai perdendo através da poda, da retirada de lenha e das colheitas (Cavaco, 2012; Simões *et al.*, 2016).

3.7.4. Monda

A monda é um processo que consiste na retirada de flores e frutos da planta com a finalidade de obter uma produção frutícola com boa qualidade e maior calibre (Hoffmann *et al.*, 2003). Sendo os pessegueiros árvores de crescimento rápido, estes entram muito cedo em produção, apresentando uma floração bastante abundante. Desta forma, quando se encontram perante condições climáticas favoráveis, nas quais existem temperaturas moderadas, ausência de chuva e de geada durante o período de floração, podem originar um elevado número de frutos por ramo. Quando esta situação se verifica existe uma maior quebra dos ramos derivado do excesso de peso e os frutos apresentam um calibre mais reduzido (Simões *et al.*, 2016).

A monda visa então padronizar a qualidade dos frutos para colheita através da eliminação de frutos, de menor calibre, ou que se encontrem alterados por pragas ou doenças; manter o equilíbrio entre a vegetação e a frutificação da planta; evitar a quebra de ramos devido ao peso excessivo; melhorar a eficácia dos tratamentos utilizados contra pragas e doenças e ainda reduzir o custo associado à colheita, devido à menor quantidade de frutos a serem colhidos (Hoffmann *et al.*, 2003; Medeiros, 2005).

De acordo com Fachinello *et al.*, (2008), o processo de monda pode ser efetuado através de três métodos principais, nomeadamente, manual, mecânico ou químico.

Monda Manual: Consiste na retirada manual das flores e dos frutos que se encontram em excesso ao longo dos ramos, de forma a obter uma repartição regular dos frutos com o calibre e a qualidade desejada Este é um método de monda eficaz e seletivo, contudo, torna-se mais oneroso e moroso (Miranda, 2001; Fachinello *et al.*, 2008).

Conforme Simões *et al.*, (2016), a monda manual assenta em quatro princípios básicos, sendo eles:

- Manter sempre os frutos de maior calibre;
- Procurar uma distribuição homogénea ao longo do ramo, garantindo uma distância mínima de 10 a 12 cm entre os frutos;
- Ajustar a carga do ramo ao seu vigor, ou seja, deixar o número de frutos no ramo de acordo com a capacidade deste;

- Remover todos os frutos com defeito e frutos duplos.

Monda Mecânica: Neste tipo de monda, utilizam-se equipamentos mecânicos para a remoção de flores e de frutos das árvores. Este é considerado um método não seletivo, pelo que por vezes provoca a queda dos frutos de maiores dimensões (Simões *et al.*, 2016; Fachinello *et al.*, 2008).

Na monda mecânica, os equipamentos utilizados podem agrupar-se em equipamentos manuseados pelo operador, como o *Electro'flor* e o *Saflower Electric*, ou, em equipamentos mecânicos acoplados ao trator, nos quais se destacam o Cortina de Cordas, o *Darwin String Thinner* e o *Drum Shaker* (Simões *et al.*, 2016).

O *Electro'flor* é um equipamento alimentado por uma bateria utilizado na monda das flores. Este permite alcançar os ramos mais altos em cada planta, porém, não revela grande precisão ao nível de execução (Nicholson, 2012; Simões *et al.*, 2016). O *Saflower Electric* apresenta grande versatilidade e possibilita uma maior individualização ao longo de cada ramo (Simões *et al.*, 2016).

O equipamento Cortina de Cordas foi desenvolvido nos Estados Unidos da América (EUA) e consiste numa cortina de cordas de 3 cm de diâmetro assente numa barra fixa ou numa barra rotativa, com um agregado ao trator (Simões *et al.*, 2016). O *Darwin String Thinner* é um equipamento constituído por um eixo vertical rotativo acionado por meio de força hidráulica. Este foi desenvolvido na Alemanha, sendo mais utilizado na monda de flores (Johnson *et al.*, 2010; Simões *et al.*, 2016). O *Drum Shaker* é constituído por diversos conjuntos de hastes em *nylon* que se encontram dispostos radialmente em torno de um veio. Estes conjuntos sofrem um movimento oscilatório sobre o plano horizontal por meio de um motor hidráulico, provocando assim, uma vibração dos ramos que sacode os frutos, levando ao seu desprendimento (Simões *et al.*, 2016).

Atualmente, existe ainda a necessidade de criar um sistema de monda totalmente automatizado, que assente em algumas especificações, nomeadamente, na apresentação de um elevado nível de seletividade, na garantia de uma quantidade ótima de frutos e de uma distribuição uniforme dos mesmos ao longo de cada ramo, na redução do tempo de realização dos diversos processos, bem como, na simplicidade e na segurança de utilização. Perante as especificações referidas e de forma a colmatar as necessidades, a solução poderá passar pela implementação de um sistema com base num manipulador robótico equipado com uma garra e montado numa plataforma móvel, ou em tratores com uma condução autónoma associado a tecnologia de visão computacional (Lopes *et al.*, 2016).

Monda Química: A monda química é realizada por meio da aplicação de substâncias químicas com efeito mondante, na qual os frutos mais pequenos e fracos são removidos seletivamente. Este método sofre influência das condições climáticas, mais precisamente, da temperatura, da humidade, da luz, bem como o estado fisiológico da planta (Almeida, 2009). Contudo, a monda química não é muito utilizada em pessegueiros, uma vez que não existem ainda resultados consistentes e a quantidade de produtos químicos eficazes neste processo é reduzida (Filho *et al.*, 2000).

3.7.5. Rega

A rega tem um papel fundamental na produção agrícola, uma vez que grande parte das regiões frutícolas necessitam de água para a produção de frutas de maior calibre e elevada qualidade (Miranda, 2001; Augusti, 2003). Esta visa compensar as perdas de água das plantas, ocorridas por meio da evapotranspiração, sendo que a quantidade de água a fornecer depende de vários fatores, nomeadamente, dos meteorológicos, da cultura, do estado fenológico, do desenvolvimento radicular e das propriedades do solo (Simões *et al.*, 2016).

Sendo a água um recurso natural essencial para o desenvolvimento socioeconómico, assim como para o equilíbrio dos ecossistemas, torna-se fundamental o uso racional desta, o qual implica um gasto moderado e a manutenção da sua qualidade depois de utilizada e lançada no meio hídrico (Simões *et al.*, 2016).

Atualmente existem diversos métodos de rega, na qual se destaca o sistema de rega localizada, onde a água é aplicada nos locais de desenvolvimento das raízes das plantas. Da rega localizada fazem parte as vertentes de mini-aspersão e gota-a-gota, sendo este último o mais recorrente em pomares de pessegueiros (Gonçalves, 2010; Simões *et al.*, 2016)

No sistema de rega gota-a-gota, a água é aplicada lentamente à superfície do solo, por meio de orifícios emissores, os quais se designam por gotejadores (Gonçalves, 2010). Este sistema permite a economia de água, de energia, de mão-de-obra e ainda a melhoria de condições das plantas (Miranda, 2001).

Para o alcance de um bom desempenho dos sistemas de rega, é fulcral a sua correta instalação, no que respeita à seleção do material, à quantidade e disposição de gotejadores no terreno e ainda à qualidade da água e meios de filtração (Miranda, 2001; Simões *et al.*, 2016).

3.7.5.1. Necessidades hídricas da cultura de pessegueiros

As necessidades hídricas da cultura de pessegueiros definem-se pela quantidade de água de rega, essencial para complementar a precipitação necessária para que a cultura alcance os níveis de produção e os padrões de qualidade pretendidos, ao mesmo tempo que permite a manutenção dos sais na zona radicular (Simões *et al.*, 2016).

A quantidade de água requerida pela cultura deve ser calculada através do balanço hídrico, tendo como base a profundidade a que se encontram as raízes, o tipo de solo, as características do terreno e as condições climáticas locais. A frequência de rega deve estar em conformidade com a precipitação, a capacidade de retenção de água do solo e a evapotranspiração, de modo a evitar perdas de água em profundidade (Cavaco, 2012).

Na região da Beira Interior, o clima revela uma elevada amplitude térmica, pelo que nos meses de Verão, a zona sul da Gardunha apresenta uma temperatura de cerca 24 °C ao passo que, na Cova da Beira, o valor da temperatura média é inferior. Estas condições originam valores de evapotranspiração elevados, tornando-se assim, a rega indispensável para a obtenção de bons níveis de produção, dentro dos padrões de qualidade pretendidos (Simões *et al.*, 2016).

3.7.6. Colheita

A colheita deve ser efetuada no decorrer de uma época específica, devido à influência que este processo tem na qualidade e na conservação dos frutos, sendo que estes devem ser colhidos num estado de maturação que obedeça aos parâmetros de qualidade comercial.

De forma a determinar a época ideal de colheita é aconselhável selecionar uma amostra representativa (entre 45 a 60 frutos), na qual se efetuam testes de maturação. Para o pêssego, a determinação da data de colheita é baseada em fatores como o calibre, a dureza e o índice refratométrico.

Segundo Miranda (2001), para que o processo de colheita permita efetuar uma seleção cuidadosa, de modo a obter os frutos com melhor qualidade, é necessário ter em consideração os seguintes fatores:

- Planear a disposição das linhas de campo, de modo a permitir o acesso amplo para uma boa circulação;
- Colher os frutos diretamente para a embalagem de transporte e de venda;

- Trabalhar perante rigorosas condições de higiene, quer dos trabalhadores envolvidos de forma direta no manuseamento dos frutos, quer de todo o equipamento envolvido na preparação dos mesmos;
- Efetuar a colheita de manhã ou ao anoitecer, ou seja, quando a temperatura é mais reduzida;
- Proceder ao arrefecimento imediato dos frutos logo após a colheita.

A colheita é um procedimento bastante importante, uma vez que se encontra diretamente relacionado com a qualidade pós-colheita do fruto. Desta forma, é necessário ter em consideração alguns objetivos, entre os quais, o estado de maturação do fruto, as condições ambientais assim como, os recursos técnicos (Medeiros, 2005).

Dado que nem todos os frutos amadurecem ao mesmo tempo, a colheita deve ser efetuada em várias passagens com um intervalo de tempo compreendido entre os dois e os cinco dias, de modo a selecionar os frutos com características satisfatórias para um armazenamento adequado (Hoffmann *et al.*, 2003; Medeiros, 2005). Quando os frutos são colhidos muito cedo, ou seja, antes da data adequada para a colheita, apresentam maior dureza, acidez mais elevada e como tal, menor qualidade organolética. Por outro lado, caso a data de colheita seja mais tardia, na qual os frutos se encontrem num estado avançado de maturação, estes apresentam menor dureza, o que leva à diminuição do seu período de conservabilidade (Simões *et al.*, 2016).

3.7.7. Processamento

A qualidade máxima das frutas e das hortaliças é alcançada no momento da colheita, não podendo esta qualidade ser melhorada, apenas preservada até um determinado limite (Ferreira & Spricigo, 2011). Durante o período de pós-colheita, os vegetais perdem qualidade devido à progressão de processos metabólicos resultantes do consumo das reservas de energia, da perda de humidade, da produção de calor, da oxidação de vitaminas, entre outros (Zagory, 2000). Desta forma, a qualidade intrínseca, a textura, o sabor, o aroma e o valor nutritivo dos produtos também se altera durante o período pós-colheita (Almeida, 2005; Simões *et al.*, 2016).

Segundo Almeida (2005), o manuseamento tem de assegurar que os produtos cheguem ao consumidor com qualidade. Assim, o manuseamento pós-colheita dos produtos agrícolas depende de diversos fatores, como a especificidade do produto, o mercado a que se destina e o circuito de distribuição. Contudo, podem considerar-se alguns objetivos transversais a todas as cadeias de manuseamento pós-colheita de produtos hortofrutícolas, as quais devem ser concebidas,

dimensionadas e executadas de forma a evitar perdas excessivas e a garantir a qualidade e a segurança dos produtos (Almeida, 2005).

Conforme Almeida (2005), os sistemas de manuseamento pós-colheita devem satisfazer requisitos como:

- Evitar danos mecânicos como cortes, abrasões e deformações que desvalorizam o aspeto dos produtos hortofrutícolas e induzem a um conjunto de respostas fisiológicas que aceleram a senescência;
- Minimizar as perdas de água, uma vez que esta tem um enorme impacto quantitativo e qualitativo nos produtos hortofrutícolas;
- Minimizar a atividade metabólica dos produtos, tendo em conta os diversos fatores biológicos envolvidos na deterioração, nomeadamente, a respiração, a produção de etileno, as alterações na composição, o crescimento e desenvolvimento indesejáveis, a ocorrência de danos fisiológicos, a resposta metabólica e a patologia pós-colheita.
- Evitar contaminações e minimizar a atividade microbiana e ainda garantir a segurança alimentar.

De modo a satisfazer os requisitos supramencionados e a preparar os produtos hortofrutícolas para o mercado, mantendo a sua qualidade entre a colheita e o consumo é fundamental a aplicação de um conjunto de operações e de tecnologias para o correto processamento pós-colheita do pêssego, as quais se encontram expostas em seguida (Almeida, 2005).

3.7.7.1. Arrefecimento

Para garantir a qualidade pós-colheita e assegurar a máxima longevidade possível dos produtos hortofrutícolas, deve proceder-se a uma rápida diminuição da temperatura até atingir a temperatura mínima de segurança logo após a colheita (Almeida, 2005; Lurie & Crisosto, 2005). A diminuição da temperatura permite reduzir a perda de nutrientes, as mudanças de coloração e de aspeto a que os produtos hortofrutícolas estão sujeitos à temperatura ambiente, a atenuação dos processos de maturação, bem como a preservação da qualidade dos produtos. A aplicação de baixas temperaturas nos produtos hortofrutícolas permite ainda limitar o desenvolvimento de microrganismos, atrasar as degradações do produto introduzidas pelas reações bioquímicas ou biológicas e limitar as perdas de água devido ao fenómeno de transpiração (López & Rodriguez, 2000).

O processo de arrefecimento pode ser efetuado na câmara de conservação (arrefecimento em câmara), sendo mais vantajoso a realização de uma operação separada denominada por arrefecimento rápido ou pré-arrefecimento (*pre cooling*) (Almeida, 2005).

Segundo Almeida (2005), o método de arrefecimento difere do armazenamento frigorífico devido a vários fatores, nomeadamente:

Capacidade frigorífica: O arrefecimento de um produto necessita de uma maior capacidade frigorífica, sendo que o arrefecimento rápido requer mais potência do que um arrefecimento lento.

Circulação de ar ou água: O processo de arrefecimento pode ser acelerado através do aumento da velocidade de circulação do fluido de arrefecimento e o contato entre este e o produto que se pretende arrefecer.

Equipamentos especiais: As câmaras frigoríficas de conservação não dispõem da capacidade frigorífica nem da circulação de ar essencial para o rápido arrefecimento dos produtos. De forma a aumentar a velocidade e eficácia do processo de arrefecimento, foram desenvolvidos os seguintes mecanismo de arrefecimento rápido:

Arrefecimento em câmara (*room cooling*): Consiste na colocação dos produtos hortofrutícolas em câmaras frigoríficas convencionais com distribuição uniforme do ar (Silva, 2008). Este é considerado o método de arrefecimento mais simples, porém o mais lento, uma vez que a velocidade do ar é reduzida (Almeida, 2005).

Arrefecimento por ar forçado (*forced air cooling*): Compreende a passagem direta de ar frio através dos contentores que contêm os produtos (Almeida, 2005). O arrefecimento é rápido e muito versátil, compatível com uma grande variedade de produtos hortofrutícolas, tendo apenas o inconveniente de favorecer a perda de água (Pinto & Morais, 2000; Mourão, 2007).

Arrefecimento por água ou hidroarrefecimento (*hydrocooling*): Neste método de arrefecimento, a refrigeração do produto é efetuada através da imersão deste em água ou da aspersão da água sobre o produto. Este é considerado mais eficiente, uma vez que não desidrata o produto e permite um arrefecimento mais rápido, uma vez que o calor específico da água é superior ao do ar, e como tal um determinado volume de água tem a capacidade de remover mais calor do que o mesmo volume de ar à mesma temperatura (Pinto & Morais, 2000; Almeida, 2005; Mourão, 2007).

Arrefecimento por vácuo (*vacuum cooling*): Considerado o método mais rápido e eficiente, este baseia-se no princípio da evaporação, no qual o produto é colocado numa câmara hermética e o ar é evacuado, baixando assim, a pressão e o ponto de ebulição da água, o que por sua vez,

provoca a evaporação da água que se encontra à superfície do produto (Pinto & Morais, 2000; Almeida, 2005).

Arrefecimento por gelo (*ice cooling*): Consiste na refrigeração do produto através da adição de gelo na embalagem, a qual deve ser tolerante à água, apresentando furos para drenagem da mesma. Este método é eficaz na remoção do calor, conferindo aos produtos um aspeto fresco, contribuindo para a manutenção da humidade relativa e redução das perdas de água (Pinto & Morais, 2000; Almeida, 2005).

Para seleccionar qual o método de arrefecimento a utilizar é fundamental ter em consideração vários fatores, sendo eles, as características do produto, a compatibilidade com mistura de produtos, a disponibilidade de instalações e equipamento, os custos de investimento, assim como o tipo de embalagem e a proximidade do mercado (Almeida, 2005).

3.7.8. Armazenamento

Após o processo de arrefecimento, os produtos hortofrutícolas devem ser mantidos perante condições de refrigeração adequadas, quer no transporte quer no armazenamento (Mourão, 2007). O armazenamento está presente praticamente em todas as cadeias de abastecimento de produtos hortofrutícolas. Este permite manter o equilíbrio entre os volumes colhidos e os volumes vendidos, prolongar o período de comercialização, adiar a venda para obter preços superiores e reduzir a frequência de compra pelo consumidor (Almeida, 2005).

Os produtos hortofrutícolas podem ser armazenados durante um período variável, podendo este ser de algumas horas ou de vários meses, dependendo do produto, das condições de armazenamento, do circuito de comercialização e das oportunidades de mercado (Almeida, 2005).

De acordo com Almeida (2005), distinguem-se três tipos de armazenamento, nomeadamente:

Armazenamento de muito curto prazo: varia de horas a dias. Neste o armazenamento é realizado em câmaras com elevada rotatividade, nas quais existe a abertura frequente de portas e conseqüente dificuldade em manter a temperatura adequada.

Armazenamento de curta duração: dias a semanas.

Armazenamento prolongado: vários meses. Neste tipo de armazenamento, é possível proceder à estabilização da temperatura dentro dos níveis adequados.

As condições de conservação pós-colheita dependem de vários fatores nomeadamente, da qualidade do produto, da temperatura, da humidade relativa, da circulação do ar e por vezes, da composição da atmosfera, podendo esta ser controlada ou modificada (Hardenburg *et al.*, 1986; Pinto & Morais, 2000; Gross *et al.*, 2004; Almeida, 2005).

Temperatura: A temperatura é considerada o fator mais determinante na conservação dos produtos hortofrutícolas. Após o arrefecimento, estes devem ser armazenados à temperatura adequada, a qual deve ser garantida pelas câmaras frigoríficas (Pinto & Morais, 2000; Almeida, 2005).

No caso dos pêssegos, estes poderão ser mantidos alguns dias a uma temperatura de 4 °C, quando se encontram maduros, sem que ocorra perda de qualidade. Por outro lado, frutos menos maduros podem ser armazenados a 0 °C durante aproximadamente 2 a 3 semanas. Quando o período de armazenamento adequado é excedido podem surgir nos frutos danos internos resultantes do frio (Pinto & Morais, 2000; Miranda, 2001; Simões *et al.*, 2016).

Tendo em conta a temperatura ótima de armazenamento, podem considerar-se dois tipos de produtos hortofrutícolas, os não sensíveis e os sensíveis a lesões provocadas pelo frio (Mourão, 2007). Alguns produtos hortofrutícolas, especialmente os de origem tropical e sub-tropical, têm tendência a desenvolver danos causados pelo frio quando são expostos a baixas temperaturas durante um determinado período de tempo (Pinto & Morais, 2000; Silva, 2008). No caso específico do pêssego, o dano por frio ocorre numa gama de temperatura compreendida entre 2,2 e 7,8 °C (Hoffmann *et al.*, 2003).

Outro acidente fisiológico relacionado com as baixas temperaturas, é o dano causado pelo gelo, no qual os produtos hortofrutícolas se encontram expostos a temperaturas abaixo do ponto de congelação apropriado, originando a formação de cristais de gelo que provocam a desidratação dos tecidos (Mourão, 2007).

Humidade Relativa (HR) do ar: A HR do ar, tal como a temperatura, constitui um fator determinante para a manutenção da qualidade durante o armazenamento, devido ao efeito que tem na perda de água, bem como no desenvolvimento de doenças e acidentes fisiológicos (Almeida, 2005).

A humidade relativa corresponde à concentração de vapor de água no ar. O ar totalmente seco tem uma HR de 0% e o ar completamente saturado tem uma HR de 100%. Para a grande parte dos produtos hortofrutícolas, a HR do ar ideal para a sua conservação encontra-se compreendida entre os 90 e 95%. Quando a HR se encontra abaixo destes valores, podem surgir perdas de água e, por outro lado, quando os valores de HR se encontram próximos do ponto de saturação (98 a

100%), podem levar ao desenvolvimento de microrganismos causadores de doenças (Pinto & Morais, 2000).

Composição da atmosfera: A alteração da concentração de determinados gases presentes na atmosfera, como a redução de oxigênio e o aumento de dióxido de carbono, podem ter efeitos benéficos na qualidade pós-colheita dos produtos hortofrutícolas (Almeida, 2005; Mourão, 2007). O etileno é outro gás que desempenha um papel importante, podendo ser o seu efeito desejável ou indesejável, consoante o produto. O etileno pode ser utilizado para proporcionar um amadurecimento mais rápido e uniforme dos produtos hortofrutícolas. Contudo, não devem ser armazenados produtos hortofrutícolas que produzam etileno juntamente com outros que sejam sensíveis a este gás (Pinto & Morais, 2000; Mourão, 2007).

Armazenamento frigorífico: Este tipo de refrigeração utiliza um fluido refrigerante bombeado por meio de um circuito por compressor. O fluido é responsável pela absorção do calor de uma câmara, através do evaporador, transferindo o calor para o exterior desta, através do condensador (Almeida, 2005).

Atmosfera Controlada (AC): O armazenamento em atmosfera controlada baseia-se na alteração da concentração de gases da atmosfera natural. Nesta, aumenta-se a concentração de CO₂ e diminui-se a concentração de oxigênio (O₂), podendo ainda proceder-se à eliminação do etileno produzido naturalmente pelos produtos hortofrutícolas (Girardi, 2004).

Atmosfera modificada (AM): Na atmosfera modificada, os produtos hortofrutícolas são colocados em recipientes, contentores ou câmaras com determinada permeabilidade aos gases (Almeida, 2005). Neste ocorre a substituição do ar por uma mistura de gases como o O₂, o CO₂ e o N₂, permitindo o aumento da validade comercial dos produtos hortofrutícolas. A modificação da atmosfera resulta da interação de três processos, sendo eles, a respiração dos produtos, a difusão do gás através destes, bem como a sua permeabilidade aos diversos gases (Mantilla *et al.*, 2010).

De acordo com Girardi (2004) e Almeida (2005), o recurso a métodos de conservação em atmosfera controlada e modificada pode ter os seguintes efeitos benéficos:

- Retardar o amadurecimento e as alterações fisiológicas inerentes, como a respiração e a produção de etileno;
- Reduzir a ocorrência de acidentes fisiológicos, como por exemplo, os danos causados pelo frio;
- Aumento da validade comercial dos produtos hortofrutícolas.

Porém, estes métodos de conservação apresentam algumas desvantagens, sendo elas:

- Ocorrência de distúrbios fisiológicos resultantes das alterações de CO₂ e O₂;
- Amadurecimento irregular de frutos;
- Redução da capacidade de produção de aroma devido aos longos períodos de armazenamento (Girardi, 2004; Almeida, 2005).

3.7.9. Transporte

O transporte de produtos hortofrutícolas pode ser realizado por via terrestre (rodoviário ou ferroviário), marítima ou aérea. Neste, é necessário ter em consideração alguns fatores para que a qualidade dos produtos seja mantida (Almeida, 2005; Medeiros, 2005).

Durante o transporte, a temperatura de conservação deve ser adequada de modo a prolongar a vida útil dos produtos, reduzindo o metabolismo e o processo de deterioração (Medeiros, 2005). Esta depende da temperatura inicial, da capacidade de refrigeração, das condições de funcionamento do equipamento de refrigeração e da distribuição da velocidade do ar (Almeida, 2005). É ainda fundamental evitar ou minimizar os danos mecânicos e controlar a composição da atmosfera (Medeiros, 2005).

4. Materiais e Métodos

4.1. Introdução

Neste capítulo serão abordadas as questões metodológicas essenciais para a AECV, nomeadamente a escolha da unidade funcional, a seleção das fronteiras e limites do sistema, a definição do inventário do ciclo de vida, assim como os cálculos desenvolvidos para a análise do consumo energético e das emissões. Por fim, serão analisados diferentes cenários com o propósito de identificar possíveis alternativas de melhoria quer ambiental quer energética.

4.2. Caracterização da Exploração Frutícola

A presente dissertação tem por base o processo desenvolvido pela Sociedade Agrícola Quinta dos Lamaçais, situada na região da Cova da Beira. Criada em 1982 pela união de alguns produtores da região é constituída por uma organização de produtores, capaz de produzir fruta de qualidade. Trata-se hoje de uma das mais significativas organizações de produtores da região que procede à comercialização de pêssego. Esta sociedade consta na lista de clientes com algumas das grandes superfícies e cadeias alimentares do país, bem como de empresas internacionais. Em termos de exportação a Sociedade Agrícola Quinta de Lamaçais já trabalha com países como Espanha, França, Suíça, Luxemburgo e Cabo Verde.

A Sociedade Agrícola Quinta de Lamaçais encontra-se direcionada para o cultivo e comercialização de produtos frutícolas: cereja, maçã, pêra, ameixa e frutos silvestres e uma parte muito significativa de pêssego que tem estado a crescer já que, nos últimos anos, alguns dos produtores associados converteram os pomares de maçã para o pêssego. Esta possui uma área total de 280 hectares, dos quais 155 hectares são para a produção de pêssego, 89 hectares para a produção de maçã e os restantes 36 hectares para a produção de pêra, ocupando os restantes áreas residuais.

A empresa dispõe de uma capacidade de armazenamento simultâneo de mais de 2100 toneladas, distribuída por sete câmaras frigoríficas de atmosfera controlada com capacidade para 1 750 toneladas, de três câmaras frigoríficas convencionais, às quais se junta o sistema de “*hidrocooling*”, os calibradores e toda a maquinaria diversa. (Quinta dos Lamaçais, 2015).

4.3. Definição da metodologia

4.3.1. Unidade Funcional

A UF, é definida como sendo uma medida de desempenho entregue por um sistema, que na prática corresponde a uma quantidade equivalente de um produto, serviço ou processo de uma função (Krozer & Vis, 1998).

A UF permite quantificar os resultados de produção do pomar, de forma a efetuar uma comparação entre os diferentes sistemas de produção. Nos produtos frutícolas, a seleção de uma UF útil torna-se mais complexa, uma vez que estes podem ser agrupados em diversas categorias de acordo com a sua qualidade, nutrientes e valores económicos (Cerutti *et al.*, 2014).

A seleção dos limites do sistema, a definição da UF e os procedimentos desempenham um papel fundamental na ACV dos produtos alimentares. Nos produtos hortofrutícolas, a UF é utilizada com base na massa, podendo atualmente ser expressa através do equilíbrio de energia ou conteúdo de proteína e do valor nutritivo (Schau & Fet, 2008; Martínez Blanco *et al.*, 2011).

De acordo com Cerutti *et al.* (2014), a unidade funcional pode ser classificada em:

Unidade Funcional com base na massa: Quando se utiliza uma UF com base na massa, podem surgir alguns obstáculos na forma como é contabilizada a qualidade dos frutos, uma vez que o mesmo pomar pode produzir frutos com qualidade variada (tamanho, cor, firmeza ou teor de açúcar) destinada a diferentes mercados (Milà i Canals *et al.*, 2006). Embora as propriedades físicas e químicas das frutas não sejam suficientes para definir a qualidade, a unidade funcional pode ser definida de modo a incluir as propriedades do produto exigidas pelo segmento do mercado (Peacock *et al.*, 2011).

No que concerne aos impactos ambientais, estes encontram-se relacionados com uma quantidade específica de produtos produzidos e estão geralmente relacionados com a produção de uma tonelada de fruta se o limite do sistema se basear na entrada, ou com a produção de 1 kg de fruta se for utilizado o método *cradle-to-table* (nascimento até à mesa) (Cerutti *et al.*, 2014).

Unidade Funcional com base no uso do solo: O uso do solo indica a área necessária para a produção de uma UF expressa em metro quadrado por UF (Cerutti *et al.*, 2014). Esta torna-se também, um indicador importante na avaliação da sustentabilidade da produção assim como o controlo da área agrícola (Nemecek *et al.*, 2011; Cerutti *et al.*, 2014).

A utilização de uma UF com base no uso do solo na produção de frutas pode ser complementada com a UF baseada na massa, pois fornece dois resultados distintos. Quer a UF com base no solo, quer a UF baseada na massa estão dependentes da perspetiva abordada pelo estudo específico, sendo que a primeira é utilizada na orientação do terreno enquanto que a segunda é mais usada para a orientação na produção agrícola (Hayashi, 2013).

De acordo com Cerutti *et al.* (2014), comparando diferentes unidades funcionais para o mesmo sistema de produção frutícola, podem obter-se situações distintas, em especial em culturas que apresentem um rendimento superior, no qual se verifica um desempenho ambiental significativamente melhor utilizando uma UF com base na massa. Por outro lado, em culturas frutícolas que disponham de um menor rendimento é mais vantajoso o recurso a uma UF com base no uso do solo.

Um outro aspeto a ter em consideração no estudo da UF para a produção frutícola é a questão dos resíduos alimentares. Dado que a maior parte das frutas perece rapidamente, torna-se necessária a quantificação do produto perdido na cadeia de fornecimento de forma a avaliar o impacto ambiental (Ingwersen, 2010). Os impactos ambientais encontram-se relacionados com a gestão de 1 hectare de pomar (Cerutti *et al.*, 2014).

No presente caso de estudo recorre-se a uma unidade funcional com base no solo durante o processo produtivo do pêsego, uma vez que o consumo energético é idêntico quer seja em alta ou baixa produção. Tal situação deve-se ao facto das operações realizadas no pomar não se encontrarem dependentes da produção. Deste modo, e tendo a Quinta dos Lamaçais uma baixa produção torna-se mais vantajosa a utilização de uma UF baseada no solo. Já no período pós-colheita, é fundamental o recurso a uma UF com base na massa, dado que o consumo energético está dependente da quantidade de fruto processado.

4.3.2. Fronteiras e limites do sistema

Para a realização do presente estudo, foram considerados os impactos ambientais associados a um ano de produção de pêsego da Beira Interior. Um estudo completo requereria o acompanhamento e a recolha de dados ao longo de todo o ciclo de vida do pessegueiro, ou seja, desde a plantação até à fase de destruição do pomar, o que representaria a obtenção de um histórico de aproximadamente 15 anos (Ingrao *et al.*, 2015).

A avaliação do impacto ambiental na produção de pêsego foi efetuada apenas na vertente energética, na qual se consideraram os consumos energéticos e os combustíveis fósseis utilizados nas fronteiras definidas na ACV. Para tal, foram obtidos os dados experimentais em cada uma das operações realizadas no pomar, contabilizando uma área específica, o tempo que o trator levou a percorrer uma quantidade de área, a quantidade de máquinas utilizadas em

cada operação assim como o número de operações concretizadas num ano de produção. A medição da área em estudo foi efetuada tendo em conta o compasso do pomar (3 m x 5 m), o número de árvores por fila e ainda o número de filas em que ocorreram as operações inerentes ao processo produtivo.

A recolha de dados do inventário foi efetuada na Sociedade Agrícola Quinta dos Lamaçais, na época de 2015/2016, na qual se procedeu a uma pesquisa de campo no decorrer das operações realizadas e ainda à recolha de dados referentes a anos anteriores associados ao total de operações efetuadas no pomar e à média de produção por hectare.

4.3.3. Análise de Inventário

A análise do consumo energético baseia-se nas operações realizadas no período de cultivo assim como no período pós-colheita. Durante o período de cultivo são consideradas diversas fases nomeadamente, a poda, a manutenção do solo, a pulverização (aplicação de produtos fitofarmacêuticos), a rega, a aplicação de herbicida e a colheita, tal como se verifica na Figura 5. As operações de pós-colheita englobam o armazenamento, o processamento, o embalamento e o transporte.

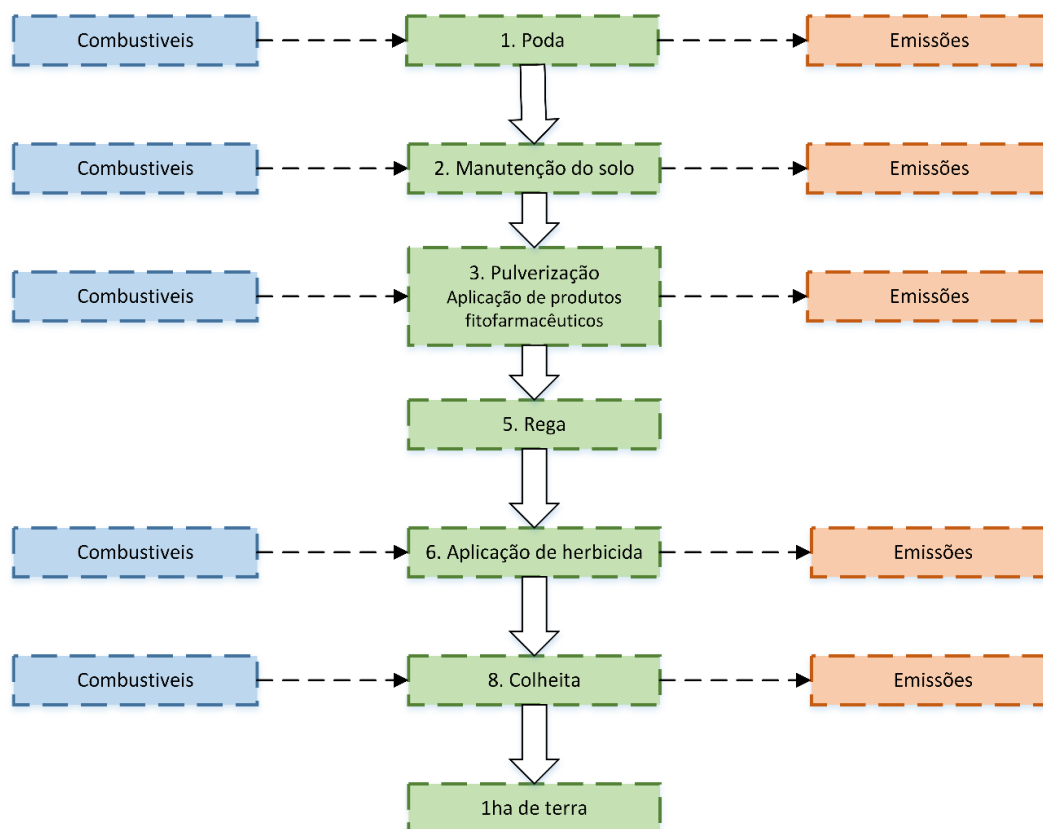


Figura 5 - Limites do sistema associados ao período de cultivo do pêsegueo.

4.3.3.1. Poda

Na Quinta dos Lamaçais, a poda é efetuada manualmente com recurso a tesouras pneumáticas associadas a um compressor acoplado ao trator. Normalmente, este equipamento apresenta saída para 10 tesouras pneumáticas que são posteriormente divididas pelas filas de pessegueiros, de forma a que cada trabalhador tenha acesso a uma tesoura. O trator necessita de estar em constante funcionamento para que o compressor que se encontra ligado à sua tomada de força, produza a quantidade de ar comprimido indispensável para o funcionamento das tesouras de poda pneumáticas.

Os resíduos resultantes do processo da poda foram eliminados do pomar aquando da realização da primeira fase de enrelvamento, através da utilização da mesma alfaia utilizada no corte de erva.



Figura 6 - Execução da operação da poda (Farmhouse Fruit, 2016).

Conforme indicado na Tabela 4, a execução da poda apresenta uma duração de cerca de 466 minutos por hectare, devido ao fato de se realizar com 10 pessoas em simultâneo.

Tabela 4. Valores correspondentes ao processo de poda (Quinta dos Lamaçais).

Poda	1ª Operação	2ª Operação	Média
Data [M/A]	22/01/2016	27/01/2016	2016
Área tratada [ha]	0,46	0,41	0,44
Duração [min]	220	190	205
Tempo por hectare [min·ha ⁻¹]	478	463	466

4.3.3.2. Manutenção do Solo

O processo de manutenção do solo foi efetuado através de uma alfaia de corte acoplada ao trator, a partir do qual se realizou o corte de erva. Na Quinta dos Lamaçais é utilizada a técnica de enrelvamento como forma de manutenção do solo, para que através da realização de cortes sucessivos da vegetação, esta fique com uma altura de aproximadamente de 2 cm, de forma a facilitar a passagem de máquinas e operadores. Este processo foi efetuado com recurso a um trator de 60 cv com um destroçador acoplado conforme exposto na Figura 7. No que diz respeito ao número de operações de enrelvamento necessárias, estas variam consoante o crescimento da vegetação que se encontra relacionado com a pluviosidade ocorrida durante a primavera.



Figura 7 - Aplicação da técnica enrelvamento (Quinta dos Lamaçais).

A recolha de dados experimentais da técnica de enrelvamento baseou-se em duas operações distintas efetuadas no pomar, para as quais se calcularam os tempos médios por hectare, tal como observado na Tabela 5.

Tabela 5. Valores associados ao processo de manutenção do solo por enrelvamento (Quinta dos Lamaçais).

Enrelvamento	1ª Operação	2ª Operação	Média
Data [D/M/A]	24/05/2016	22/06/2016	2016
Área tratada [ha]	0,4	1,5	1,0
Duração [min]	75	300	188
Tempo por hectare [min·ha ⁻¹]	188	200	188

4.3.3.3. Aplicação de produtos fitofarmacêuticos

A aplicação de produtos fitofarmacêuticos consiste na prevenção do pomar contra doenças e na fertilização com nutrientes necessários para o desenvolvimento de fruto. O número de tratamentos aplicados no pomar num ano produtivo varia em função das condições meteorológicas durante o período de abrolhamento e de floração da árvore.

De acordo com a Sociedade Agrícola Quinta dos Lamaçais, em cada de ano de produção são efetuadas em média 8 aplicações de tratamentos fitossanitários. Tendo em conta a área a tratar são efetuados cálculos para determinar a quantidade de químicos necessários, os quais são adicionados ao reservatório do pulverizador. Este apresenta uma capacidade de 2000 litros e possui 6 bicos pulverizadores que se encontram acoplados a um trator com uma potência de 60 cv (Figura 8).



Figura 8 - Aplicação de produtos fitofarmacêuticos (Quinta dos Lamaçais).

Para a análise da etapa de aplicação de tratamentos fitossanitários foram realizadas três visitas à Quinta dos Lamaçais. Com os dados obtidos em cada visita foi possível calcular o tempo por hectare, bem como a média das três operações efetuadas, tal como se pode verificar na Tabela 6.

Tabela 6. Dados referentes à aplicação de tratamentos fitossanitários (Quinta dos Lamaçais).

Aplicação de tratamentos fitossanitários	1ª Operação	2ª Operação	3ª Operação	Média
Data [D/M/A]	25/03/2016	22/04/2016	27/05/2016	2016
Área tratada [ha]	1,2	2,04	7,94	3,73
Duração [min]	36	49	190	92
Tempo por hectare [min·ha ⁻¹]	30	24	24	25

4.3.3.4. Aplicação de herbicida

Na Quinta dos Lamaçais, a aplicação de herbicida é uma técnica efetuada em cada linha do pomar, com uma distância de 50 cm para ambos os lados do tronco do pessegueiro, ficando o restante espaço da entre linha a cargo da técnica de enrelvamento. A aplicação de herbicida foi realizada com recurso a um pulverizador de 2000 litros acoplado a um trator com potência de 60 cv. Este apresentava uma barra de aplicação na parte frontal, a qual é ajustada pelo operador consoante a largura de linha (Figura 9).

Os herbicidas são por norma aplicados através de pulverizadores de barra, nos quais se podem utilizar diferentes bicos e proteções (campânulas), de modo a minimizar o contato do herbicida com as árvores.



Figura 9 - Aplicação de herbicida (Quinta dos Lamaçais).

Para a obtenção dos dados foi acompanhada apenas uma aplicação de herbicida, a partir da qual foi possível obter a média de tempo por hectare, tal como se pode verificar na Tabela 7.

Tabela 7. Dados referentes à aplicação de herbicida (Quinta dos Lamaçais).

Aplicação de Herbicida	1ª Operação	Média
Data [D/M/A]	28/04/2016	2016
Área tratada [ha]	1,4	1,4
Duração [min]	68	68
Tempo por hectare [$\text{min}\cdot\text{ha}^{-1}$]	48	48

4.3.3.5. Colheita

No processo de colheita da Quinta dos Lamaçais, o pêsego é colocado em caixas de plástico com uma capacidade de aproximadamente 13 kg, que quando cheias são recolhidas pelo trator que passa entre as filas, e transportadas até à carrinha que as levará até ao armazém onde o pêsego será refrigerado, processado e embalado.

O trator transporta as caixas de pêsego numa caixa de carga (Figura 10) com a capacidade de 30 caixas de 450 kg, correspondente a 1 palote de pêsegos. Assim, quando a carrinha contém 2 palotes é de imediato conduzida para o armazém para que o pêsego não se encontre exposto à radiação solar e a temperaturas elevadas, o que poderá levar à perda de qualidade.



Figura 10 - Processo de colheita (Quinta dos Lamaçais).

Para o cálculo do consumo de combustível, procedeu-se ao acompanhamento de duas operações de colheita distintas, nas quais foram efetuadas as medições de área e a contabilização do tempo em que o trator demorou a recolher as 30 caixas (Tabela 8).

Tabela 8. Dados referentes ao processo de colheita (Quinta dos Lamaçais).

Colheita	1ª Operação	2ª Operação	Média
Data [D/M/A]	04/07/2016	07/07/2016	2016
Área tratada [ha]	0,8	0,8	0,8
Duração [min]	43	38	41
Número de caixas	43	21	32
Tempo por hectare [min·ha ⁻¹]	54	48	51

4.3.4. Avaliação do Consumo Energético

O consumo energético é obtido a partir do cálculo da quantidade de combustível gasto na exploração de cada operação executada por hectare. De acordo com Ghatrehmani *et al.* (2016), o fator de energia equivalente em litros de combustível é expresso em Mega Joule (MJ), tal como indica a Equação 1.

$$E [MJ ha^{-1}] = 56,31 \times C [l] \quad (1)$$

Onde,

E = Energia consumida em cada operação do processo produtivo (MJ·ha⁻¹)

C = Combustível consumido em cada operação (l)

No cálculo do consumo de combustível das operações do pomar, considerou-se a potência do trator de 60 cv e uma densidade de 0,844 l·kg⁻¹. Segundo Freitas (2004), a relação linear entre o consumo de gásóleo expresso em litros por hora e a potência da máquina expressa em cv é designada pela Equação 2.

$$C_{ijk} = 0,1 \times P_{ik} \quad (2)$$

Onde,

C_{ijk} = Consumo combustível j na execução da operação i com máquina k (l·h⁻¹)

P = Potência da máquina k usada na operação i (cv)

A Tabela 9 apresenta o consumo de energia por aplicação e anualmente nas diferentes operações do processo produtivo.

Tabela 9. Consumo de energia em cada operação executada no pomar, no decorrer do processo produtivo (Quinta dos Lamaçais).

Operações Agrícolas	Consumo de combustível em cada aplicação por hectare [l ha ⁻¹]	Consumo de combustível por operação por hectare [l ha ⁻¹]	Energia Consumida por aplicação [MJ ha ⁻¹]	Energia Total Consumida anualmente [MJ ha ⁻¹]
Poda	46,6	46,6	2 624	2 624
Aplicação de tratamentos fitofarmacêuticos	2,5	20	141	1 126
Enrelvamento	18,8	56,4	1 059	3 176
Aplicação de herbicida	4,8	10	270	541
Colheita	5,1	15,3	287	862

4.3.5. Cálculo de Emissões

Os gases resultantes da queima de combustíveis das máquinas podem dividir-se em dois grupos, nomeadamente em gases não prejudiciais para a saúde, como o oxigénio (O₂), o dióxido de carbono (CO₂), a água (H₂O) e o azoto (N₂); e em gases prejudiciais para a saúde e para o ecossistema, nos quais se destacam o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os óxidos de nitrogénio (NO_x) e os óxidos de enxofre (SO_x). Existem ainda gases que não se encontram regulamentados como os aldeídos, a amónia, o benzeno, os cianetos, o tolueno e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) (Bourote *et al.*, 2005).

Na ACV, as emissões de gases consideradas na queima de combustíveis fósseis, como o diesel, são mais precisamente, o CO₂, o N₂O, os NO_x, o NMVOC, o CH₄ e o CO. Os valores referentes a estas emissões encontram-se indicados na Tabela 10.

Tabela 10. Emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis durante o processo produtivo, considerando uma UF de 1 ha de pomar (Quinta dos Lamaçais).

Fluxos	Unidade	Processo Produtivo
Entradas		
Gasóleo	kg	175,240
Saídas para o ambiente		
CO ₂	kg	541,73
CH ₄	g	52,57
N ₂ O	g	227,81
CO	g	3627,47
NMVOC	g	1472,02
NO _x	g	9971,16
SO _x	g	1051,44

A Tabela 10 indica os valores correspondentes às emissões de gases resultantes da queima de combustíveis fósseis, no pomar da Quinta dos Lamaçais, local onde foi efetuada a recolha de dados experimentais. Os cálculos para a obtenção das respetivas emissões tiveram como base as fórmulas de cálculo (Equação 3) e os fatores de emissão da Agência Portuguesa do Ambiente, em consonância com o IPCC e o EMEP/EEA (Pereira *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2015).

$$E_{poluente} = \sum_{tipo\ de\ combustivel} FC_{tipo\ de\ combustivel} \times EF_{poluente} \quad (3)$$

Onde,

$E_{poluente}$ = Emissões específicas para cada poluente (g)

$FC_{tipo\ de\ combustivel}$ = Consumo de combustível de acordo com o combustível utilizado e a categoria (kg)

$EF_{poluente}$ = Fator de emissão do poluente para o tipo de combustível ($g \cdot kg^{-1}$)

Conforme o IPCC e o EMEP/EEA, os cálculos das emissões encontram-se divididos em três camadas denominadas de *Tiers*, sendo o *Tier 1*, o método mais básico; o *Tier 2*, o método intermédio e por último o *Tier 3*, o método mais complexo e com maior necessidade de recolha de dados. Em países onde não se encontra determinado um fator de emissão específico é recomendando o método *Tier 1*, o qual utiliza os dados padronizados que são facultados pelo IPCC. Os métodos *Tier 2* e *Tier 3* são indicados para situações mais específicas, onde existe a possibilidade de os fatores de emissão serem distintos de acordo com o país ou região (Pereira *et al.*, 2015).

No que concerne aos cálculos dos impactos ambientais, como as alterações climáticas, a acidificação terrestre e a formação de oxidantes fotoquímicos, estes tiveram como referência os fatores de conversão presentes no método ReCiPe (Goedkoop *et al.*, 2014).

4.3.6. Processo de Pós-Colheita

Na Figura 10 é representado o esquema das etapas de pós-colheita de pêssigo efetuadas na Quinta dos Lamaçais, nas quais se destacam, o processamento, o armazenamento e o embalamento.

Na Quinta dos Lamaçais, após a colheita, o pêsego, este é transportado em carrinhas até ao armazém, local onde ocorre o armazenamento, o processamento e o embalamento. Posteriormente, é colocado em câmaras de refrigeração, ficando aí até ser transportado para o retalhista.

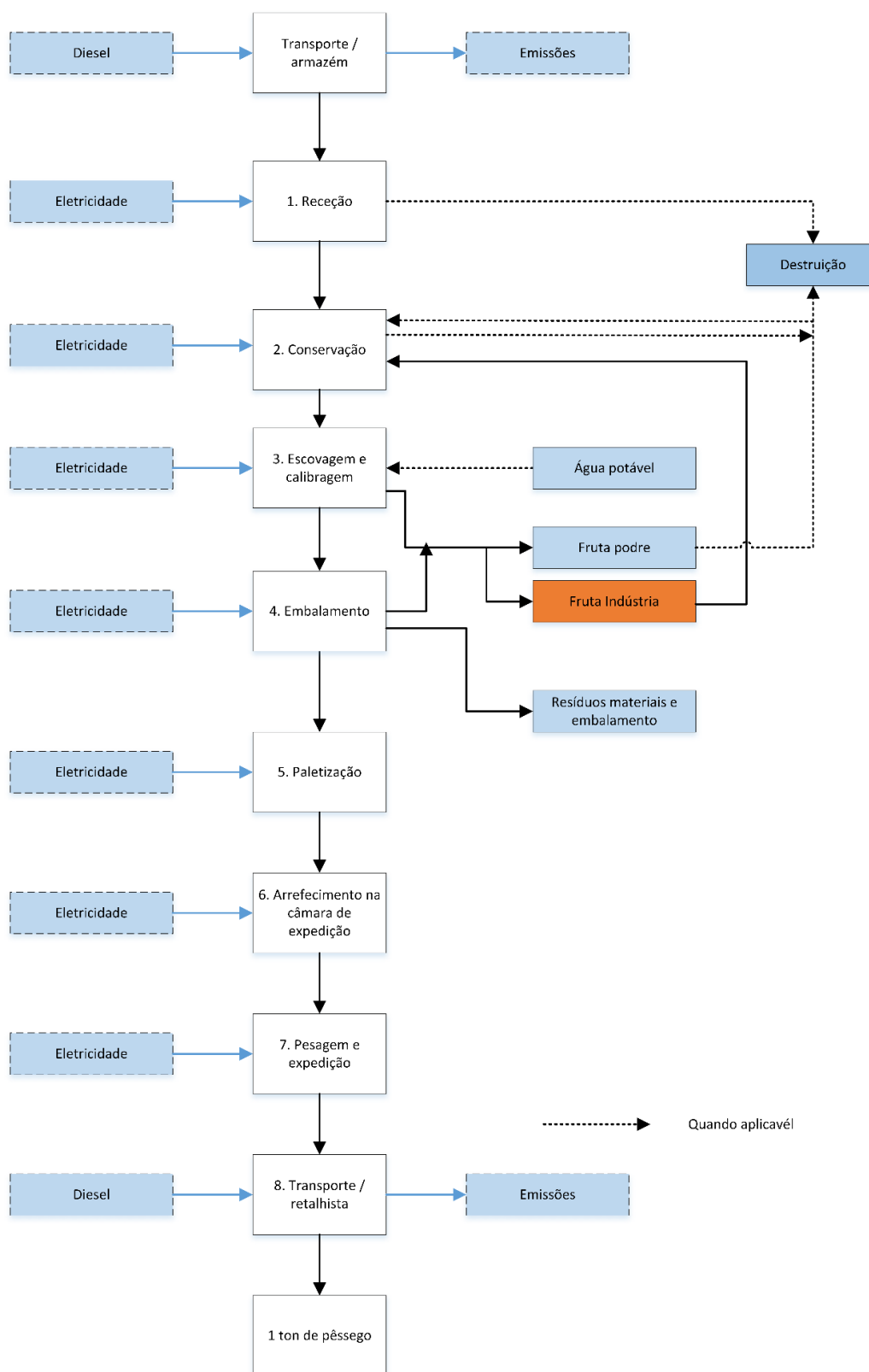


Figura 11 - Etapas de pós-colheita de pêsego (Quinta dos Lamaçais).

4.3.6.1.1. Processamento

O pêssigo proveniente dos pomares chega ao armazém em palotes com uma capacidade de 450 kg (ver Figura 12) ou em caixas de 15 kg (ver Figura 13), sendo transportado para câmaras de refrigeração, onde é armazenado até ao embalamento.



Figura 12 - Palotes de transporte de pêssigo, com capacidade de 450 kg (Quinta dos Lamaçais).



Figura 13 - Caixas de transporte de pêssigo, com capacidade de 15 kg (Quinta dos Lamaçais).

No processamento, os palotes ou caixas são depositadas na linha de processamento, seguindo várias etapas até ao embalamento. A primeira etapa consiste na viragem dos palotes ou caixas para o tapete de transporte (Figura 14a), seguida da segunda etapa que corresponde à escovagem e à lavagem do pêssigo com escovas rotativas de *nylon* para a remoção de resíduos (Figura 14b). Na terceira etapa, o pêssigo passa por uma calibradora com diversos sensores que seleccionam o fruto consoante o calibre, o peso, a qualidade e os defeitos externos (Figura 14c), sendo enviado até à respetiva linha de embalamento (Figura 14d). A quarta e última etapa corresponde ao embalamento, no qual o fruto é transferido do tapete rolante para as respetivas caixas (Figura 14e e Figura 14f).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 14 - Fases de processamento de pêsego: a) Viragem dos palotes ou caixas para o tapete de transporte; b) Escovagem e lavagem do pêsego com escovas rotativas de nylon; c) Seleção do fruto consoante o calibre, o peso, a qualidade e os defeitos externos; d) Linha de seleção de calibre; e) Tapete rolante que transporta o pêsego até ao embalamento; f) Caixas de embalamento de pêsego (Quinta dos Lamaçais).

4.3.6.2. Armazenamento

Durante os processos de armazenamento e de embalagem, o pêssego poderá sofrer algumas alterações na ordem das etapas, caso exista um elevado número de palotes em espera para serem armazenados e embalados. Desta forma, o pêssego é colocado nas câmaras de refrigeração para que não perca qualidade devido ao facto de a temperatura ambiente da época de colheita ser muito superior à temperatura de armazenamento.

Devido à sua elevada utilização nos diversos processos industriais, os sistemas de refrigeração são considerados sistemas de consumo intensivo de energia, podendo este chegar aos 85%. O consumo de energia elétrica dos sistemas de refrigeração na indústria alimentar, tem vindo a aumentar devido ao aumento significativo da produção de alimentos bem como, as exigências efetuadas pelas normas de segurança da qualidade, da higiene e da alimentação.

Na Quinta dos Lamaçais, a refrigeração do pêssego é efetuada apenas em câmaras de refrigeração (Figura 15), não sofrendo qualquer tipo de pré-arrefecimento antes da entrada nestas câmaras. Depois de embalado, o pêssego é transportado por um empilhador para as câmaras de refrigeração, local onde é armazenado a uma temperatura de aproximadamente 2 °C até um limite máximo de 15 dias, a partir da data da colheita.



Figura 15 - Câmara de refrigeração (Quinta dos Lamaçais).

A Quinta dos Lamaçais foi uma das empresas analisadas, a qual apresentou uma produção anual de 2 553 ton e um consumo de energia elétrica de 509,2 MWh, sendo a maior parte da energia

consumida nas câmaras de refrigeração (Inovenergy *et al.*, 2012). Desta forma, o consumo energético foi obtido conforme o fator de conversão de Ghatrehsamani *et al.*, (2016) de acordo com a Equação 4, considerando uma UF de 1 ton e um consumo anual no armazém é de 199,5 kWh·ton⁻¹ o equivalente a 2 380 MJ·ton⁻¹.

$$E [MJ ton^{-1}] = 11,93 \times CE [KWh] \quad (4)$$

Onde,

E = Energia consumida no armazém (MJ·ton⁻¹)

CE = Eletricidade consumida no armazém (KWh)

O consumo energético anual do armazém foi calculado através do projeto Inovenergy (2012), no qual foram realizados estudos em vários armazéns da Beira Interior. Os valores apresentados na Tabela 11, englobam o consumo energético de todas as máquinas utilizadas no processamento, no armazenamento e no embalamento do pêsego, ou seja, toda a energia consumida pelos tapetes de transporte, escovagem, empilhadores e câmaras de refrigeração.

Tabela 11. Consumo energético no armazém (Quinta dos Lamaçais).

1 ton de fruta	Consumo de Energia [kWh·ton ⁻¹]	Consumo de Energia [MJ·ton ⁻¹]
Armazém	199,5	2 380

4.3.7. Transporte

Conforme Pereira *et al.* (2014) e Pereira *et al.* (2015), o cálculo das emissões do transporte pode ser efetuado com base nos métodos *Tier 2* e *Tier 3*, como se pode verificar através da Equação 5. No caso do pêssego, este cálculo encontra-se dividido em duas vertentes, uma direcionada para as carrinhas que apresentem um peso bruto <3,5 ton e outra para o camião com um peso bruto >3,5 ton. Os fatores de emissão foram retirados de tabelas tendo em consideração o ano do veículo, sendo 1993 para a carrinha e 1995 para o camião, e ainda o tipo de combustível utilizado, mais precisamente o diesel.

$$E_{poluente} = \sum_{a,b,c} M_{a,b,c} \times N_{a,b,c} \times EF_{a,b,c} \quad (5)$$

Onde,

$E_{poluente}$ = Emissões específicas para cada poluente (g)

$M_{a,b,c}$ = Distância percorrida pela veiculo (km)

$N_{a,b,c}$ = Número de Veículos utilizados

$EF_{a,b,c}$ = Fator de emissão do poluente de acordo com o tipo de combustível ($g \cdot km^{-1}$)

a = Tipo de veículo

b = Tipo de combustível

c = Tecnologia do veículo

Por outro lado, o cálculo do consumo de combustível é realizado de acordo com EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (2002), no qual se considera o tipo de combustível diesel e uma velocidade média de $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ para a carrinha e de $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ para o camião.

Na Tabela 12, observa-se o resumo do transporte efetuado na pós-colheita, na qual se considerou o tipo de veículo utilizado em cada etapa, o consumo de combustível para cada um dos veículos, de acordo com EMEP/CORINAIR, assim como a distância total percorrida entre o armazém e o pomar para a carrinha e entre o armazém e o retalhista para o camião.

Tabela 12. Consumo de combustível e distância percorrida pelo transporte (Quinta dos Lamaçais).

	Carrinha <3,5 ton	Camião >3,5 ton
Consumo [$g \text{ km}^{-1}$]	69,235	183,939
Distancia percorrida [Km]	4	500

A Tabela 13 apresenta a quantidade de emissões de poluentes assim como o consumo energético despendido aquando da realização do transporte, de acordo com os fatores de emissão para a carrinha no ano de 1990 e para o camião no ano de 1995.

Tabela 13. Emissões de poluentes e consumo energético resultante do transporte, considerando uma UF de 1 ton de pêssego (Quinta dos Lamaçais).

Fluxos Entradas	Unidade	Carrinha <3,5 ton	Camião >3,5 ton
Fator consumo de combustível	g/km	69,235	183,939
Distância Percorrida total	km	4,440	45,450
Consumo de combustível total	g	307,711	8360,864
Consumo de combustível total	l	0,260	7,057
Consumo energético	MJ	14,624	397,355
Saídas para o ambiente			
CO ₂	kg	1,145	33,177
CH ₄	g	0,062	3,045
N ₂ O	g	0	0,864
CO	g	5,677	95,679
NM VOC	g	0,599	29,026
NO ₂	g	6,959	386,785
SO ₂	g	2,243	42,097

As caixas vazias são transportadas do armazém para o pomar por meio de uma carrinha com capacidade de transporte de 2 palotes, sendo depois transferidas para o trator que as distribui ao longo das diversas filas do pomar.

O consumo de combustível é calculado de acordo com a distância percorrida desde o pomar até ao armazém. Uma vez que esta distância é a mesma em cada operação, o consumo de combustível também irá ser bastante idêntico.

No armazém, o transporte dos palotes e das caixas é efetuado com empilhadores elétricos, dado que os gases provenientes dos empilhadores com motor de combustão provocam a deterioração das condições do fruto, acelerando o seu processo de apodrecimento. Como ilustra a Figura 16, os empilhadores são do tipo contrabalançados movidos com energia elétrica, contendo baterias com uma tensão nominal de 36 V e uma capacidade de armazenamento de energia de 560 Ah.



Figura 16 - Empilhador (Quinta dos Lamaçais).

O transporte do pêsego que já se encontra devidamente embalado é efetuado por um camião frigorífico com a capacidade de 23 europaletes, desde o armazém da Quinta dos Lamaçais até ao retalhista localizado na Azambuja.

Tabela 14. Consumo de combustível em cada operação inerente à produção de pêssigo (Quinta dos Lamaçais).

Operações Agrícolas	Tipo de Maquinaria	Características da maquinaria agrícola	Tempo de operação por hectare [min·ha ⁻¹]	Numero de operações por ano	Consumo do equipamento [l·h ⁻¹]	Consumo de combustível em cada aplicação por hectare [l·ha ⁻¹]	Consumo de combustível anual por hectare [l·ha ⁻¹]
Poda	Compressor pneumático	Trator: 60 CV - 4RM Compressor pneumático: 10 ligações	466	1	6	46,6	46,6
Tratamentos fitofarmacêuticos	Pulverizador	Trator: 60 CV - 4RM Pulverizador: 2 000 l	25	8	6	2,5	20
Enrelvamento	Destroçador	Trator: 60 CV - 4RM Cortador de erva: 2,00 m	188	3	6	18,8	56,4
Aplicação de herbicida	Pulverizador c/ barras	Trator: 60 CV - 4RM Pulverizador: 2 000 l Barras: 6 m	48	2	6	4,8	9,6
Colheita	Caixa de Carga	Trator: 60 cv - 4RM Caixa de carga: 500 kg	51	3	6	5,1	15,3
		TOTAL	778 13 h ha ⁻¹			77,8	147,9

4.3.8. Casos de estudo - Cenários

4.3.8.1. Cenários 1 e 2 - Cenários de Baixa e Alta produção

A quantidade de produção de pêsego obtida por hectare depende de vários fatores, nos quais se destacam as condições climáticas e o ataque de pragas que proporcionam prejuízos significativos para o pomar (Simões *et al*, 2016). A título de exemplo, no presente ano a produção de pêsego na Cova da Beira registou quebras significativas que variam entre os 30 a 60%, dependendo das variedades, devido às más condições climatéricas que se registaram no período da floração, designadamente com a chuva, que impediu o normal desenvolvimento do fruto. As variedades temporãs apresentam perdas a rondar os 60 a 70% e as mais tardias uma quebra na ordem do 30 a 40% (Issuu, 2016).

Desta forma, torna-se importante avaliar a produção anual de pêsego em dois cenários distintos, mais precisamente de baixa e de alta produção. No primeiro cenário irá proceder-se à análise de produção quando o pomar é atacado por pragas e no segundo, a avaliação da produção quando influenciada pelas condições meteorológicas que favorecem o desenvolvimento do pêsego.

O processo produtivo baseia-se na UF de 1 hectare de terra, contudo para a comparação da AECV dos dois cenários utilizou-se uma UF baseada na massa (ton). No que concerne aos gastos energéticos, estes permanecem inalterados quer no cenário de baixa produção quer no cenário de alta produção no processo produtivo.

Na pós-colheita é considerado o transporte do pêsego desde o pomar até ao armazém assim como, o transporte do armazém até ao retalhista, no qual se analisa a eletricidade despendida no armazém. Nas saídas da AECV apenas foram contabilizadas as emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis, nomeadamente o diesel tanto nas operações de pomar como no transporte.

4.3.8.2. Cenário 3 - Ciclo Produtivo com Bomba de Rega

No processo produtivo do pêsego, a rega é um fator determinante para o desenvolvimento da árvore e do fruto, contribuindo para uma produção de elevada qualidade e de quantidade. De acordo com Simões *et al*. (2016), a rega do pomar visa compensar as plantas pelas perdas de água ocorridas por meio da evapotranspiração resultante de fatores

meteorológicos, da cultura, do estado fenológico, do desenvolvimento radicular e das propriedades do solo.

Durante o processo produtivo, a energia elétrica utilizada nas bombas de rega é apenas aplicada no período de verão. A energia para a rega do pomar é calculada de acordo com o volume de rega necessário, sendo este determinado pelas explorações agrícolas com base numa análise subjetiva de tentativa de erro e correção (Simões *et al.*, 2016).

Segundo Simões *et al.* (2016), na região da Beira Interior, as necessidades hídricas para 1 hectare de pomar de pessegueiros varia consoante a zona a cultivar. Por outro lado, de acordo com a Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural - DGADR, as necessidades hídricas anuais para o pessegueiro da zona da Cova da Beira rondam os 4700 m³·ha⁻¹, sendo o mês de julho o que carece de maior quantidade de água (1600 m³·ha⁻¹).

No que diz respeito à energia consumida por hectare, esta é calculada tendo por base o método exposto por Vinyes *et al.* (2015), no qual se obtém o valor de 1300 kWh·ha⁻¹ para as bombas de água para a rega do pomar e 7 600 m³·ha⁻¹ referente ao consumo de água. Segundo Vinyes *et al.* (2015), perante uma necessidade hídrica de 4 700 m³ anuais seriam necessários 804 kWh·ha⁻¹ de energia elétrica anualmente. Deste modo, a região da Beira Interior é uma zona de eleição para a produção de pêsego, principalmente pelo seu clima e pelas necessidades hídricas anuais que exige.

4.3.8.3. Cenário 4 - Operação de poda com Tesouras Elétricas

A operação de poda de árvores frutícolas requer a utilização de diversas ferramentas, entre as quais, tesouras de pequenas e grandes dimensões, tesouras pneumáticas, canivetes, serrotes, machados, foices, escadas, entre outros. As tesouras de pequenas dimensões permitem o corte de ramos com diâmetro reduzido e podem ser manuseadas apenas com uma mão. Por outro lado, as tesouras de maiores dimensões possuem cabos alongados que possibilitam o corte de ramos mais grossos, devendo estas serem manuseadas com as duas mãos (Filho *et al.*, 2011).

As tesouras de poda pneumáticas utilizadas em pomares são alimentadas por cerca de 1 a 1,2 MPa de ar comprimido gerado por um compressor portátil. Dependendo do tamanho do compressor, este tipicamente pode fornecer a energia necessária para 2 a 6 tesouras de uma só vez. Caso existam mais de 3 tesouras de poda, a unidade do compressor é mais frequentemente fornecida com energia de um trator (Romanski *et al.*, 2014). O recurso a este tipo de tesouras reduz o número de funcionários necessários e aumenta a eficiência do

trabalho (20 a 30%) quando comparado com as tesouras de poda manual, dado que reduzem consideravelmente o tempo da poda (Filho *et al.*, 2011; Romanski *et al.*, 2014).

Por sua vez, as tesouras de poda elétrica permitem uma maior liberdade de movimento, dado que não se encontram vinculadas pela unidade do compressor.

A realização da poda em pomares de macieiras e de pereiras é efetuada através da utilização de plataformas elevatórias e com recurso a tesouras pneumáticas que se encontram ligadas a um compressor. Contudo, nos pomares de pessegueiros existe maior vantagem em utilizar tesouras elétricas com uma bateria portátil, visto o pessegueiro ser uma árvore de pequeno porte, não necessitando do recurso a plataformas elevatórias (Somerville, 1996).

Na Quinta dos Lamaçais, a poda é efetuada através de tesouras pneumáticas tal como realizada em pomares de macieiras e pereiras. Com isto, é obrigatória a utilização de um trator em constante atividade, de forma a produzir o ar comprimido necessário para o funcionamento das tesouras, o que por sua vez gera encargos elevados devido ao consumo de combustível pelo trator. Uma medida a implementar de forma a reduzir o consumo energético durante a operação da poda seria a substituição do atual método pela implementação de tesouras elétricas ligadas a uma bateria portátil. Este método poderá ser mais vantajoso, pois o pessegueiro é uma árvore de pequeno porte, não atingindo alturas elevadas, daí a poda poder ser realizada no solo sem necessidade de utilização a plataformas elevatórias.

A substituição passa pela utilização de uma tesoura elétrica com uma bateria que é transportada numa mochila nas costas do operador. As tesouras Makita (Makita, n,d), dispõem de uma capacidade de 10 000 cortes por ciclo de carga, ou seja, o equivalente a 7 horas de trabalho. Estas apresentam assim um consumo de aproximadamente 0,826 kW·h⁻¹, o correspondente a 9,85 MJ, quando consideradas 10 tesouras e um tempo de funcionamento de 8 horas para a poda de 1 hectare. Deste modo, o consumo de energia na poda em pomares de pessegueiros será muito inferior com o uso de tesouras elétricas comparativamente ao consumo de tesouras pneumáticas.

4.3.8.4. Cenário Demonstrativo - Utilização de Câmaras de Refrigeração Modulares

Devido ao seu elevado grau de utilização em diversos processos industriais, os sistemas de refrigeração são considerados como sistemas de consumo intensivo de energia (Xu & Kramer, 2009; Xu & Flapper, 2011; Nouri *et al.*, 2013). Na indústria alimentar, o consumo de energia

destes sistemas tem vindo a aumentar consideravelmente como resultado do crescimento da produção alimentar bem como, as exigências impostas pelas normas de qualidade, de higiene e de alimentação (Ramírez *et al.*, 2006).

A energia elétrica consumida pelos sistemas de refrigeração pode alcançar os 85% do seu consumo total (Victoria, 2009). No Reino Unido, cerca de 11% da energia é consumida pela indústria alimentar e alguns setores utilizam mais de 90% da energia elétrica em sistemas de refrigeração (Swain *et al.*, 2009).

Segundo Victoria (2009), a melhoria da eficiência energética dos sistemas de refrigeração pode ser obtida através da implementação de um plano de ação constituído por diversas etapas, nomeadamente, a análise da capacidade que é necessário refrigerar, os requisitos de isolamento térmico, a avaliação da distribuição do gás ao longo do sistema de refrigeração, a avaliação dos equipamentos do sistema de controlo bem como os processos de remoção de calor e a reavaliação do sistema de desempenho.

De acordo com Sarvisé (1993), após a auditoria a 31 instalações do setor da fruta foi possível verificar que o consumo de energia total foi de 49 GWh. Com a implementação de medidas como a automação do sistema de refrigeração, o controlo do sistema de descongelamento, a instalação de condensadores evaporativos, o aumento da superfície de evaporadores, a instalação de humidificadores de alto desempenho e a reparação das paredes da câmara de refrigeração, verificou-se que a economia de energia era de cerca de 20,5%.

Na Quinta dos Lamaçais, as câmaras de refrigeração têm um volume de 600 m³, com uma taxa de ocupação parcial, ou seja, o consumo energético é superior ao real utilizado, uma vez que a refrigeração também é efetuada em espaço vazio. De forma a colmatar esta lacuna, seria viável a instalação de câmaras modulares, como as representadas na Figura 17. Estas câmaras podem apresentar diferentes dimensões, podendo recorrer-se a painéis de isolamento térmico na divisão interior tendo em consideração as necessidades de armazenamento.



Figura 17 - Exemplo de câmaras modulares (Coldkit, 2016)

Para a realização do cálculo do consumo energético da câmara de refrigeração recorreu-se à correlação linear definida por Nunes *et al.* (2014), tal como se pode verificar na Equação 6.

$$E [MWh] = 0,531 \times V [m^3] + 39,692 \quad (R^2 = 0,8393) \quad (6)$$

Onde,

E = Energia consumida na câmara de refrigeração ($MWh \cdot ano^{-1}$)

V = Volume da câmara de refrigeração (m^3)

Assim, para a câmara de refrigeração com volume de $600 m^3$ existente no armazém da Quinta dos Lamaçais, o consumo anual de energia obtido através da Equação 4 é de 358 MWh. A implementação do sistema de câmara modular com a instalação de painéis de isolamento térmico amovíveis e com a divisão do interior da câmara, a ocupação é de apenas 50% do volume total. Para uma taxa de ocupação de 50%, o consumo total anual de energia seria de 199 MWh, no qual se verificava uma redução do consumo de energia de cerca de 50,6% relativamente ao consumo atual das câmaras de refrigeração. Tal redução seria bastante significativa para os custos referentes à energia e à produção frutícola, uma vez que as câmaras de refrigeração são o principal consumidor de energia da indústria alimentar.

De salientar que este resultado é apenas demonstrativo visto que o consumo das câmaras de refrigeração da Quinta dos Lamaçais está fora dos limites da correlação. Pelo fato do consumo energético total do armazém foi de $509,2 MWh \cdot ano^{-1}$ com 7 câmaras em funcionamento e de acordo com esta correlação, apenas uma câmara consome mais de metade da energia do total.

5. Análise e Discussão de Resultados

5.1. Introdução

De acordo com Benedetto & Kleme's (2009), a análise e discussão de resultados visam a avaliação da informação através da análise de inventário e do impacto do sistema de produção permitindo assim, retirar conclusões referentes a todos os resultados obtidos.

Segundo Cerutti *et al.* (2010), das fontes de impacto ambiental mais relevantes distinguem-se o consumo de eletricidade e de combustível nos motores diesel. O presente estudo torna-se então bastante relevante no que respeita à AECV, dado que se direciona principalmente para as vertentes de consumo de eletricidade e de combustível inerentes à produção de pêsego na região da Beira Interior.

5.1.1. Análise do Consumo Energético

Com o objetivo de identificar e de elaborar soluções que possam ser mais vantajosas quer do ponto de vista ambiental quer económico, foram delineados diferentes cenários relativos ao processo produtivo e pós-colheita do pêsego da Beira Interior. Os cenários considerados são os seguintes, já referido no Capítulo 4:

Cenário Real - Produção real de pêsego na Quinta dos Lamaçais

Cenário 1 - Baixa produção de pêsego na Quinta dos Lamaçais

Cenário 2 - Alta produção de pêsego na Quinta dos Lamaçais

Cenário 3 - Ciclo Produtivo com Bomba de Rega

Cenário 4 - Operação de poda com tesouras elétricas

A Tabela 15 mostra os valores referentes ao consumo energético por hectare tendo em conta os cenários considerados, tanto no decorrer do processo produtivo (poda, aplicação de

tratamentos fitossanitários, enrelvamento, aplicação de herbicida, rega e colheita), como no processo pós-colheita (transporte e armazém).

Tabela 15. Valores referentes ao consumo energético em diferentes cenários ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$).

	CENÁRIO REAL	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
Poda	2 624	2 624	2 624	2 624	10
Aplicação de tratamentos fitossanitários	1 126	1 126	1 126	1 126	1 126
Enrelvamento	3 176	3 176	3 176	3 176	3 176
Aplicação de herbicida	541	541	541	541	541
Rega	----	----	----	9 723	----
Colheita	862	862	862	862	862
Transporte	6 180	3 296	9 476	6 180	6 180
Armazém	35 700	19 040	24 740	35 700	35 700
Total	50 209	30 665	72 545	59 932	47 595

De forma a simplificar a interpretação dos dados que se encontram detalhados na Tabela 15, elaborou-se um gráfico representativo do consumo energético por hectare ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) referente aos diferentes cenários em estudo, durante o processo produtivo e pós-colheita, tal como mostram as Figuras 18 e 19, respetivamente.

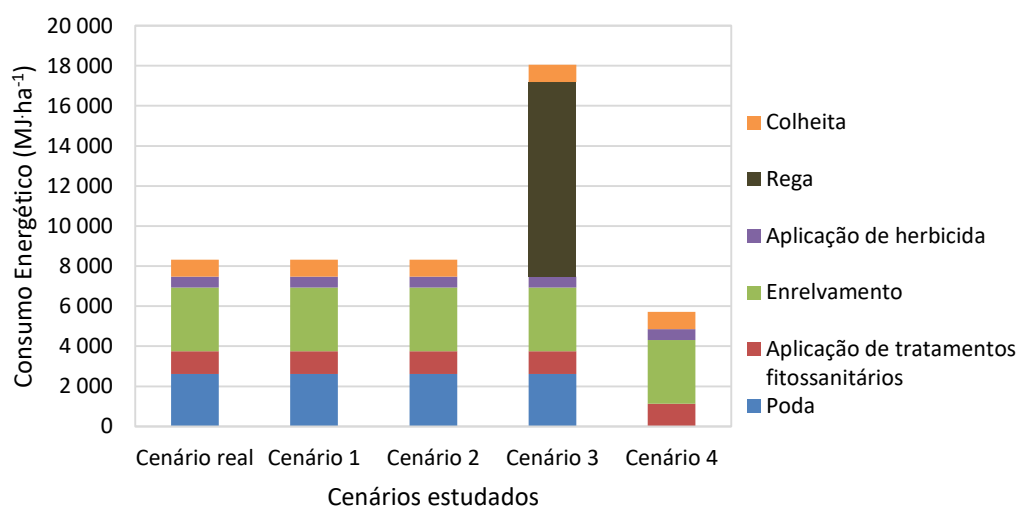


Figura 18 - Gráfico representativo do consumo energético por hectare ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) referente aos diferentes cenários em estudo durante o processo produtivo.

Através da análise da Tabela 15 e da Figura 18, observa-se que durante o período produtivo, o consumo de energia é o mesmo por hectare, independentemente da produção, observando-se que o enrelvamento é o que revela maior dispêndio de energia, uma vez que para efetuar o corte de erva, o trator tem de realizar 3 passagens em cada linha. Neste, visto que o espaçamento entre linhas é de 5 m, se se optasse por um destroçador de 2,5 m reduzir-se-ia o número de passagens para duas, e conseqüentemente o consumo para um terço. Porém, no processo pós-colheita, o consumo energético do transporte e do armazém sofre alterações, dado que este se encontra relacionado com a variação da produção anual por hectare ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), sendo que só existe consumo se houver produção. É de salientar, que conforme Vinyes *et al.* (2015), quanto maior o rendimento da colheita e quanto menor o consumo de energia, melhor é a relação energética.

Comparando o cenário real com os cenários de baixa e de alta produção, verifica-se a existência de uma diferença de energia de $19\,544\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $22\,336\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, respetivamente. Por sua vez, o cenário 3 considera o sistema de rega por bombagem no pomar da Quinta dos Lamaçais, com o intuito de demonstrar o consumo de energia acrescido caso esta operação não se realizasse por gravidade, mas sim, com o recurso a uma bomba elétrica. O cálculo do consumo energético por hectare foi efetuado tendo por base o estudo desenvolvido por Vinyes *et al.* (2015), adaptado às necessidades hídricas dos pomares da Beira Interior. Com este, verifica-se que o consumo energético com recurso a bomba de rega teria um acréscimo de $9\,723\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Desta forma, é possível aferir que a Quinta dos Lamaçais, à semelhança da maior parte dos pomares da Beira Interior, consegue ser mais competitiva face à redução no consumo de energia pelo fato de não existir rega por bombagem.

No cenário 4 é apresentada uma medida passível de ser implementada de forma a reduzir o consumo energético aquando da execução da poda na Quinta dos Lamaçais. Esta operação de poda é efetuada por meio da utilização a tesouras pneumáticas, o qual exige necessariamente que o trator se encontre em constante funcionamento. Uma forma de reduzir o consumo de energia consiste na substituição do atual método por tesouras elétricas ligadas a uma bateria portátil que seria transportada numa mochila pelo próprio operador. As tesouras Makita são um exemplo deste método e dispõem de uma capacidade de 10 000 cortes por cada ciclo de carga (Makita, s.d). Além disso apresentam um consumo de aproximadamente $0,826\text{ kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$, o correspondente a $9,85\text{ MJ}$, quando consideradas 10 tesouras e um tempo de funcionamento de 8 horas para a poda de 1 hectare. Com esta substituição, conseguir-se-ia uma poupança de cerca de 99,6%, quando comparado com o uso de tesouras pneumáticas. Através da análise da Tabela 15 e da Figura 18, verifica-se que

com a utilização de tesouras elétricas aquando da realização da poda, seria mais benéfica, resultando numa redução de energia de cerca 2 614 MJ·ha⁻¹.

Perante a análise da Figura 19, verifica-se que as operações realizadas no período pós-colheita e em particular as que ocorrem no armazém correspondem à maior parcela de consumo de energia. Tal fato deve-se principalmente ao consumo de energia elétrica do sistema de refrigeração das câmaras de conservação em frio para o armazenamento do pêsego com o intuito de estender a sua vida útil, assegurando a qualidade e segurança alimentar. Também o estudo desenvolvido por Keyes *et al.* (2015) revelou uma discrepância significativa entre o consumo energético relacionado com o consumo de combustível no processo produtivo e o armazém. Este revelou um consumo de energia no armazém na ordem dos 2 200 MJ·ton⁻¹, valor aproximado ao obtido no presente estudo, que é de 2 380 MJ·ton⁻¹, tal como evidenciado na Tabela 11 do Capítulo 4.

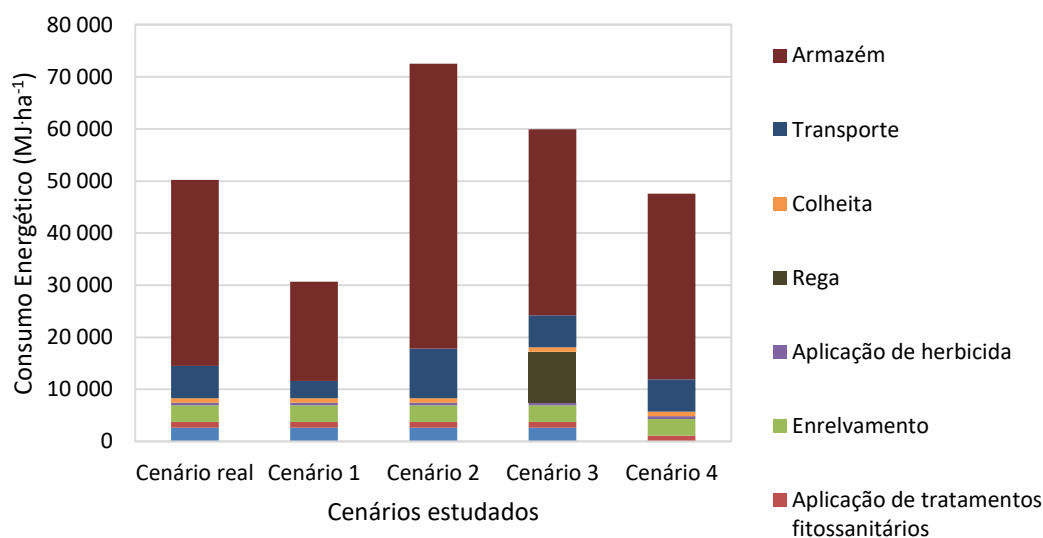


Figura 19 - Gráfico representativo do consumo energético por hectare (MJ ha⁻¹) referente aos diferentes cenários em estudo.

No que concerne ao consumo energético do transporte, observa-se que este apresenta alguma relevância, embora não tão significativa como no armazém, como se pode comprovar através da Figura 19. Jones (2002) também considerou que o transporte no ACV da maçã foi responsável por uma elevada percentagem do consumo total de energia, uma vez que alterando a localização entre o armazém e o retalhista, seria mais benéfica. Milà i Canals

et al. (2006), pretenderam analisar quais as oportunidades de melhoria tanto a nível energético como ambiental dos sistemas de produção agrícola no processo de cultivo. Desta forma, e baseando-se na metodologia ACV verificaram que o principal consumidor energético correspondia à maquinaria utilizada na execução das diferentes operações do pomar.

A Figura 20 representa a energia necessária para a obtenção de uma tonelada de pêsego para cada um dos diferentes cenários em estudo, nos processos produtivo e de pós-colheita. Nesta Figura o consumo de energia é expresso em $\text{MJ}\cdot\text{ton}^{-1}$, não representando valores concretos, uma vez que a energia consumida no pomar é a mesma independentemente da produção, pelo fato das operações serem realizadas por área do pomar.

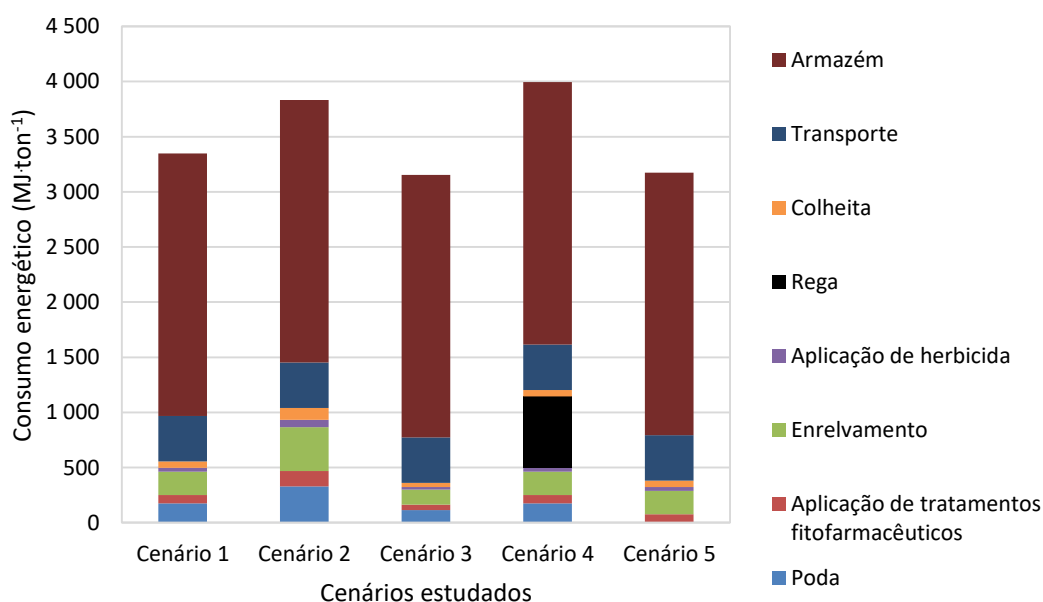


Figura 20 - Gráfico representativo do consumo energético por tonelada ($\text{MJ}\cdot\text{ton}^{-1}$) referente aos diferentes cenários em estudo, nos processos produtivo e de pós-colheita.

De forma a analisar o rendimento da produção obtida, uma unidade funcional com base na massa revela valores mais representativos, evidenciando a variação do consumo de energia entre os cenários de baixa e de alta produção. Com isto, verifica-se que na presença de uma menor produção, ocorre maior consumo de energia, enquanto que, em alta produção, o consumo de energia é menor, tal como se pode comprovar através da análise da Figura 20. Em conformidade com Hemmati *et al.* (2013), a relação energética pode sofrer variações, seja porque aumenta o rendimento da colheita ou porque diminui o consumo de entrada de energia.

De acordo com Mouro *et al.* (2006b), a eficiência do combustível nas operações do pomar pode ser melhorada através da utilização de tratores com motores de menores dimensões, mais eficientes e ainda garantir que a máquina se encontra nas condições ideais de manuseamento. Também Desir (2006), refere que deve evitar-se a prática de longos períodos de marcha lenta e ainda proceder-se à realização da manutenção da maquinaria, efetuando a mudança de óleo e de filtros, consoante as sugestões do fabricante, para que se obtenha uma certa eficiência do combustível. Por outro lado, Mouron *et al.* (2012), indicaram que os produtores deveriam proceder à plantação de cultivares resistentes a pragas e a doenças, de modo a reduzirem o consumo do combustível resultante da aplicação de produtos fitofarmacêuticos.

Com o objetivo de avaliar o consumo energético inerente ao cultivo de pêsego da Beira Interior, considerou-se a média da produção real da Quinta dos Lamaçais que ronda as 15 ton·ha⁻¹ como o cenário principal e posteriormente, um cenário de baixa produção (8 ton·ha⁻¹) e um cenário de alta produção (23 ton·ha⁻¹), como se pode constatar na Tabela 16. Na Tabela 16 encontram-se quantificadas as entradas energéticas enquanto que na Tabela 17 se encontram as emissões resultantes. Em ambas as tabelas são apresentadas as entradas e saídas quer do processo produtivo quer das operações de pós-colheita.

Tabela 16. Consumo de energia (entradas) para os três cenários de produção.

Cenários		Produção Real	Baixa Produção	Alta Produção
Entradas	Unidades			
Produção	ton	15	8	23
Processo Produtivo				
Diesel (tratores)	kg	175,24	175,24	175,24
	l	147,90	147,90	147,90
	MJ	8 329,00	8 329,00	8 329,00
Pós-Colheita				
Eletricidade	kWh	2 992,50	1 596,00	4 589,00
	MJ	35 700,50	19 040,00	54 740,81
Diesel (transporte)	kg	130,04	69,36	199,40
	l	109,76	58,54	168,29
	MJ	6 180,00	3 296,16	9 476,47
Total	MJ	50 209,00	30 665,00	72 545,00

Tabela 17. Emissões de poluentes (saídas) para os três cenários de produção.

Cenários		Produção Real	Baixa Produção	Alta Produção
Saídas	Unidades			
Produção	ton	15	8	23
Emissões Diesel (tratores)				
CO ₂	kg	541,73	541,73	541,73
CH ₄	g	52,57	52,57	52,57
N ₂ O	g	227,81	227,81	227,81
CO	g	3627,47	3627,47	3627,47
NMVOOC	g	1472,02	1472,02	1472,02
NO _x	g	9971,16	9971,16	9971,16
SO _x	g	1051,44	1051,44	1051,44
Emissões Diesel (transporte)				
CO ₂	kg	514,84	274,58	789,42
CH ₄	g	46,60	24,85	71,46
N ₂ O	g	12,95	6,91	19,86
CO	g	1520,34	810,85	2331,18
NMVOOC	g	444,38	237,00	681,38
NO ₂	g	5906,15	3149,95	9056,10
SO ₂	g	665,10	354,72	1019,82

O consumo energético foi obtido através do método de cálculo de Ghatrehsamani *et al.* (2016), no qual é tido em conta o consumo de combustível (l) e o consumo de eletricidade (kWh). A partir da análise da Tabela 17, verifica-se que o consumo de combustível é idêntico nos diferentes cenários aquando do processo produtivo. Tal não se observa na pós-colheita, na qual o cenário de alta produção apresenta maior consumo de combustível no transporte (168,30 l) quando comparado com os cenários real (109,76 l) e de baixa produção (58,54 l).

Relativamente ao consumo energético, este corresponde a 50 209 MJ·ha⁻¹ no cenário real, ao passo que em baixa produção este é de 30 665 MJ·ha⁻¹, sendo o que apresenta maior consumo quando comparado com a produção obtida. O cenário de alta produção mostra um gasto de 72 545 MJ·ha⁻¹, o qual proporciona uma maior rentabilidade, pois a produção por hectare é superior.

No que concerne às emissões, é possível aferir que estas são equivalentes em cada um dos diferentes cenários, pelo facto do pomar necessitar de operações de manutenção, independentemente do ano ser de baixa ou de alta produção. No período de pós-colheita, existe uma diferenciação nos valores referentes às emissões, uma vez que estes surgem em função de uma UF com base na massa.

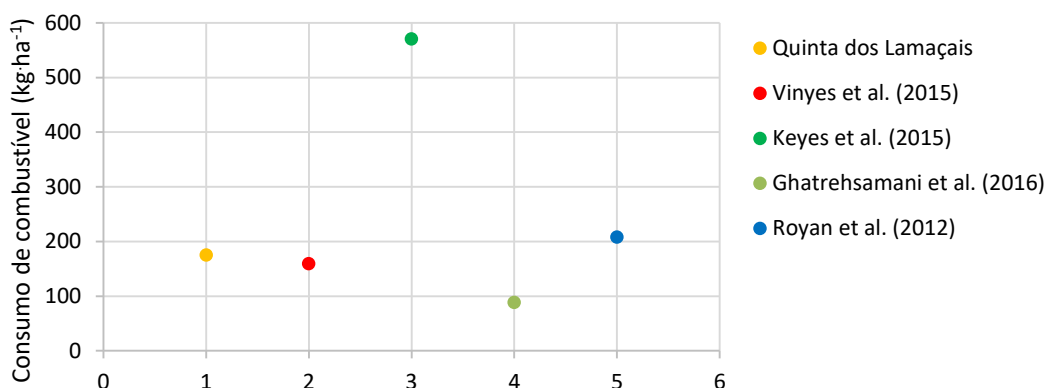


Figura 21 - Comparação do consumo de combustível (kg·ha⁻¹) no processo produtivo entre diversos estudos com os dados obtidos na Quinta dos Lamaçais.

A Figura 21 demonstra a comparação do consumo de combustível no processo produtivo entre diversos estudos com os dados obtidos na Quinta dos Lamaçais. Alaphillipe *et al.* (2012) verificaram que o consumo de diesel na maquinaria era o principal responsável pelo consumo de energia. Royan *et al.* (2012) efetuaram uma análise energética referente às entradas de produção de pêsego no Irão, no qual se obteve um consumo de combustível por hectare de 175 l, o correspondente a 9 879 MJ. Por sua vez, Ghatrehsamani *et al.* (2016) verificaram que na província de Bakhitari, no Irão, o consumo de combustível foi de 74,7 l por hectare, o equivalente a 4 206 MJ. Deste modo, é possível afirmar que as variações do consumo energético não dependem apenas da idade do pomar, como também de outras variáveis, nomeadamente, a variedade da fruta, a localização geográfica, as condições climáticas, o sistema de rega utilizado, a aplicação de tratamentos fitossanitários assim como, a otimização no controlo de pragas (Vinyes *et al.*, 2015). Conforme Keyes *et al.* (2015), o consumo de combustível é mais elevado no período de cultivo da maçã, principalmente nas operações de poda e de colheita, uma vez que nestas é necessário a utilização de plataformas elevatórias. Por sua vez, no período pós-colheita não é comparado o consumo de combustível, pois este depende de diversos fatores, entre os quais, da velocidade e da distância percorrida.

No que respeita ao período de cultivo de pêsego, verifica-se que o consumo de combustível não varia significativamente nos estudos observados, o que permite aferir que os valores obtidos na Quinta dos Lamaçais estão de acordo com o que é expetável no que respeita ao consumo de combustível por hectare.

5.1.2. Análise de Emissões

Vários estudos foram analisados acerca das emissões resultantes do ACV no pêssego e na maçã, mas apenas se poderá comparar valores com o estudo desenvolvido por Vinyes *et al.* (2015), dado que à semelhança deste, também os dados obtidos na Quinta dos Lamaçais correspondem ao quinto ano de produção do pomar.

A categoria de impacto resultante do aquecimento global está intimamente relacionada com o consumo energético, uma vez que as emissões produzidas aquando do consumo de energia são as que resultam no potencial aquecimento global (Alaphillipe *et al.*, 2013).

De acordo com Milà i Canals *et al.* (2006) e Keyes *et al.* (2015), as emissões resultantes da combustão são consideradas como a principal causa dos impactos ambientais como é o caso das alterações climáticas, da acidificação terrestre, da formação de oxidantes fotoquímicos, tendo estes sido calculados através do método ReCiPe 2008.

5.1.2.1. Aquecimento Global

Milà i Canals *et al.* (2006), indicaram que os poluentes associados ao aquecimento global (CO_2eq) são o CO_2 e o N_2O . Soni *et al.* (2013), além dos poluentes mencionados anteriormente, considera ainda o CH_4 como um dos responsáveis pelo aquecimento global.

A Figura 22 indica que o trator é a máquina que revela maior impacto de potencial de aquecimento global, seguindo-se o camião e a carrinha. Os valores retratam a existência de uma diferença significativa entre os sistemas de exaustão de gases e as máquinas agrícolas que operam fora de estradas pavimentadas e as que atuam em estradas pavimentadas, como é o caso da carrinha e do camião.

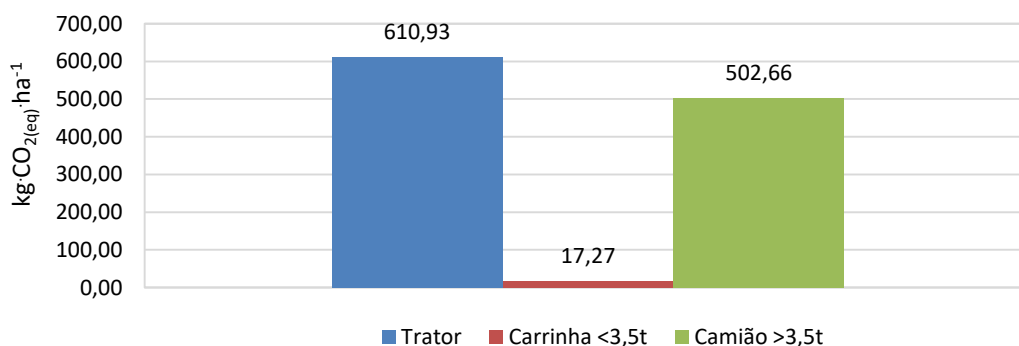


Figura 22 - Alterações climáticas ($\text{kg CO}_2\text{(eq)} \cdot \text{ha}^{-1}$) consoante o tipo de transporte utilizado.

No estudo desenvolvido por Vinyes *et al.* (2015), observou-se que a contribuição para o aquecimento global resultante do consumo de combustível foi de $1100 \text{ kg CO}_{2(\text{eq})} \cdot \text{ha}^{-1}$. Os fertilizantes e o consumo de combustível são as atividades que provocam maior impacto nas alterações climáticas. Assim, conforme os autores, quanto maior for a produção, menor será a quantidade de emissões em $\text{kg CO}_{2\text{eq}}$.

Conforme Soni *et al.* (2013), as emissões de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ resultantes da queima de combustíveis nas operações concretizadas no pomar foram cerca de $307,25 \text{ kg CO}_{2(\text{eq})} \cdot \text{ha}^{-1}$ para um consumo de combustível de $86,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Verificou-se ainda que grande parte das emissões de $\text{CO}_{2(\text{eq})}$ provêm da queima de combustíveis fósseis no ACV.

5.1.2.2. Acidificação Terrestre

A acidificação terrestre mostra as diferenças de emissões energéticas dos poluentes como o óxido de enxofre e o óxido de azoto (SO_x e NO_x , respetivamente) resultantes do consumo de combustível tanto do trator no pomar como do transporte durante o período de pós-colheita. Pela análise da Figura 23, constata-se que à semelhança do que ocorre nas alterações climáticas, o trator evidencia valores mais elevados para a acidificação terrestre. Além deste veículo, também o camião revela valores significativos de emissões de poluentes quer de óxido de enxofre quer do óxido de azoto. A carrinha, é a que apresenta um menor valor de contributo à acidificação terrestre pelo consumo de combustível dos veículos de transporte, devido ao fato de ser o veículo que realiza menor distância e também o que consome menos combustível.

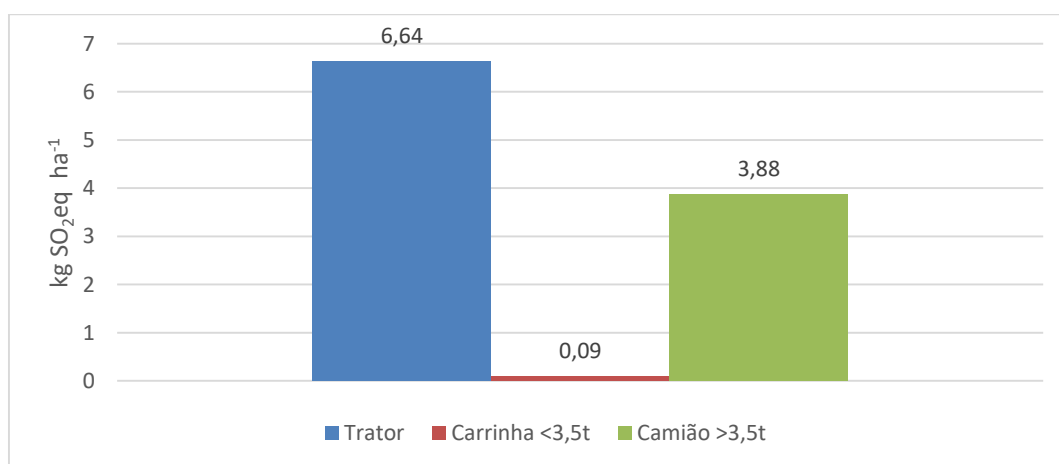


Figura 23 - Contributo para a acidificação terrestre pelos veículos de transporte ($\text{kg SO}_{2(\text{eq})} \cdot \text{ha}^{-1}$) consoante o tipo de transporte utilizado.

5.1.2.3. Formação de Oxidantes Fotoquímicos

A Figura 24 mostra os poluentes formados por compostos orgânicos voláteis sem metano e o monóxido de carbono pertencentes à formação de oxidantes fotoquímicos emitidos pelos motores resultantes da queima de combustíveis fósseis. Pela análise da Figura 24 pode concluir-se que este segue a tendência das alterações climáticas e da acidificação terrestre, tendo o trator como o principal responsável pelas emissões nesta categoria de impacto ambiental. O camião revela valores mais elevados do que a carrinha no período de pós-colheita, dado que a carrinha apenas realiza o transporte do pomar para o armazém, percorrendo assim, uma curta distância. Por sua vez, o camião efetua o transporte até à retalhista, tendo de percorrer uma distância de 99% superior à concretizada pela carrinha.

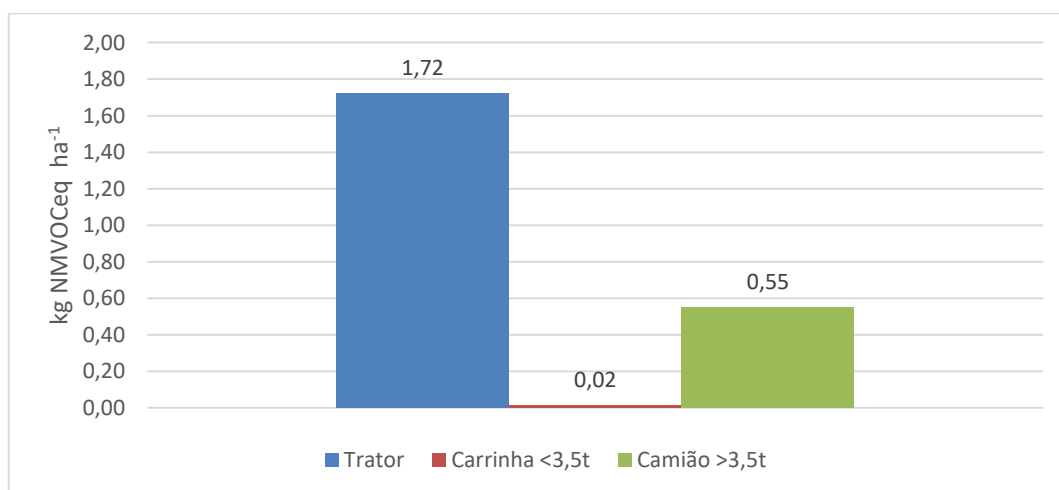


Figura 24 - Contributo para a formação de oxidantes fotoquímicos pelos veículos de transporte (kg NMVOC_(eq)·ha⁻¹) consoante o tipo de transporte utilizado.

6. Conclusões

6.1. Conclusões gerais

Na presente dissertação foi efetuado um estudo energético do ciclo produtivo do pêsego da Beira Interior. Neste estudo foram identificados os principais impactos associados aos processos produtivo e de pós-colheita. Os resultados da AECV são apresentados em termos de renovabilidade e eficiência energética e pretende-se que estes sirvam como ferramenta de melhoria inerente a todo o processo de produção do pêsego da Beira Interior.

Com base na avaliação energética conclui-se que no decorrer do processo produtivo o consumo de energia é o mesmo por hectare independentemente da produção, verificando-se que nas operações realizadas no pomar, o enrelvamento é o que tem maior consumo de energia seguindo-se a poda, a aplicação de tratamentos fitossanitários, a colheita, e por fim, a aplicação de herbicida. Foi possível ainda inferir que no período de pós-colheita o armazém é o que revela maior impacto energético principalmente devido à utilização das câmaras de refrigeração destinadas à conservação em frio dos frutos. O transporte distingue-se também no consumo energético, como resultado da elevada distância percorrida do armazém até ao retalhista.

6.2. Conclusões específicas

De modo a realizar uma análise de sensibilidade do sistema principal, delinearam-se cenários alternativos. Conforme os resultados obtidos é possível aferir que comparando o cenário real com os cenários de baixa e de alta produção, verifica-se a existência de uma diferença de energia de 19 544 MJ·ha⁻¹ e 22 336 MJ·ha⁻¹, respetivamente.

No cenário 3, considerou-se o recurso a sistemas de rega com bomba no pomar da Quinta dos Lamaçais, de forma a demonstrar o acréscimo de energia, caso esta operação não se realizasse por gravidade, mas sim, com a utilização de uma bomba elétrica. Perante esta situação, verificou-se que o consumo energético com a utilização de bombas de rega teria um aumento de energia de 9 723 MJ·ha⁻¹. Esta cenário serve para analisar as repercussões no consumo energético pela possível entrada de um novo associado que não seja abastecido pelo regadio da Cova da Beira.

O cenário 4 evidencia uma medida passível de ser implementada, com o objetivo de reduzir o consumo energético aquando da execução da poda na Quinta dos Lamaçais. Esta operação é realizada através de tesouras pneumáticas, as quais implicam o constante funcionamento do trator. Uma forma de reduzir o consumo de energia consistia na substituição do atual método por tesouras elétricas ligadas a uma bateria portátil. Com esta substituição conseguir-se-ia uma redução de cerca de $2\,614\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, quando comparado com o uso de tesouras pneumáticas.

A implementação de câmaras modulares com a instalação de painéis de isolamento térmico amovíveis, contribuíram para a redução considerável do consumo energético. Contudo, não foi possível analisar de forma mais precisa esta situação, uma vez que não se enquadrava no armazém estudado.

Relativamente às emissões, foram analisados os indicadores ambientais de impacto do “Aquecimento Global”, calculado com base no $\text{CO}_{2(\text{eq})}$, da “Acidificação Terrestre”, que corresponde ao $\text{SO}_{2(\text{eq})}$, assim como da “Formação de Oxidantes Fotoquímicos”, correspondente ao $\text{NMVOC}_{(\text{eq})}$. Os principais impactos ambientais resultam da queima de combustíveis fósseis emergentes da maquinaria no pomar e do transporte, sendo o trator o que apresenta maior impacto por hectare.

6.3. Sugestões de trabalho futuro

De modo a complementar os resultados obtidos, são sugeridos alguns trabalhos futuros, nomeadamente:

- Replicação deste estudo em outras explorações de produção de pêsego, na região da Beira Interior;
- Aplicação da AECV a outros produtos hortofrutícolas;
- Analisar de forma mais específica o consumo energético no armazém;
- Aplicação completa da metodologia ACV, incluindo todas as entradas e não apenas a vertente energética;
- Alternativas para realização de transporte desde armazém ao retalhista.

Referências bibliográficas

- Adams, M. (2010). *Non-methane volatile organic compounds (NMVOC) emissions*. European Environment Agency. Recuperado de: <http://www.eea.europa.eu/>.
- Alaphillippe, A., Simon, S., Brun, L., Hayer, F. & Gaillard, G. (2013). Life cycle analysis reveals higher agroecological benefits of organic and low-input apple production. *Agronomy for Sustainable Development*, 33: 581. doi: 10.1007/s13593-012-0124-7.
- Almeida, D. (2005). *Manuseamento de produtos hortofrutícolas*. Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação.
- Almeida, R. (s.d.). *Aula Simapro*. Recuperado de: <http://pt.scribd.com/doc/102313828/Aula-Simapro>.
- Amaro, P., Ribeiro, J. Alves & Ramadas, I. (2001) - Infestantes. In Amaro, P. (Ed.) *A protecção integrada da vinha na Região Norte*: 68-81.
- Amaro, P. (2003) *A protecção integrada*. Lisboa: ISA Press.
- Arroja, L. (Coord.). (2014). *Relatório Técnico - Fileira de Carne: Avaliação de Ciclo de Vida da carne de porco e novilho*. Ecodeep. Recuperado de http://ecodeep.org/wp-content/uploads/2016/01/1-Relat%C3%B3rio-T%C3%A9cnico_Fileira-da-carne_ECDEEP.pdf.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2001). NBR ISSO 14040. *Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida - princípios e estrutura*. Brasil.
- Augusti, M. (2004). *Fruticultura*. Madrid: Ediciones Mundiprensa.
- Boller, E. F., Titi, A. E.L., Gendrier, J. P., Avilla, J., Jörg, E. & Malavolta, C. (1999) *Integrated production. Principles and technical guidelines*. 2.ª ed. Bull. OILB/SROP, 25 (4), 37.
- Carvalho, J., Avanzi, J., Silva, M., Mello, C. & Cerri, C. (2010). Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Rev.Bras.Ciên. Solo*. 34 (2), 277-290. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000200001>.

- Carvalho, G. (2009). Agricultura e Aquecimento Global: Efeitos e Mitigação. *Enciclopédia Biosfera*, 5 (8). Recuperado de: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/SABC/Agricultura%20e%20aquecimento.pdf>
- Cavaco, M. (2012). *Normas Técnicas para a profução integrada de promóideas (volume II)*. Direcção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Recuperado de <http://hortinet.info/wp-content/uploads/group-documents/24/1340610397-ntpomoideas02.pdf>
- Cerutti, A., Beccaro, G., Bruun, S., Bosco, S., Donno, D., Notarnicola, B., & Bounous, G. (2014). Life-cycle assessment application in the fruit sector: state of the art and recommendations for environmental declarations of fruit products. *Journal of Cleaner Production*, 73: 125-135. doi:10.1016/j.jclepro.2013.09.017.
- Correia, G. (2012). Modelos de energia e emissões para o ciclo de vida dos materiais das tecnologias automóveis. (Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa). Recuperado de: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395144691204/TESE_FINAL_PDF2.pdf
- Coutinho, C. (2011). *A Mosca do Mediterrâneo (Ceratitis capitata Wiedemann)*. Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte. Recuperado de http://www.drapn.mamaot.pt/drapn/conteudos/ft2010/ficha_tecnica_40_2011.pdf
- ColdKit Ibérica (2016). Recuperado em 14 de Agosto, 2016 de <http://www.coldkit.com/pt>.
- Costa, Z. (2013). Avaliação das práticas agrícolas nas culturas de regadio Ilha de Santiago. Universidade de Cabo Verde, Departamento de Ciência e Tecnologia. Recuperado de <http://portaldoconhecimento.gov.cv/bitstream/10961/4118/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20das%20pr%C3%A1ticas%20agr%C3%ADcolas%20-%20Ilha%20de%20Santiago%20Cabo%20Verde.pdf>
- Ebbels, D. L. (2003). Principles of plant health and quarantine. *Cabi publ. Oxon, Uk*, 302. doi: 10.1079/9780851996806.0000.
- EMEP/EEA (2002). *Emission Inventory Guidebook (2002)*. Acedido em 10 de setembro de 2016, em <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR3>.
- European Commission. (2012). *European Commission Agriculture and rural development publications*. Retirado de <http://ec.europa.eu/agriculture>.

- Esengun, K., Gunduz, O. & Erdal, G. (2007) Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Convers Manag*, 48(2) 592-598. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/222200970_Input-output_energy_analysis_in_dry_apricot_production_of_Turkey.
- Farm House Fruit. Recuperado em 10 de Setembro, 2016 de <http://farmhousefruit.com/>.
- Ferreira, J. (2004). *Análise de ciclo de vida dos produtos*. Gestão ambiental. Instituto Politecnico de Viseu.
- Figueiredo, M., Mota, S., Rodrigues, G., Caldeira-Pires, A. & Rosa, E. (2007). Metodologia de avaliação dos impactos ambientais de inovações tecnológicas agroindustriais com base no ciclo de vida. *Conferência Internacional Ciclo de Vida*. São Paulo. Recuperado de <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100670/1/2007AA-034.pdf>.
- Filho, J. A., Minami, K. & Kluge, R. (2000). Intensidade De Raleio De Frutos Em Pessequeiros 'Lordaprince' Conduzidos Em Pomar Com Alta Densidade De Plantio. *Pesq. agropec. bras.*, 35(6), 1109-1113. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n6/4665.pdf>.
- Filho J., Medina R. & Silva S. (2011). *Poda de Arvores Frutíferas*. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz": Casa do Produtor Rural. Recuperado de: http://www.estacaoexperimental.com.br/documentos/Poda_de_Arvores_Frutiferas.pdf.
- Furtado, J. (2014). *Comparação de Métodos e Ferramentas de Análise de Impacto de Ciclo de Vida, aplicados a processos químicos alternativos*. (Dissertação de Mestrado, Técnico Lisboa, Portugal). Recuperado de <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395146463140/Dissertacao%20Jose%20Furtado%2063596.pdf>.
- Gazeta Rural (2016). Produção de Pêssego da Cova da Beira com atrasos e quebras muito significativas. *Gazeta Rural*, 276, 24. 15 de Agosto de 2016. Recuperado de https://issuu.com/joseluisaraujo/docs/gazeta_rural_n___276.
- Gil, F., & Velarde, A. (2015). *El cultivo de las plantaciones frutales*. Espanã: Mundiprensa.
- Girardi, C. (2004). *Maçã: Pós-colheita*. Brasília, Brasil: Embrapa Uva e Vinho.

- Gonçalves, M. (2010). *Influência da rega subsuperficial e gota-a-gota na utilização da água, qualidade e produção em pereira (Pyrus communis L.) Rocha. Estudo preliminar.* (Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia). Recuperado de <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6560/1/tese.pdf>.
- Ghatrehsamani, S., Ebrahimi, R., Kazi, S., Badry, A. & Sadeghinezhad, E. (2016). Optimization model of peach production relevant to input energies - Yield function in Chaharmahal va Bakhtiari province, Iran. *Energy*, 99, 315-321. doi: 10.1016/j.energy.2015.07.078.
- Gross, K., Wang, C. & Saltveit, M. (2016). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.* Agriculture Handbook Number 66, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Recuperado de <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/oc/np/CommercialStorage/CommercialStorage.pdf>.
- Haas, G., Wetterich, F., & Geier, U. (2000). Life cycle assessment framework in agriculture on the farm level. *International journal of life cycle assessment*, 5: 3145-348. doi:10.1007/BF02978669.
- Hardenburg, R.E., Watada, A.E. & Wang, C.Y. (1986). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.* Agriculture Handbook 66, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC.
- Hoffmann, A. *et al.* (2003). Sistema de Produção de Pêssego de Mesa na Região da Serra Gaúcha. *Embrapa*. Recuperado de <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessegueo/PessegodeMesaRegiaoSerraGaucha/>.
- European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability (2010). *ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance.* Recuperado de http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC48157/ilcd_handbook-general_guide_for_lca-detailed_guidance_12march2010_isbn_fin.pdf.
- FAO (2015). Food And Agriculture Organization. *FAOSTAT Domains*. Acedido em 14 de Maio de 2016, em www.faostat3.fao.org
- Goedkoop, M. J., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A., Struijs, J. & Van Zelm, R. (2009). *ReCiPe 2008 - A life cycle impact assessment method which comprises*

- harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level*. Acedido em 16 de agosto de 2016, em <http://www.lcia-recipe.net>.
- Goedkoop, M. J., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A., Struijs, J. & Van Zelm, R. (2013). *ReCiPe A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level*. Acedido em 21 de agosto de 2016, em: <http://www.lcia-recipe.net/>.
- Ingrao, C., Matarazzo, A., Tricase, C., Clasadonte, M. & Huisingsh, D. (2015). Life Cycle Assessment for highlighting environmental hotspots in Sicilian peach production systems. *Journal of Cleaner Production*, 92, 109-120. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.12.053.
- Hemmati, A., Tabatabaeefar, A. & Rajabipour, A. (2013). Comparison of energy flow and economic performance between flat land and sloping land olive orchards. *Energy*, 61: 472-478. doi: /10.1016/j.energy.2013.09.006.
- InovEnergy - Eficiência Energética no Setor Agroindustrial. (2012). *Caracterização do Sector Agroalimentar por Fileira*. Covilhã: Universidade da Beira Interior. Recuperado de http://inovenergy.inovcluster.pt/media/25612/Relatorio_Act2_UBI.pdf.
- INE, I. (2011). Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010. Lisboa-Portugal.
- INE, I. (2012). Conta das Emissões Atmosféricas: Emissões de gases de efeito de estufa atingem mínimo histórico em 2010. *Portal do INE*. Acedido em 5 de Junho de 2016, em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=133544619&DESTAQUESmodo=2&xlang=pt.
- INE, I. (2016). Produção das principais culturas agrícolas por localização geográfica, espécie e ano. *Portal do INE*. Acedido em 03 de Março de 2016, em <http://www.ine.pt>.
- INE, I. (2016). Superfície das principais culturas agrícolas por localização geográfica, espécie e ano. *Portal do INE*. Acedido em 20 de Março de 2016, em <http://www.ine.pt>.
- Ingwersen, W. (2010). *Product category range of environmental performance for EPDs: exemple of Costa Rica Pineapple*. In: Notarnicola, B., Settanni, E., Tassielli, G., Giungato, P. (Eds). *Proceedings of LCA Food*. Bari, 337-341.
- IPCC (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 2. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol2.pdf>.

- ISO 14040, (International Standard Organisation) (2006) *Environmental management - Life cycle assessment:Principles and framework*. ISO 14040, Geneva. Recuperado de: <http://www.iso.org/iso/home.htm>.
- Jones, A. (2002). An environmental assessment of food supply chains: a case study on dessert apples. *Environ Manage*, 30 (4), 560-576. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12481922>.
- Johnson, R., Phene, B., Slaugheter, D., DeJong, T., Day, K.; Duncan, R., ... Hasey, J. (2010). *Mechanical Blossom Thinning Using a Darwin String Thinner*. Recuperado de: http://ucce.ucdavis.edu/files/repositoryfiles/CTFA2010_188.pdf-92543.pdf.
- Júnior, A., Morais, R., Emerenciano, S., Pimenta, H. & Gouvinhas, R. (2008). Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo Vida (ACV) no Brasil. *Revista Ibero Americana de Estratégia*, 7, 39-44. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3312/331227111005>.
- Keyes, S., Tyedmers, P. & Beazley, K. (2015). Evaluating the environmental impacts of conventional and organic apple production in Nova Scotia, Canada, through life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 104: 40-51. doi: [10.1016/j.jclepro.2015.05.037](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.037).
- Krozer, J. & Vis, J. C. (1998). How to get LCA in the right direction? *Journal Clean Production*, 6: 53-61. doi: [10.1016/S0959-6526\(97\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00051-6).
- Laguë, C., Gill, J. & Péloquin, G. (2000). Lutte termique en phytoprotection. In Vincent, C., Panneton, B. & Fleurat-Lessard F. (2000). *La lutte physique en phytoprotection*. INRA Publications : 27-40.
- Lurie, S. & Crisosto, C. (2005). Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 37, 195-208. Recuperado de https://clmson.edu/extension/peach/files_documents/chillinginjurypeach.pdf.
- Longo, S., Mistretta, M., Guariano, F. & Cellura, M. (2016). Life Cycle Assessment of organic and conventional apple supply chains in the North of Italy. *Journal of Cleaner Production*. doi: [10.1016/j.jclepro.2016.02.049](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.049).
- Lopes, M., Gaspar, P.D., Santos, F., & Simões, M.P. (2016). Automatic fruit thinning: perspectives and challenges. Proceedings of ESADR 2016, VIII Congresso da APDEA (Associação Portuguesa de Economia Agrária) & II Encontro Lusófono em Economia, Sociologia, Ambiente e Desenvolvimento Rural, Coimbra, Portugal, September 7-9.

- Maça, J. & Freire F. (2004), Life cycle energy analysis for bioethanol: allocation methods and implications for energy efficiency and renewability. In: Rivero, R., Monroy, L., Pulido, R. & Tratsaroin, G. (Eds.). *Energy-Efficient, cost-Effective and environmentally sustainable systems and processes*. Mexico: Instituto Mexicano del Petrol.
- Mantilla, S., Mano, S., Vital, H. & Franco, R. (2010). Atmosfera modificada na conservação de alimentos. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.*, 8(4), 437-448. Recuperado de <http://www2.pucpr.br/reol/index.php/ACADEMICA?dd1=4515&dd99=pdf>.
- Makita®. Tesoura de poda 24V. Recuperado em 16 de Agosto, 2016 de <http://www.makita.pt/tool-pt/22204/4604DW.html>
- Margini, M., Rossier, D., Crehaz, P., & Jolliet, O. (2002). Life Cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. *Agriculture, Ecosystem and environment*, 93 (3), 379-392. doi:10.1016/S0167-8809(01)00336-X.
- Martínez-Blanco, J. M., Antón, A., Rieradevall, J., Castellari, M. & Muñoz, P. (2011). Comparing nutritional value and yield as functional units in the environmental assessment of horticultural production with organic or mineral fertilization. *J. Life Cycle Assess*, 16, 12-26. doi:10.1007/s11367-010-0238-6.
- Mattsson, B., Cederberg, C., & Blix, L. (2000). Agricultural land use in cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops. *Journal of cleaner production*, 8, 283-292. doi:10.1016/S0959-6526(00)00027-5.
- Medeiros, A. R. (Ed.)(2005). *Cultivo do pessegueiro*. Sistemas de Produção, 4. Recuperado de <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/CultivodoPessegueiro/>.
- Milà i Canals, L. & Clemente Polo, G. (2003). Life cycle assessment of fruit production. In: Mattsson, B. & Sonesson, U. (Eds.), *Environmentally Friendly Food Processing*. Woodhead Publishing limited and CRC Press LLC, Cambridge and Boca Raton, 29-53.
- Milà i Canals, L., Burnip, G. M. & Cowell, S. J. (2006). Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): Case study in New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114:226-238. doi: 10.1016/j.agee.2005.10.023.

- Miranda, F. (2001). Manual de Boas Práticas. Porto: Disqual. Recuperado de <http://www.crcvirtual.org>.
- Monteiro, L. (2013). *Manual de Boas Práticas Agrícolas para a Gestão de Biodiversidade. Almargem*. Recuperado de http://almargem.org/biodiv/wp-content/uploads/2013/06/AF_M_Boas_Praticas.pdf.
- Mourad, A., Garcia, E., Queiroz, G., Gatti, J., Coltro, L. & Jaime, S. (2007). *Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão*. Campinas, Brasil: CETEA/ITAL.
- Mourão, I. (2007). *Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológica*. Ponte de lima, Portugal: Escola Superior Agrária de Ponte de Lima/IPVC. Recuperado de <http://www.ci.esapl.pt/off/maiores23anos-2012/agricultura-biologica.pdf>.
- Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin, O. & Gaillard, G. (2011). Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. integrated and organic farming. *Agricultural Systems*, 104: 217-232. doi: 10.1016/j.agsy.2010.10.002.
- Nicholson, C. (2012). *Stone fruit thinning: a desk study of recent developments overseas*. Recuperado de: http://www.hdc.org.uk/sites/default/files/research_papers/TF%20205%20Final%20Report%202012.pdf.
- Nouri, J., Lotfi, F. H., Borgheipour, H., Atabi, F., Sadeghzadeh, S. M. & Moghaddas, Z. (2013). An analysis of the implementation of energy efficiency measures in the vegetable oil industry of Iran: a data envelopment analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 52, 84-93. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.021>.
- Notarnicola, B., Hayashi, K., Curran, M. & Huisingh, D. (2012). Progress in working towards a more sustainable agri-food industry. *Journal of Cleaner Production*, 28: 1-8. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.02.007.
- Oliveira, A., Barata, A., Prates, A., Mendes, F., Bento, F. & Cavaco, M. (2014). *Proteção Integrada das Culturas - Volume I Conceitos e Princípios*. Lisboa: Ministério da Agricultura e do Mar, Direção Geral da Alimentação e Veterinária.
- Peacock, N., De Camillis, C., Pennington, D., Aichinger, H., Parenti, A., Rennaud, J. P., ... Ziegler, F. (2011). Towards a harmonised framework methodology for the environmental assessment of food and drink products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(3), 189-197. doi:10.1007/s11367-011-0250-5.

- Pereira, J. (2013). *Desenvolvimento (Crescimento, diferenciação e morfogênese)*. Faculdade Evangélica de Goianésia. Recuperado de: <http://pt.slideshare.net/joseannypereira/aula-desenvolvimento-das-plantas>.
- Pereira, T., Seabra, T., Pina, A, Freitas L. & Amaro, A. (2014). *Portuguese Informative Inventory Report 1990 - 2012*. Amadora: Portuguese Environmental Agency. Recuperado de: http://www.apambiente.pt/_zdata/DPAAC/INERPA/NIR_global_20140526.pdf.
- Pereira, T., Seabra, T., Pina, A, Freitas L. & Amaro, A. (2015). *Portuguese Informative Inventory Report 1990 - 2013*. Amadora: Portuguese Environmental Agency. Recuperado de: http://www.apambiente.pt/_zdata/Inventario/IIR_global_FINAL_v2_site_APA.pdf.
- Pinto, P. & Morais, A. (2000). *Boas práticas para a Conservação de Produtos Hortofrutícolas*. Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica. Recuperado de <http://www.esac.pt/noronha/manuais/boas%20praticas%20horto%20spiral.pdf>.
- Quinta dos Lamaçais, S.A. Recuperado em 28 Junho, 2016 de <http://www.quintadelamacais.pt/>.
- Ramírez, C.A., Patel, M. & Blok, k. (2006) How much energy to process one pound of meat? A comparison of energy use and specific energy consumption in the meat industry of four European Countries. *Energy*, 31 (12), 2047- 2063. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2005.08.007>.
- Ramos, N. & Soares, C. (2014). *Aranhizo Amarelo*. Ficha de Divulgação, nº18. Direção Regional e Pesca do Algarve. Recuperado de http://www.drapalg.min-agricultura.pt/downloads/Temas%20e%20servicos/Inimigos_Culturas_FD_EAA/PRUN_FD-EAA/PRUN_FD2014_EAA_18AranhizoAmarelo.pdf.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., ... Pennington, D.W. (2004). Life cycle assessment part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environ Int.*, 30(5), 701-720. doi: 10.1016/j.envint.2003.11.005.
- Romanski L., Dyjakon A., Adamczyk F. & Frackowiak P. (2014) Problems With Deriving The Fruit Tree Pruned Biomass For Energy Use. *Agricultural Engineering*, 3(151), 157 - 167. doi: <http://dx.medra.org/10.14654/ir.2014.151.068>.

- Royan, M., Khojastehpour, M., Emadi, B. & Mobtajer, H. (2012). Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. *Energy Conversion and Management*, 64, 441-446. doi: 10.1016/j.enconman.2012.07.002.
- Santos, J., Raseira, M. & Zanandrea, I. (2012). *Resistência à podridão parda em pessegueiro. Bragantia*. Recuperado de: http://www.scielo.br/pdf/brag/2012nahead/aop_1194_12.pdf.
- Sarvisé, A. M. (1993). *Les installations frigorifiques de la indústria agroalimentária*. Barcelon, Spain: Departament d'Indústria i Energia. Institui Catalá d'Energia.
- Schau, E. & Fet, A. (2008). LCA studies of food products as background for environmental product declarations. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(3), 255-264. doi: 10.1065/lca2007.12.372.
- Silva, J. (2008). *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas (2ª ed.)*. Viçosa, Brasil: Aprenda Fácil.
- Simões, M. P., Barateiro, A., Duarte, A. C., Dias, C., Ramos, C., Alberto, D., . . . Lopes, S. (2016). *+pêssego. Guia prático da Produção*. Empresa, Lda.
- Somerville W. (1996) *Pruning and training fruit trees*. Australia: Inkata Press.
- Soni, P., Taewichit, C. & Salokhe, V. M. (2013). Energy consumption and CO2 emissions in rainfed agricultural production systems of Northeast Thailand. *Agriculture Systems*, 116: 25-36. doi: 10.1016/j.agsy.2012.12.006.
- Sustainability Victoria. (2009). *Energy Efficiency Best Practice Guide Industrial Refrigeration*. Vitoria, Australia. Recuperado de: <http://www.sustainability.vic.gov.au/-/media/resources/documents/services%20and%20advice/business/srsb%20em/resources%20and%20tools/srsb%20em%20best%20practice%20guide%20refrigeration%202009.pdf>.
- Swain, M. J., Evans, J. & James, S.J. (2009). Energy consumption in the UK food chill chain - Primary chilling. *Food Manufacturing Efficiency*, 2(2), 25-33. doi: 10.1616/1750-2683.0033.
- Teixeira, A., Carvalho, A., Geraldes, A., Ribeiro, A., Gonçalves, A., Chaves, C., Pereira, E., Pires, J., Azevedo, J., Miranda de Castro, J., Nunes, L., Feliciano, M., Arrobas, M., Pinto, M., Patrício, M., Cortez, P. & Dicke, S. (2009). *Manual de Boas Práticas em Espaços Verdes*. Bragança: Escola Tipográfica.

- Thomassen, M.A. & de Boer, I.J. (2005). Evaluation of indicator to assess the environmental impact of dairy production systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 111, 185-199. doi: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788090500280X>.
- Van der Werf, H., Garnett, T., Corson, M., Hayashi, K., Huisingh, D. & Cederberg. (2014). Towards eco-efficient agriculture and food systems: theory, praxis and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 73, 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.017>.
- Vázquez-Rowe, I., Villanueva-Rey, P., Iribarren, D., Moreira, M.T. & Feijoo, G. (2012). Joint life cycle assessment and data envelopment analysis of grape production for vinification in the Rías Baixas appellation (NW Spain). *Journal of Cleaner Production*, 27, 92-102. doi: 10.1016/j.jclepro.2011.12.039.
- Vieira, S., Zotti, C. & Paulino, V. (2010). *Práticas de Manejo para minimizar a emissão de gases do Efeito Estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes*. Disciplina Ecologia de Pastagens. Curso de Pós-Graduação em Produção Animal Sustentável. Brasil: Instituto de Zootecnia, APTA/SAA. Recuperado de: <http://www.caprilvirtual.com.br/Artigos/PraticasMinimizarEfeitoEstufa.pdf>.
- Vinyes, E., Gasol, C., Asin, L., Alegre, S. & Munõz, P. (2015). Life Cycle Assessment of multiyear peach production. *Journal of Cleaner Production*, 68-79. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.05.041.
- Weidema, B. P. & Wesnæs, M. S. (1996). Data quality management for life cycle inventories—an example of using data quality indicators. *Journal of Cleaner Production*, 4:167-174. Doi: 10.1016/S0959-6526(96)00043-1.
- Xu, T. & Flapper J. (2011). Reduce energy use and greenhouse gas emissions from global dairy processing facilities. *Energy Policy*, 39, 234-247. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.09.037>.
- Xu, T., Flapper, J. & Kramer, K. J. (2009). Characterization of energy use and performance of global cheese processing. *Energy*, 34(11), 1993-2000. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2009.08.014>.
- Zagory, D. (2000). What modified atmospheres packagins can and can't do for you. 16th Annual Postharvest Conference. Acedido a 18 de agosto de 2016, em <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pages/PC2000X>.