COMPETE
PROGRAMA OPERACIONAL FACTORES DE COMPETITIVIDADE

QUADRO DE REFERÊNCIA ESTRATÉGICO NACIONAL
PORTUGAL 2007.2013

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

ecodeep
ECO-EFICIÊNCIA E A ECO-GESTÃO NO SECTOR AGRO-INDUSTRIAL

Avaliação de Ciclo de Vida dos Hortofrutícolas

Fileira dos Hortofrutícolas

CIE CENTER FOR INDUSTRIAL ECOLOGY
universidade de aveiro
utad
ESAC POLITÉCNICO DE COIMBRA
Instituto Politécnico de Castelo Branco
ipb INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

Entidades envolvidas na elaboração do relatório:

Prof. Fausto Freire - fausto.freire@dem.uc.pt; 239 790 739/708
Centro para a ecologia Industrial, ADAI-LAETA, Universidade de Coimbra
http://www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology

Prof. Manuel Feliciano - msabenca@ipb.pt; 273 303 200
Centro de Investigação de Montanha, ESA- Instituto Politécnico de Bragança

Prof. Luís Pinto de Andrade - luispa@ipcb.pt
IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco

Fileira	Hortofrutícolas		
Título	"Avaliação de Ciclo de Vida dos Hortofrutícolas"		
Autores	Diana Rosa, Filipa Figueiredo, Érica Castanheira, Pedro Marques M. Ângelo Rodrigues, António Peres, Filipe Maia, António Ramos, António D. Ferreira, João Carneiro, Ana Paula Silva, Henrique Trindade, Luís P. Andrade, Manuel Feliciano e Fausto Freire		
Parceiros do projeto	ADAI-UC – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial – Universidade de Coimbra ESAC-IPC – Escola Superior Agrária de Coimbra – Instituto Politécnico de Coimbra IPB – Instituto Politécnico de Bragança IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco UA – Universidade de Aveiro UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro		
Versão	v1	**Data**	30-12-2014

Palavras-chave	Amêndoa, Armazenamento, Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), Castanha, Cereja, Cultivo, Maçã, Noz, Pera, Processamento, Tomate.

Índice

Índice de Figuras iii

Índice de Tabelas v

I. Introdução 1
a) A fileira das hortofrutícolas 1
b) Contexto e objetivos 4
c) Estrutura do relatório 5

II. Metodologia 6
a) Avaliação de Ciclo de Vida 6
b) Procedimentos gerais da investigação 8

III. Considerações finais 9
a) Conclusões Gerais 9
b) Sugestões para trabalho futuro 10
c) Principais simplificações e limitações 11
d) Oportunidades de melhoria de carácter geral 12

PARTE A – Avaliação de ciclo de vida da amêndoa 15
A.1. Descrição da produção de amêndoa 16
A.2. Definição dos objetivos e do âmbito 18
A.3. Análise de inventário 19
A.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida 20
A.5. Conclusões e oportunidades de melhoria 21

PARTE B – Avaliação de ciclo de vida da castanha 23
B.1. Descrição da produção de castanha 24
B.1.1. Cultivo – Souto 24
B.1.2. Processamento 26
B.2. Definição dos objetivos e do âmbito 27
B.3. Análise de inventário 28
B.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida 29
B.5. Conclusões e oportunidades de melhoria 31

PARTE C – Avaliação de ciclo de vida da cereja 33
C.1. Descrição da produção de cereja 34
C.2. Definição dos objetivos e do âmbito 36
C.3. Análise de inventário 36
C.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida 37
C.5. Conclusões e oportunidades de melhoria 38

PARTE D – Avaliação de ciclo de vida da maçã 40
D.1. Descrição da produção de maçã 41
D.1.1. Cultivo – Macieiral 41
D.1.2. Armazenamento 44
D.2. Definição dos objetivos e do âmbito 44
D.3. Análise de inventário 45
D.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida 48
D.5. Conclusões e oportunidades de melhoria 50

PARTE E – Avaliação de ciclo de vida da noz 52

E.1. Descrição da produção de noz 53
E.2. Definição dos objetivos e do âmbito 55
E.3. Análise de inventário 55
E.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida 56
E.5. Conclusões e oportunidades de melhoria 56

PARTE F – Avaliação de ciclo de vida da pera 58
F.1. Descrição da produção de pera 59
F.1.1. Cultivo – Pereiral 59
F.1.2. Armazenamento 61
F.2. Definição dos objetivos e do âmbito 62
F.3. Análise de inventário 63
F.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida 65
F.5. Conclusões e oportunidades de melhoria 66

PARTE G – Avaliação de ciclo de vida do tomate 67
G.1. Descrição da produção de tomate 68
G.2. Definição dos objetivos e do âmbito 70
G.3. Análise de inventário 71
G.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida 72
G.5. Conclusões e oportunidades de melhoria 73

Referências Bibliográficas 75

Apêndice I 80

ÍNDICE DE FIGURAS

I
Figura I. 1 - Produção de frutos frescos: [A] maçã, [B] pera, [C] cereja (INE, 2014b). .. 2

Figura I. 2 - Variação nas quantidades produzidas, consumidas, importadas e exportadas de maçã, pera e cereja (2005 a 2013) (INE, 2014e; INE, 2013a; INE, 2013b).. 2

Figura I. 3 - Produção de frutos secos: [D] amêndoa, [E] castanha, (INE, 2014b). 3

Figura I. 4 - Variação nas quantidades produzidas, consumidas, importadas e exportadas de amêndoa e castanha (2005 a 2013) (INE, 2014f; INE, 2013c). 3

Figura I. 5 - Dados do tomate para a indústria: [Fa] área de cultivo, [Fb] produção, (INE, 2014b). 4

II
Figura II. 1 - Fases de uma Análise de Ciclo de Vida (ISO 14040: 2006) 6

A
Figura A. 1 - Repartição da área de amendoal, por concelho, em Trás-os-Montes (GPP, 2007b). 16

Figura A. 2 - Fronteiras do sistema de cultivo da amêndoa. 19

Figura A. 3 - Impactes ambientais por kg de amêndoa cultivada. 21

B
Figura B. 1 - Localização das variedades DOP de Trás-os-Montes. (Silva *et al.*, 2007) 24

Figura B. 2 - Fronteiras do sistema de produção de castanha. 28

Figura B. 3 - Impacte ambiental da produção de 1 kg de castanha fresca. 30

Figura B. 4 - Impacte ambiental da produção de 1 kg de castanha congelada. 31

C
Figura C. 1 - Fronteiras do sistema de cultivo da cereja. 36

Figura C. 2 - Impactes ambientais por kg de cereja cultivada. 38

D
Figura D. 1 - Fronteiras do sistema de produção de maçã. 45

Figura D. 2 - Impactes ambientais por kg de maçã produzido, para as categorias AC e AT. 50

Figura D. 3 - Impactes ambientais por kg de maçã produzido, para as categorias EAD e EM. 50

E
Figura E. 1 - Fronteiras do sistema de produção da noz. 55

Figura E. 2 - Impactes ambientais por kg de noz cultivada. 56

F
Figura F. 1 - Produção de pera Rocha em Portugal (ANP, 2005). 59

Figura F. 2 - Fronteiras do sistema de produção de pera. 62
Figura F. 3 - Impactes ambientais por kg de pera produzida. 65

G
Figura G. 1 - Fronteiras do sistema de cultivo do tomate. 70
Figura G. 2 - Impactes ambientais por kg de tomate cultivado. 73

Apêndice I
i - Modelo da folha de rosto de todos os inquéritos. 80
ii - Modelo dos inquéritos da fase do cultivo para os frutos frescos e secos, parte 1. 81
iii - Modelo dos inquéritos da fase do cultivo para os frutos frescos e secos, parte 2. 82
iv - Modelo dos inquéritos da fase do cultivo para os frutos frescos e secos, parte 3. 83
v - Modelo dos inquéritos ao processamento dos frutos de casca rija - parte 1. 84
vi - Modelo dos inquéritos ao processamento dos frutos de casca rija - parte 2. 85
vii - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da maçã, parte 1. 86
viii - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da maçã, parte 2. 87
ix - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da pera, parte 1. 88
x - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da pera, parte 2. 89
xi - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da maçã, parte 3. 90
xii - Modelo dos inventários do cultivo do tomate, parte1. 91
xiii - Modelo dos inventários do cultivo do tomate, parte 2. 92
xiv - Modelo dos inventários do cultivo do tomate, parte 3. 93
xv - Modelo dos inventários do cultivo do tomate, parte 4. 94
xvi - Modelo dos inventários do processamento do tomate, parte 1. 95
xvii - Modelo dos inventários do processamento do tomate, parte 2. 96
xviii - Modelo dos inventários do processamento do tomate, parte 3. 97
xix - Modelo dos inventários do processamento do tomate, parte 4. 98

ÍNDICE DE TABELAS

II

Tabela II. 1 - Categorias de impacte do método ReCiPe consideradas (Goedkoop *et al.*, 2013)..... 7

A

Tabela A. 1 - Principais características do produtor de amêndoa estudado. 18

Tabela A. 2 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo de amêndoa, por hectare. 19

B

Tabela B. 1 - Principais características dos produtores de castanha estudados..... 26

Tabela B. 2 - Principais características da empresa de processamento de castanha estudada. 27

Tabela B. 3 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da castanha, por hectare. 29

Tabela B. 4 - Principais entradas energéticas para o processamento de castanha, por kg de castanha colhida..... 29

C

Tabela C. 1 - Principais características do produtor de cereja estudado. 35

Tabela C. 2 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da cereja, por 0,5 hectare. 37

D

Tabela D. 1 - Principais características dos produtores de maçã estudados..... 43

Tabela D. 2 - Principais características das empresas de armazenamento/embalamento de maçã estudadas. 44

Tabela D. 3 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da maçã (P1 a P6), por hectare. 46

Tabela D. 4 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da maçã (P7 a P10), por hectare. 47

Tabela D. 5 - Principais entradas para o armazenamento e embalamento de 1 kg de maçã..... 48

E

Tabela E. 1 - Principais características do produtor de noz estudado. 54

Tabela E. 2 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da noz, por hectare. ... 56

F

Tabela F. 1 - Principais características dos produtores de pera estudados. 61

Tabela F. 2 - Principais características da empresa de armazenamento de pera estudada. 62
Tabela F. 3 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da pera, por hectare. .. 63
Tabela F. 4 - Principais entradas para o armazenamento e embalamento de 1 kg de pera. 64

G

Tabela G. 1 - Principais características dos produtores de tomate estudados. 70
Tabela G. 2 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo do tomate, por hectare. 71

I. INTRODUÇÃO

a) A fileira das hortofrutícolas

A fileira dos hortofrutícolas apresenta a análise aos frutos, legumes e hortaliças, (vulgarmente designados por frutos e vegetais). Este relatório foca-se essencialmente no estudo de três frutos frescos (designadamente a cereja, a maçã e a pera), três frutos secos (a amêndoa, a castanha e a noz) e um hortícola (o tomate para a indústria).

Em 2009, cerca de 19% da totalidade da superfície agrícola utilizada (3 668 145 ha) correspondia às culturas permanentes (frutos frescos, de casca rija e subtropicais, citrinos, olival e vinha) e 23% às culturas temporárias, onde se incluem os hortícolas (INE, 2011). Das culturas permanentes, 6% respeitava aos frutos frescos e 11% aos de casca rija. Quanto às culturas temporárias, as hortícolas (onde se inclui o tomate) representavam 6% do total.

Os pomares de frutos frescos distribuíam-se em 2009 por 41,5 mil explorações e ocupavam uma superfície cerca de 40 mil hectares (INE, 2011). O Ribatejo e Oeste continua a ser a principal região produtora deste tipo de fruto, com cerca de 41% da área de cultivo, seguindo-se Trás-os-Montes (19%) e a Beira Interior (15%) (INE, 2011). Cerca de 31% da área de produção de frutos frescos dizia respeito ao cultivo de macieiras, 27% às pereiras e 14% às cerejeiras. Os pomares de macieira localizam-se maioritariamente em Trás-os-Montes e no Ribatejo e Oeste, sendo que é também nesta última região que se concentra a maior parte da área de pereiras. Quanto à cerejeira, grande parte da área de cultivo localiza-se na região da Beira Interior (INE, 2011).

Como se pode verificar pela Figura I.1 [A], a produção de maçã em 2013 rondou as 287 mil toneladas, o que correspondeu a um aumento de 30% face ao ano anterior, sendo esta campanha a melhor da última década. Em [B] verifica-se que a produção de pera foi 202 mil toneladas, valor muito superior à da campanha anterior (116 mil t) e notavelmente inferior às 230 mil toneladas produzidas em 2011, a produção máxima alcançada. As produtividades previstas para o ano de 2014 rondam as 20 t/ha para a maçã e 17,7 t/ha para a pera (INE, 2014a). Relativamente a [C], a produção de cereja em 2013 rondou as 11 mil toneladas, um aumento de 3,5% face a 2012 (ambos os anos foram bastante afetados por condicionalismos climatéricos) (INE, 2014b). Prevê-se para 2014 uma produção de 9 toneladas e uma redução na produtividade de 11%, passando das 1,8 t/ha apresentadas em 2013 para 1,6 t/ha (INE, 2014c).

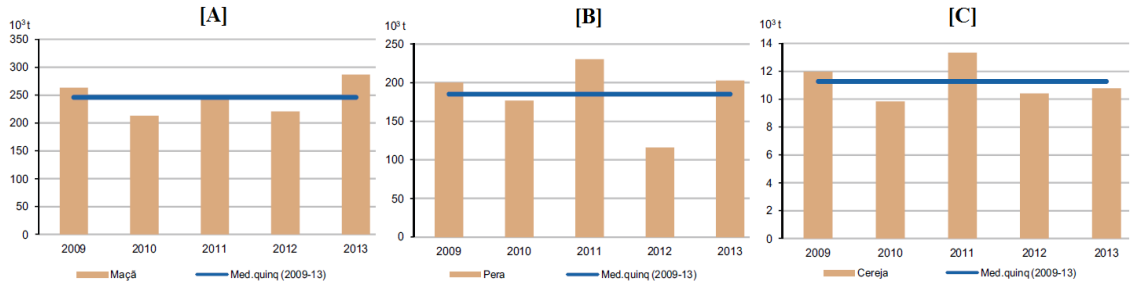

Figura I. 1 - Produção de frutos frescos: [A] maçã, [B] pera, [C] cereja (INE, 2014b).

Da observação da Figura I.2, verifica-se que as importações de maçã em 2013 foram 60% superiores às exportações, verificando-se um aumento de 8% tanto nas importações como nas exportações face ao ano anterior. No que diz respeito à pera, apesar de se ter verificado uma diminuição nas exportações face a 2012 de 15% e um aumento nas importações de 25%, observa-se que as exportações em 2013 foram cerca de 81% superiores às importações. Quanto à cereja, verifica-se que as importações foram sempre largamente superiores às exportações (81-98% superiores) em todos os anos apresentados. Verificou-se que apesar de se ter notado uma quebra de 28% na produção de 2011 para 2012, deu-se uma diminuição de 48% nas importações e um aumento de 82% nas exportações.

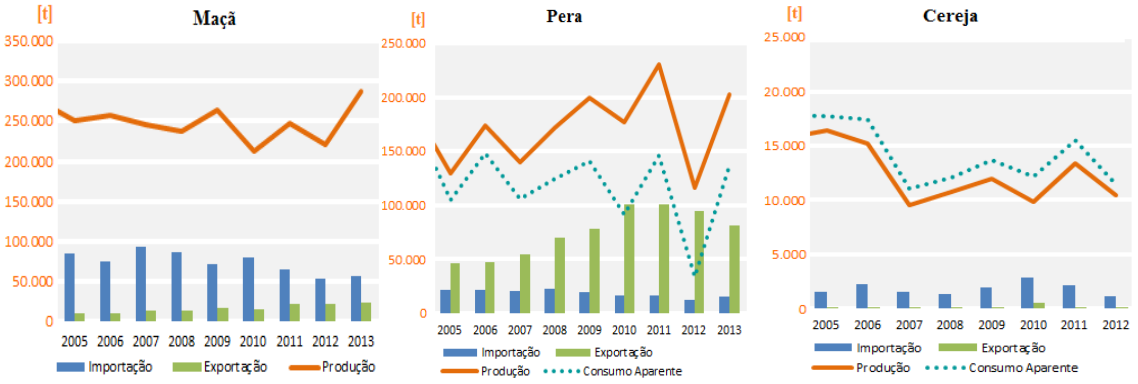

Figura I. 2 - Variação nas quantidades produzidas, consumidas, importadas e exportadas de maçã, pera e cereja (2005 a 2013) (INE, 2014e; INE, 2013a; INE, 2013b).

Quanto aos pomares de frutos de casca rija, estes apresentavam em 2009 cerca de 115 mil hectares presentes em 45,5 mil explorações (INE, 2011). A área ocupada por castanheiros representava cerca de 30% da área de frutos de casca rija, concentrada principalmente em Trás-os-Montes (86%). A área de amendoeiras representava cerca de 21% da área total e encontrava-se distribuída por Trás-os-Montes (67%) e Algarve (25%). A nogueira apresenta um peso reduzido no universo dos frutos de casca rija (2%) e, apesar de ter alguma importância em Trás-os-Montes, está presente em todas as regiões agrárias do Continente (INE, 2011).

Pela Figura I.3 [D] verifica-se que a produção de amêndoa em 2013 foi muito inferior aos precedentes anos (devido principalmente às adversidades climatéricas) tornando-se assim na pior campanha das últimas duas décadas, com apenas 4,4 mil toneladas (-38% face a 2012). Prevê-se para 2014 um aumento na produção de amêndoa para o dobro (8 t), e uma produtividade de 295

kg/ha (INE, 2014a). Quanto a [E] verificou-se um aumento de 29% na produção de castanha em 2013 face ao ano anterior, totalizando 24,5 mil toneladas, (INE, 2014b; INE, 2013c). A produtividade prevista para 2014 é de 735 kg/ha, prevendo-se uma redução de cerca de 35% na produção, estimada em 16 mil toneladas e sendo este o pior registo das últimas duas décadas. Esta diminuição deve-se em parte à incidência da doença septoriose do castanheiro na zona Norte, dadas as temperaturas amenas e precipitações elevadas no mês de setembro (INE, 2014d). No que diz respeito à noz, em 2013 verificou-se que a área plantada foi cerca de 3 mil ha e obteve-se uma produção de 4,6 mil toneladas (aumento de 22% face a 2010 com 3,6 mil t) (INE, 2014b). A produtividade média verificada em Portugal ronda as 1,3 t/ha (GPP, 2007a).

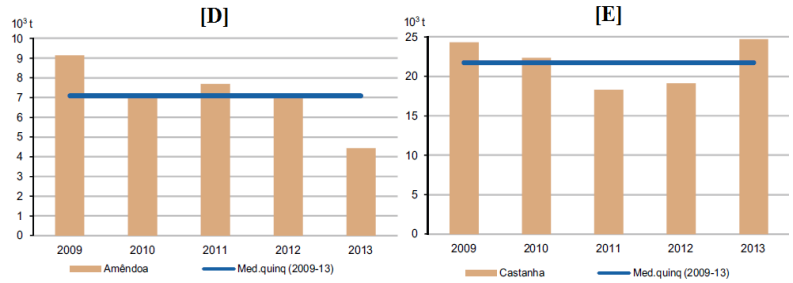

Figura I. 3 - Produção de frutos secos: [D] amêndoa, [E] castanha, (INE, 2014b).

Da observação da Figura I.4, verifica-se que a produção de amêndoa tem vindo a diminuir consideravelmente (de 2005 para 2013 diminuiu 73%), espelhando a situação de abandono, degradação e envelhecimento dos amendoais em Portugal (INE, 2014f). Verificou-se uma diminuição notável (45%) nas exportações de 2012 para 2013 e um aumento de 12% nas importações (concordante com a diminuição abrupta na produção nesse ano). Quanto à castanha, observa-se que entre 2005 e 2012 a exportação supera a importação entre 49-92%, sendo pois em 2012 84% superior.

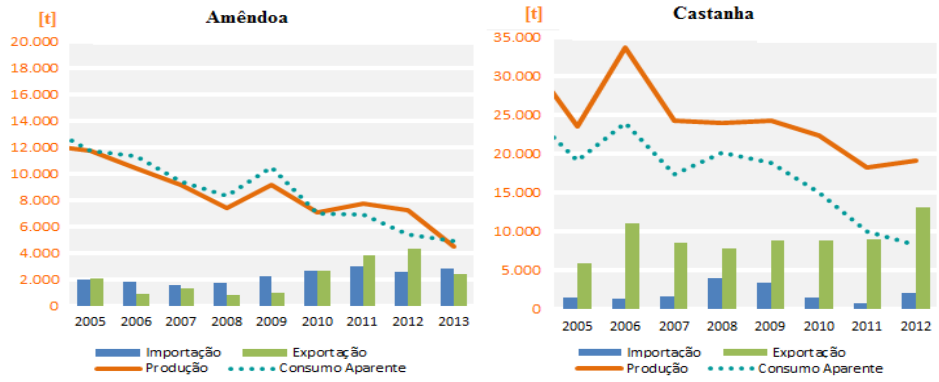

Figura I. 4 - Variação nas quantidades produzidas, consumidas, importadas e exportadas de amêndoa e castanha (2005 a 2013) (INE, 2014f; INE, 2013c).

A produção de tomate em 2013 foi no total 1 187 mil toneladas, cerca de 92% referentes ao tomate para a indústria (1 090 mil t) e 8% para o tomate fresco (97 mil t). A área total ocupada para o cultivo de tomate foi de 15,6 mil ha, distribuídos em 90% para produção de tomate para a indústria e os restantes 10% para o tomate para consumo em fresco (INE, 2014b). De 2009 a 2013

verificou-se uma diminuição da área de cultivo do tomate para a indústria de cerca de 17% (para 14 mil ha), como se pode observar na Figura I.5 [Fa]. A produção (visível em [Fb]), foi em 2013 cerca de 1 090 mil toneladas, inferior a 2012 em cerca de 19% (sendo esta diminuição provocada essencialmente pela precipitação ocorrida no final da campanha que levou ao apodrecimento de muitos dos frutos por colher) (INE, 2014b; INE, 2013d). Para 2014 prevê-se uma produtividade de cerca de 82 toneladas por hectare, para uma produção estimada de 1 307 toneladas (INE, 2014d).

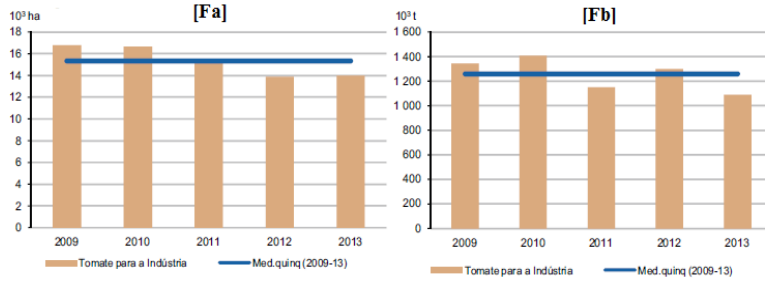

Figura I. 5 - Dados do tomate para a indústria: [Fa] área de cultivo, [Fb] produção, (INE, 2014b).

b) Contexto e objetivos

Em 2011, a produção do Ramo Agrícola Português representou 6 298 milhões de euros, sendo que cerca de 52% deste valor concerne à produção vegetal, com destaque para os produtos hortícolas (17,4%) e para as frutas (17,3%) (GPP, 2012a). Dada a relevância apresentada pelo sector em causa e a crescente preocupação com o desempenho ambiental dos produtos, torna-se fundamental a aplicação de ferramentas de gestão ambiental. Destas salienta-se a metodologia científica de Avaliação de Ciclo de Vida (ISO 14040-14044:2006), que permite analisar as entradas, saídas e os impactes ambientais potenciais de um sistema de produto em todas as fases do seu ciclo de vida: a partir da extração de recursos, por meio da produção de materiais, o produto em si, a utilização do produto e a sua gestão final.

O relatório "Avaliação de ciclo de vida dos hortofrutícolas em Portugal" insere-se num conjunto de seis relatórios setoriais realizados no âmbito do projeto Ecodeep – Eco-eficiência e Eco-gestão no sector agroindustrial. Este projeto tem por meta aumentar a competitividade, sustentabilidade e inovação no sector agroalimentar através do desenvolvimento de metodologias inovadoras com base no conceito de análise de ciclo de vida, contribuindo para a redução das incidências ambientais, a otimização da gestão dos recursos naturais enquanto matérias-primas e a adoção das melhores técnicas disponíveis.

Para o estudo desta fileira foram analisados seis frutos (amêndoa, castanha, cereja, maçã, noz e pera) e um hortícola: o tomate. O presente relatório tem como principal objetivo apresentar os resultados finais da avaliação de ciclo de vida, para a fileira "Hortofrutícolas".

c) Estrutura do relatório

O presente relatório encontra-se estruturado em dez partes distintas. Na primeira parte é realizada uma introdução à fileira, são apresentados o contexto e objetivos, e ainda a estrutura do relatório (a presente seção). Na segunda parte é apresentada a metodologia adotada, incluindo uma breve abordagem à ACV e ainda é feita a descrição do desenvolvimento desta investigação, inclusive o procedimento adotado. Na terceira parte encontram-se as considerações finais (conclusões e recomendações gerais). As restantes sete partes concernem aos estudos realizados para a amêndoa, a castanha, a cereja, a maçã, a noz, a pera e o tomate. Cada uma destas partes encontra-se dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo é feita a descrição dos respetivos sistemas de produção em Portugal. No segundo capítulo são definidos os objetivos e o âmbito do estudo. A análise de inventário encontra-se no terceiro capítulo e no quarto os principais resultados da avaliação de impactes de ciclo de vida. Por fim, no quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões e indicadas as principais oportunidades para melhoria.

II. METODOLOGIA

a) Avaliação de Ciclo de Vida

O reconhecimento pelo sector empresarial de que as preocupações com o ambiente podem ser traduzidas em vantagens de mercado para determinados produtos e serviços levou à elaboração de várias declarações, títulos e rótulos ambientais (Trindade, 2009). Também algumas políticas europeias, nomeadamente a Política Integrada de Produto (EC, 2003), aplicam uma pressão crescente sobre a indústria para melhorar o desempenho ambiental dos seus produtos e comunicar essa informação ambiental ao longo da cadeia de abastecimento. Como tal, hoje em dia as empresas têm disponíveis várias ferramentas de gestão ambiental baseadas na perspetiva de ciclo de vida (CV). A ACV é amplamente reconhecida como a abordagem mais avançada para avaliar os impactes ambientais potenciais de produtos disponível (EC, JRC e IES, 2010; EC, 2003). A Organização Internacional de Normalização (ISO) define Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como: "Compilação e avaliação das entradas, saídas e os impactes ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida" (ISO 14040: 2006). É uma ferramenta para a análise da carga ambiental dos produtos em todas as fases do seu ciclo de vida: a partir da extração de recursos, por meio da produção de materiais, partes do produto e o produto em si, a utilização do produto até à sua gestão depois de este ser descartado, seja por meio da reutilização, reciclagem ou disposição final (perspetiva holística "do berço ao túmulo") (Guinèe, 2002). O processo de ACV é uma sistemática abordagem faseada composta por quatro etapas: definição de objetivos e âmbito, análise de inventário, avaliação de impactes e interpretação dos resultados, como se ilustra na Figura II.1 (ISO 14040: 2006).

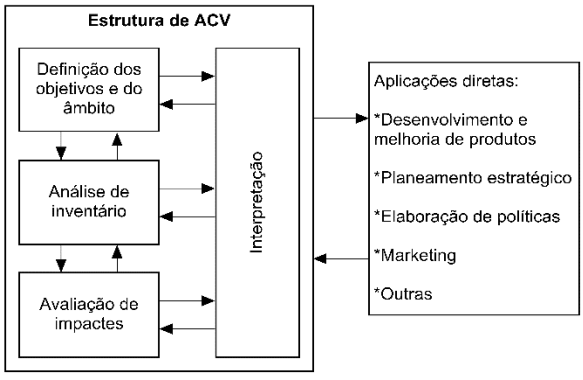

Figura II. 1 - Fases de uma Avaliação de Ciclo de Vida (ISO 14040: 2006)

Genericamente podemos caracterizar as quatro principais fases de ACV da seguinte forma:

- Definição do objetivo e do âmbito: descrição do sistema em termos das suas fronteiras e da unidade funcional;

- Inventário de CV: identificação e quantificação da energia, água e materiais utilizados, bem como as emissões para o meio ambiente;
- Avaliação de impactes do CV: cálculo das potenciais contribuições para determinadas categorias de impacte;
- Interpretação: procedimento iterativo e sistemático no qual tanto os resultados da análise de inventário como da avaliação de impactes são avaliados em relação aos objetivos e âmbito definidos, com o intuito de chegar a conclusões e recomendações.

Para a realização da fase de AICV o cálculo dos impactes ambientais faz parte dos elementos obrigatórios apresentados pela norma ISO 14044. Nesta fase do estudo, o impacte potencial de cada emissão do inventário e/ou fluxo de recursos para o meio ambiente é modelado quantitativamente de acordo com o mecanismo ambiental relevante, utilizando um modelo de caracterização (Piekarski *et al.*, 2012). Estes modelos são denominados métodos para AICV e podem ser classificados em duas categorias de acordo com a abordagem que utilizam: *midpoint* e *endpoint*. A modelagem *midpoint* consiste em agregar todas as substâncias do ICV que apresentem uma característica comum na cadeia causa-efeito do mecanismo ambiental, indicando os impactes em potencial ao invés das consequências finais. Ao nível *endpoint* são modelados todos os mecanismos ambientais que ligam os impactes do ICV com o respetivo impacte sobre as áreas de proteção, ou seja, quantifica-se as consequências das categorias de impacte *midpoint* nas áreas de proteção ao nível *endpoint* (abordagem orientada ao dano) (Goedkoop *et al.*, 2013).

A avaliação de impactes ambientais foi feita com recurso ao *software* SimaPro v7.3 (Goedkoop *et al*. 2008). O método de avaliação de impactes ambientais utilizado na realização deste projeto foi o ReCiPe (V1.07 / Midpoint (H)) (Goedkoop *et al*. 2013), e foram consideradas quatro categorias *midpoint* de impacte ambiental: alterações climáticas (AC), acidificação terrestre (AT), eutrofização de água doce (EAD) e por fim a eutrofização marinha (EM). Na seguinte Tabela II.1, introduzem-se resumidamente as categorias de impacte analisadas.

Tabela II. 1 - Categorias de impacte do método ReCiPe consideradas (Goedkoop *et al.*, 2013).

Categoria de impacte	Descrição	Sigla	Unidade
Alterações Climáticas	Associado às emissões dos gases com efeito de estufa. O fator de caracterização das alterações climáticas é o potencial de aquecimento global (GWP).	AC	kg CO_2 eq
Acidificação Terrestre	A deposição atmosférica de substâncias inorgânicas, tais como sulfatos, nitratos e fosfatos, podem causar alterações na acidez no solo.	AT	kg SO_2 eq
Eutrofização de Água Doce	Enriquecimento em nutrientes do ambiente aquático, essencialmente compostos de fósforo e nitrogénio.	EAD	kg P eq
Eutrofização Marinha		EM	kg N eq

b) Procedimentos gerais da investigação

Neste relatório encontram-se vários casos de estudo relativos a Portugal respeitantes à fileira das hortofrutícolas. O procedimento adotado foi consoante o da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) definida nas normas ISO 14040:2006 e 14044:2006. Como tal, foram seguidas as quatro fases principais de uma ACV: a definição dos objetivos e âmbito; a análise de inventários; a avaliação de impactes de CV e a interpretação dos resultados.

Para a elaboração do presente estudo foi necessário o envio de inquéritos, criados pelo CIE, para vários produtores e empresas de transformação e/ou armazenamento de hortofrutícolas. Os inquéritos foram criados para que a recolha de dados fosse feita com uma base comum, em inquéritos específicos para cada sub-fileira. Esta recolha permitiu a elaboração de inventários para cada um dos casos de estudo. Foram inquiridas 38 explorações e empresas de transformação de hortofrutícolas, que forneceram dados referentes a vários anos, traduzindo-se num total de 60 inventários. Os inquéritos modelo não preenchidos encontram-se apresentados para consulta no Apêndice I.

Após a recolha de dados ou seja, o preenchimento dos inquéritos, foi necessária a realização de cálculos para os adequar aos processos unitários e à unidade funcional, e também avaliar a sua qualidade. Resta salientar que a construção do ICV é iterativa, e que com as alterações nos dados e consequentemente no sistema em si, deve-se proceder a novas definições de objetivos e âmbito.

Procedeu-se então à avaliação de impactes ambientais com recurso ao SimaPro v7.3 (Goedkoop *et al*. 2008) e ao ReCiPe (Goedkoop *et al*. 2013), e considerando quatro categorias de impacte ambiental: AC, AT, EAD e EM, como foi referido anteriormente.

Após a computação no SimaPro foram obtidos os resultados respeitantes às categorias de impacte já referidas e foram dispostos graficamente para possibilitar a melhor visualização dos diversos impactes respeitantes aos vários produtos e fases de CV considerados. De seguida foram analisados criticamente estes resultados, e retiradas conclusões. Foram ainda apontadas a principais oportunidades de melhoria encontradas ao longo da realização deste estudo.

III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo apresenta as considerações finais relativas ao presente relatório. Na primeira seção são apresentadas as conclusões gerais deste estudo. Na segunda seção encontram-se as principais sugestões para trabalho futuro, e na terceira as limitações e simplificações. Finalmente na última seção serão apresentadas algumas oportunidades de melhoria de caráter geral encontradas no decorrer desta investigação.

O principal objetivo desta investigação consistiu em avaliar o desempenho ambiental de ciclo de vida de vários hortofrutícolas produzidos em Portugal, pela implementação da metodologia Avaliação do Ciclo de Vida. Da fileira das hortofrutícolas foram considerados sete produtos: a amêndoa, a castanha, a cereja, a maçã, a noz, a pera e por fim o tomate. Foram desenvolvidos sete modelos e 60 inventários: dois para o cultivo de amêndoa, seis para o cultivo de castanha e um para o seu processamento, três para o cultivo de cereja, vinte e um para o cultivo de maçã e dez para o seu armazenamento, dois para a produção de noz, seis para o cultivo da pera e dois para o seu armazenamento e, por fim, sete para o cultivo do tomate.

A avaliação de impactes de ciclo de vida foi realizada com recurso ao *software* SimaPro v7.3 (Goedkoop *et al*. 2008) pela utilização do método de avaliação de impactes ambientais de ciclo de vida (AICV) ReCiPe (V1.07 / Midpoint (H)) (Goedkoop *et al*. 2013) e foram consideradas quatro categorias *midpoint* de impacte ambiental: AC, AT, EAD e, por fim, EM.

Foram analisados os resultantes impactes ambientais referentes a cada fase de CV do sistema de produção dos hortofrutícolas e os processos mais críticos foram identificados e caracterizados. Encontram-se seguidamente apresentadas as conclusões gerais desta análise e indicadas as principais causas dos impactes ambientais, por fase de CV, para as quatro categorias de impacte selecionadas.

a) Conclusões Gerais

No que diz respeito à fase do cultivo verifica-se que para a maioria dos produtores e para a categoria Alterações Climáticas, os impactes ambientais mais relevantes provieram da produção e combustão do gasóleo para a amêndoa, a maçã, a noz, a pera e o tomate. Para a castanha e a cereja salienta-se a contribuição da produção e aplicação de fertilizantes. Quanto à Acidificação Terrestre, para o cultivo da castanha, da cereja, da maçã, da pera e do tomate, as principais emissões foram originárias da produção e aplicação de fertilizantes. Para a noz as principais contribuições provieram da produção e combustão do gasóleo (não são aplicados fertilizantes no sistema de cultivo de noz estudado). Para o primeiro ano estudado do cultivo da amêndoa, as principais emissões para esta categoria provieram da produção e aplicação de fertilizantes e no segundo da produção e combustão do gasóleo. No que concerne à categoria Eutrofização de Água

Doce as principais emissões foram provenientes da fertilização para todos os hortofrutícolas com exceção da maçã e da pera. Para a maçã as principais emissões foram provenientes da produção de pesticidas, e para a pera tanto da produção de pesticidas como de fertilizantes dependendo do produtor. Para a Eutrofização Marinha as emissões da fertilização foram a principal fonte de impactes ambientais para todos os hortofrutícolas excetuando a noz que por não efetuar aplicação de fertilizantes as maiores contribuições provieram da produção e combustão do gasóleo.

No que diz respeito ao processamento este só foi estudado para um hortofrutícola: a castanha, e em particular para o seu consumo em fresco e em congelado. Concluiu-se que as principais contribuições para as categorias AC, AT e EM da linha de fresco provieram da produção e combustão do propano, e para EAD da produção de eletricidade. Quanto à linha de congelação, as principais contribuições para AC AT e EM provieram da produção de eletricidade, enquanto para EAD derivaram da produção e combustão do propano.

Quanto ao armazenamento de hortofrutícolas concluiu-se da análise da maçã e da pera que as principais contribuições para AC, AT e EAD foram provenientes da produção de eletricidade. Quanto a EM salientou-se o impacte da produção dos materiais de embalagem.

A análise ao ciclo de vida completo foi apenas levada a cabo para as frutas maçã e pera. Para ambas o cultivo destacou-se como fase de ciclo de vida com impactes ambientais mais relevantes, representando entre 56-96% dos impactes do CV da maçã e 68-96% dos impactes do CV da pera.

Estes resultados vêm salientar a extrema importância da correta gestão de fertilizantes e combustíveis fósseis na fase de cultivo, para a minimização dos impactes ambientais desta fase de CV. Quanto ao processamento, armazenamento e embalamento dos hortofrutícolas, concluiu-se que para minorar os impactes ambientais destas fases, são necessárias medidas de gestão e controlo dos consumos tanto de eletricidade como de combustíveis fosseis, e também procurar amenizar o impacte das embalagens pela utilização de tipos mais eco-eficientes/ecológicos, bem como efetuar a sua reciclagem em fim de vida.

b) Sugestões para trabalho futuro

Algumas sugestões para trabalho futuro são propostas de seguida.

- Efetuar uma análise energética aos sistemas em estudo, utilizando por exemplo o CED (Cummulative Energy Demand) (Goedkoop *et al.*, 2013);
- Incluir o estudo da utilização da água pela análise da Pegada Hídrica (ISO 14046:2014);
- Realizar uma análise detalhada à contribuição das emissões da aplicação de pesticidas para o impacte ambiental do cultivo, com recurso a métodos adequados como por exemplo o PestLCI (Dijkman *et al.*, 2012);
- Realizar uma análise de incerteza para verificar a robustez dos resultados;

- Efetuar uma comparação de diferentes tipos de cultivo (convencional e orgânico, sequeiro e regadio, em diferentes tipos de estufa, etc.);
- Recolher dados de mais anos para analisar a variabilidade associada, (e também no caso dos pomares, a inclusão das etapas da sua instalação e remoção, no caso do tomate, a fase de viveiro);
- Analisar o processamento de outros produtos, bem como diferentes tipos de transformação (por exemplo o caso da amêndoa: a produção de amêndoa pilada, laminada, moída, etc.);
- Analisar as diversas tecnologias de armazenamento disponíveis;
- Efetuar uma comparação entre diferentes tipos de embalagem de hortofrutícolas e investigar possíveis melhorias no seu eco-design;
- Analisar os impactes resultantes da permanência no local de venda.
- Modelar o transporte pós-venda até à habitação do consumidor e calcular os impactes da conservação no domicílio.
- Avaliar também os impactes ambientais associados à gestão de resíduos em todo o CV.

c) Principais simplificações e limitações

As principais simplificações e limitações encontradas ao longo do desenvolvimento do estudo de avaliação de ciclo de vida dos hortofrutícolas encontram-se seguidamente apresentadas:

- Relativamente à fase de cultivo os pomares foram considerados em plena produção, e não foram incluídos na análise o estabelecimento do pomar nem a sua eliminação. Quanto ao tomate não foi considerada a fase de viveiro, ou seja, não foi analisada a produção de sementes/transplantes nem o seu transporte até ao local de cultivo final. Também o material estrutural utilizado no cultivo do tomate (fita-rega) foi assumido fora das fronteiras deste estudo.
- Não foi considerado o sequestro de CO_2 atmosférico pelo sistema solo e planta/árvore.
- Em relação à fase de processamento foi apenas considerado um hortofrutícola: a castanha e uma campanha de processamento (2010/2011), pois não foram disponibilizados (em tempo útil) dados para o processamento de outros hortofrutícolas.
- Nos casos em que foi analisada a embalagem de hortofrutícolas (maçã e pera), não foi contabilizada a embalagem secundária nem terciária, ou seja foram apenas contabilizados os materiais necessários à embalagem primária (caixa de cartão).
- A principal limitação da ACV dos hortofrutícolas prende-se com o facto de os resultados deste estudo serem relativos a sistemas típicos localizados em zonas específicas do país.

Deste modo, não é adequado assumir que os resultados deste estudo sejam reprodutíveis para outros tipos de cultivo ou outras localizações.

d) Oportunidades de melhoria de carácter geral

Ao longo da realização deste projeto, foram detetadas algumas possibilidades de melhoria gerais, tanto para a fase de cultivo, como para o transporte até ao local de transformação/armazenamento, e para a transformação/armazenamento propriamente ditos. Estas medidas de melhoria foram traduzidas em recomendações e encontram-se dispostas de seguida, por fases de ciclo de vida.

Cultivo:

- Escolher cultivares adequadas às características edafoclimáticas da região bem como as mais produtivas e menos suscetíveis a doenças e pragas (de forma a minorar o consumo de fertilizantes e agrotóxicos);
- Previamente à instalação da exploração devem ser realizadas análises ao perfil do solo para a determinação da sua aptidão hortofrutícola e de forma a estabelecer um plano de fertilização. Deste modo as fertilizações e correções iniciais, bem como as posteriores fertilizações sintéticas e orgânicas serão feitas consoante os resultados destas análises, racionalizando o consumo de fertilizantes e corretivos e evitando desperdícios;
- Previamente à aplicação de fertilizantes orgânicos estes devem ser analisados de forma a contabilizar as recomendações relativas às quantidades de nutrientes a aplicar;
- As quantidades de calcário a apor devem ser função do pH do solo e das necessidades das plantas;
- Minorar o uso de fertilizantes, pela utilização de práticas alternativas:
    - Por exemplo, para o souto, a prática de pastoreio como forma de fertilização e de gestão da vegetação;
    - Para alguns pomares (por exemplo de macieiras) a plantação de leguminosas entre as linhas para a fixação de azoto;
- Realizar um consumo racional dos combustíveis fósseis utilizados nas várias operações agrícolas e efetuar melhorias ao nível das máquinas e equipamentos específicos;
- Efetuar uma gestão racional da água, utilizando práticas de irrigação adequadas de forma a maximizar a eficiência da distribuição de água;
- O posicionamento adequado das condutas e tubagens permite a mínima pressão de funcionamento resultando em poupanças de energia;
- A quantidade de água para irrigação deve ser calculada de acordo com as necessidades da cultura em questão, monitorizando o estado hídrico do solo e da planta, para evitar consumos desnecessários;

- Procurar combater os inimigos das culturas pela utilização de estratégias de proteção que menos afetem o homem e o ambiente, dando prioridade à luta biológica e cultural;
- Quando necessário o uso de fitossanitários, a escolha destes deve ser realizada de acordo com a sua eficácia, persistência e efeitos secundários; ter em atenção as indicações sobre as condições de aplicação, o material de aplicação e a técnica de aplicação, que são fundamentais para garantir as melhores eficácias;

Transporte de hortofrutícolas:

- As distâncias de transporte dos frutos bem como o tempo de transporte entre o local de colheita e o local de armazenamento devem ser minimizados, por exemplo, pela escolha de novas rotas;
- Deve ser dada preferência a veículos ambientalmente competitivos e utilizar a sua carga completa.

Processamento e armazenamento:

- Para reduzir o consumo de energia elétrica é possível identificar um conjunto de medidas, designadamente:
    - Garantir a manutenção periódica e o isolamento adequado das instalações e equipamentos;
    - Manter temperaturas adequadas de funcionamento dos sistemas de climatização, equipamentos de refrigeração/congelação e fornos;
    - Acondicionar corretamente os produtos nas câmaras frigoríficas e de congelação, utilizando-as em plena capacidade e mantendo-as limpas com as portas bem fechadas e calafetadas;
    - Assegurar a limpeza e manutenção dos sistemas de iluminação e de climatização;
    - Privilegiar o uso de iluminação natural sempre que possível;
    - Privilegiar a utilização de equipamentos energeticamente mais eficientes;
- Efetuar o controlo periódico do consumo de água no sentido de prevenir, identificar e corrigir eventuais fugas, perdas ou uso deficiente da água;
- Deve ser monitorizada a qualidade das águas residuais e verificada a conformidade com os valores-limite aplicáveis para assegurar que as descargas de efluentes obedecem aos requisitos impostos por lei;
- Deve ser garantida uma adequada separação, recolha, armazenagem e encaminhamento dos resíduos para operadores licenciados;
- Atentar a práticas de valorização dos resíduos dos hortofrutícolas, tais como a utilização dos resíduos do processamento como alimento para as caldeiras de vapor ou para compostagem;

- Para o controlo das emissões atmosféricas (associadas aos gases de combustão, à queima de combustíveis em caldeiras ou fornos, ao funcionamento de empilhadores, etc.), devem ser identificadas as origens das emissões e realizar a sua monitorização periódica, verificando a conformidade com os valores-limite aplicáveis;
- Especificamente para o armazenamento e de forma a evitar gastos desnecessários de energia, recomenda-se:
    - Cuidados acrescidos na construção de câmaras de refrigeração, no que se refere a isolamento térmico e equipamento;
    - Arrefecer os frutos previamente à sua entrada nas câmaras de conservação;
    - Utilizar a densidade de carga máxima recomendável e efetuar o carregamento o mais rapidamente possível;
    - Manter as condições do ar da câmara adequadas à cultivar;
    - Aplicar um temporizador de paragem dos evaporadores nas câmaras frigoríficas;
    - Não exceder o período de conservação compatível com a manutenção de uma boa qualidade;
    - Optar sempre por equipamentos mais eficientes e atentar à evolução das energias alternativas e MTD (melhores técnicas disponíveis).

PARTE A – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA AMÊNDOA

A.1. Descrição da produção de amêndoa

A amendoeira (*Prunus dulcis*), é uma árvore pequena, de folha caduca, que pertence à família das Rosáceas e cujo fruto seco comestível é a amêndoa (OMAIAA, [s.d.] a). Esta espécie é originária das zonas áridas e montanhosas da Ásia Central de onde se expandiu para todo o mundo. Hoje em dia bem está bem adaptada a climas com Invernos suaves e húmidos e Verões quentes e secos típicos da região Mediterrânica (Pereira, 2009).

Em 2013 a área de cultivo da amendoeira foi de 28,5 mil hectares (verificando-se uma diminuição de 24% na área total de cultivo desde o ano 2000), sendo que cerca de 66% se concentrava no norte de Portugal e 26% no Algarve. Neste ano foram produzidas 4,4 mil toneladas de amêndoa, representando uma diminuição de 73% relativamente ao ano 2000, confirmando assim o abandono que se tem verificado relativamente ao cultivo deste fruto (INE, 2014b; INE, 2014f). Da produção total de 2013, o Norte foi responsável por cerca de 61% e o algarve 17%. Na região de Trás-os-Montes a amendoeira é cultivada essencialmente na Terra Quente Transmontana e Alto Douro, onde se destacam os concelhos de Torre de Moncorvo, Vila Nova de foz Côa e Alfândega da Fé (Figura A.1) (GPP, 2007b).

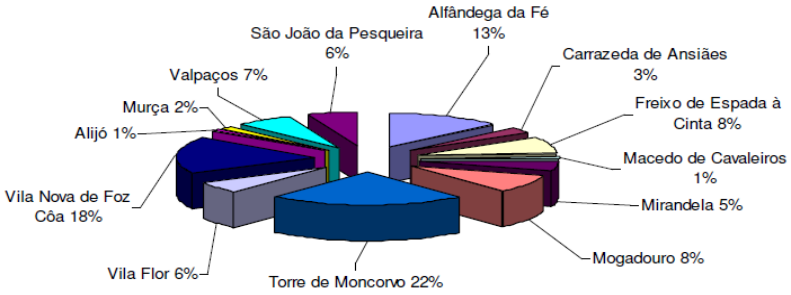

Figura A. 1 - Repartição da área de amendoal, por concelho, em Trás-os-Montes (GPP, 2007b).

Relativamente à evolução da produção, não é possível visualizar uma tendência pois esta depende fortemente das condições climáticas ocorridas na época da floração. Quanto às produtividades médias observadas, tanto no Continente (0,5 t/ha), como na região de Trás-os-Montes (0,7 t/ha), são muito baixas, bastante aquém de países como os EUA (o maior produtor a nível mundial com uma representatividade de 42% e produtividades médias de 3,4 t/ha) e a Itália (1,3 t/ha), (FAOSTAT, 2014a; GPP, 2007b).

Quanto às variedades cultivadas no país, existe um vasto leque. Na região do Algarve, dentro das variedades que compõem o pomar tradicional de sequeiro, existem variedades de floração tardia (Bonita, Barrinho Grado, Ferragudo, Boa casta, etc.) e de floração precoce (José Dias, Galamba, Ludo, Amarelo Grado, etc.). Em Trás-os-Montes são de salientar as variedades: Parada (18%), Casanova (13%) e Verdeal (10%). Existe uma Denominação de Origem Protegida (DOP) para a "Amêndoa Douro" estando incluídas as variedades Parada, Casanova e Verdeal (GPP, 2007b).

A campanha de produção da amêndoa tem início a meados de Setembro no Algarve e em Outubro em Trás-os-Montes. A comercialização ocorre desde o início da campanha de produção, podendo estender-se até Abril, (na região algarvia em quantidades muito reduzidas pois em Trás-os-Montes geralmente termina em Janeiro) (GPP, 2007b).

A amendoeira, como todas as culturas está sujeita a fatores que direta ou indiretamente afetam de forma negativa a sua produção. Fatores edafoclimáticos, as variedades cultivadas bem como as pragas e as doenças podem estar na origem do fracasso da cultura (Pereira, 2009). Embora a amendoeira se adapte a qualquer tipo de solo, dá preferência aos terrenos ligeiramente arenosos e profundos, com pH entre 7 e 8,5 (Pereira, 2009). As principais fases do cultivo da amêndoa são: o viveiro, a plantação, as operações de campo como as podas, a rega, a fertilização e correção dos solos, o controlo de pragas, doenças e infestantes e a colheita. Quanto à fase de viveiro, é frequente efetuar a enxertia das amendoeiras ainda nos viveiros, sendo a plantação feita no final do período de dormência, antes da floração. As amendoeiras são plantadas com um espaçamento entre filas entre 4 e 6 metros (Netafim, 2014). O tempo de vida de um plantio comercial de amendoeiras é de 30 a 40 anos. A fertilidade total desta espécie ocorre aos quatro anos, mas a produtividade máxima apenas a partir dos 7-9 anos de idade. Devem ser feitas análises ao solo antes da fertilização e correção dos solos para que estas sejam adequadas às reais necessidades. Uma prática benéfica e comum são as plantações de leguminosas e gramíneas no amendoal para o enriquecimento dos solos. As podas das árvores são efetuadas durante o inverno, cortando ramos desnecessários no centro da árvore, bem como ramos doentes, frágeis ou mortos, para permitir a entrada de radiação solar e promover o crescimento de novos ramos (Plubee, 2013). A rega, quando feita de forma adequada às necessidades da árvore, permite aumentar e regularizar as produções. Geralmente os pomares encontram-se num sistema de não mobilização ou de mobilização mínima em que é usual aplicar herbicida na linha das árvores e na entrelinha efetuar o destroçamento de ervas e restos de ramos provenientes da poda ou então uma mobilização ligeira (através de grade de discos), de forma a controlar as infestantes (Pereira, 2009). As doenças mais comuns da amendoeira são o cancro, o crivado, a lepra, a podridão e a moniliose. As principais pragas são os ácaros, os afídeos, o bichado da fruta, o carocho negro, a lagarta da amendoeira e a monosteira (DGADR, 2012a). As pragas e doenças podem provocar prejuízos consideráveis nas árvores e comprometer as produções, devendo ser implementadas medidas de controlo adequadas sempre que necessário, dando preferência às práticas de controlo cultural e biológico. Os frutos estão prontos a ser colhidos quando a casca exterior se abrir e estiver castanha e seca. A colheita pode ser manual (derrubando as amêndoas das árvores com uma vara comprida) ou mecânica (utilizando vibradores para as sacudir das árvores) (LMC, 2012). A amêndoa pode ser descascada ainda no campo ou na fábrica de processamento. No campo, o processo mecanizado consiste no varrimento por filas das amêndoas e sua colheita por coletores mecânicos que as juntam para transportar ao descascador de amêndoas (*huller* ou

huller/sheller). Depois de descascadas são transportadas até à instalação de processamento (LMC, 2012).

Para analisar o cultivo da amêndoa em Portugal foi selecionado um produtor de amêndoa no norte de Portugal. Este produtor utiliza um sistema de produção integrada em sequeiro para produzir as variedades Francesa e Pegarinhos. Foram consideradas as amendoeiras em plena produção e o pomar analisado tinha aproximadamente 10 anos. As principais características do produtor (que designaremos por PA) encontram-se sumarizadas na Tabela A.1.

Tabela A. 1 - Principais características do produtor de amêndoa estudado.

Produtor	Ano	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)	Fertilização	Fitossanitários[1]	Irrigação	Localização
PA	2011 2012	60	708 542	Sim	F e H	Não	Bragança

1) F – fungicidas, H – herbicidas.

A.2. Definição dos objetivos e do âmbito

Foram desenvolvidos um modelo e inventários de ciclo de vida para o cultivo de amêndoa em Portugal. Como já foi referido, foi analisado um produtor no norte de Portugal com produção integrada em sequeiro, nos anos 2011 e 2012. O modelo inclui operações de campo como o destroçamento, a aplicação de fertilizantes, corretivos e substâncias de controlo e proteção da produção, podas, colheita e descasque. Não foram considerados os materiais de ensacamento da amêndoa. Na Figura A.2 apresenta-se o fluxograma de ciclo de vida, com as fronteiras do sistema definidas. A unidade funcional (UF) desta análise foi 1 kg de amêndoa colhido, descascado e transportado até ao local de transformação.

As emissões associadas ao cultivo da amêndoa incluem as emissões decorrentes da fertilização, da produção e combustão do gasóleo nas operações agrícolas (Jungbluth, 2007), da produção de eletricidade (Garcia *et al.*, 2014), da produção dos *inputs* de cultivo (Nemecek *et al.*, 2007) e do transporte de amêndoa até ao local de transformação (Spielmann *et al.*, 2007). Relativamente às emissões da fertilização foram consideradas as emissões para o meio ambiente de N_2O diretas e indiretas (por volatilização e por lixiviação), de NH_3, NO_x, NO_3^-, e também as emissões de CO_2 pela aplicação de calcário ($CaCO_3$). Para este cálculo foram consultados os procedimentos de cálculo demonstrados pelo IPCC (2006). Foram também consideradas as emissões de P e de PO_4^{3-} sendo o procedimento de cálculo adotado consoante o demonstrado em Nemecek e Schnetzer (2012).

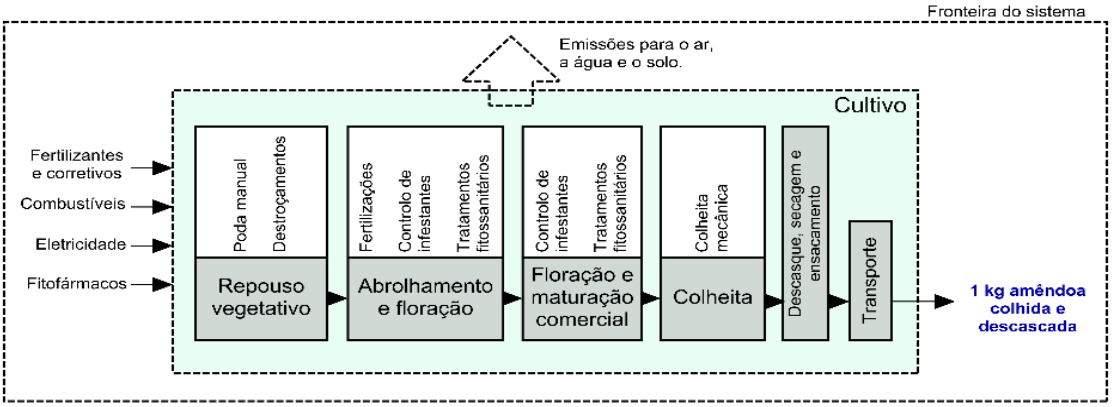

Figura A. 2 - Fronteiras do sistema de cultivo da amêndoa.

A.3. Análise de inventário

No presente capítulo serão apresentados os inventários do cultivo da amêndoa. Na seguinte Tabela A.2, encontram-se os principais dados das entradas e saídas do sistema de cultivo de amêndoa (por hectare cultivado), para o produtor considerado.

Da análise à Tabela A.2 conclui-se que existiu uma significativa redução nas quantidades aplicadas de fertilizantes de 2011 para 2012, sendo que em 2012 não foram aplicados corretivos nem fertilizantes orgânicos. Assim sendo, também as emissões de nitrogénio e fósforo (nas várias formas consideradas) diminuíram, salientando-se que as emissões de CO_2 em 2012 são nulas. Quanto aos agrotóxicos, em 2011 apenas foi aplicado um fungicida (o oxicloreto de cobre) e em 2012 um herbicida (glifosato). As entradas de energia (eletricidade e gasóleo) foram iguais (por hectare) nos dois anos. Verificou-se ainda uma redução na produtividade de cerca de 23%.

Tabela A. 2 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo de amêndoa, por hectare.

Produtor	**PA**		**U (por ha)**
Entradas	2011	2012	
Fertilizantes e corretivos			
N	7,15	0,62	kg
N orgânico	0,08	-	kg
P	14,05	1,46	kg
K	7,30	0,82	kg
CaO	0,72	-	kg
MgO	0,16	-	kg
$CaCO_3$	77,00	-	kg
B	-	0,12	kg
Agrotóxicos (s.a.)			
Glifosato	0	0,62	L
Oxicloreto de cobre	0,84	0	kg
Energia			
Eletricidade	1,25	1,25	kWh
Gasóleo	166,67*	166,67*	L
Transporte	*I	*I	km
Saídas			
Amêndoa	708,33	542,67	kg
Emissões para o ar			
N_2O	0,15	0,01	kg N_2O
NO_x	0,04	0,003	kg NO_x
NH_3	0,86	0,07	kg NH_3
CO_2	33,88	-	kg CO_2

Tabela A. 2 – (Continuação).

Produtor	PA		U (por ha)
Saídas (continuação)	2011	2012	
Emissões para a água			
NO_3^-	9,61	0,82	kg NO_3^-
PO_4^{3-}	0,77	0,75	kg PO_4^{3-}
P	0,02	0,008	kg P
Emissões para o solo			
É emitido o total dos agrotóxicos contabilizados nas entradas.			

s.a. – Substância ativa; I – Incluído no gasóleo total.

A.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida

Na Figura A.3 encontram-se dispostos os resultados da ACV da produção de amêndoa, por kg de amêndoa. Da sua observação verifica-se que a influência da redução da produtividade de 2011 para 2012 é significativa pois apesar de em 2012 os *inputs* serem (no geral) mais reduzidos, este ano apresentou impactes superiores a 2011 nas categorias AC e EAD. Isto deve-se principalmente aos resultados se encontrarem por kg de amêndoa, como já foi referido. Assim, as principais contribuições para a categoria AC provieram maioritariamente da produção e combustão do gasóleo. O consumo de gasóleo representou 78% e 97% das emissões para 2011 e 2012 respetivamente. Quanto à AT, verificou-se uma significativa contribuição em 2011 por parte das emissões de campo provenientes da fertilização (50%), enquanto em 2012 o fator que mais contribuiu para os impactes ambientais foi o consumo de gasóleo (84%) (coincidente com a considerável redução na aplicação de fertilizantes em 2012). Verifica-se assim que nesta categoria as emissões em 2012 foram cerca de metade das relativas a 2011. Para EAD as contribuições da fertilização em 2012 foram mais significativas que em 2011, sendo os IA totais em 2012 cerca de 17% superiores a 2011, (ainda que este ano apresente uma contribuição superior no que à produção de fertilizantes diz respeito). No que diz respeito a EM, verifica-se que os impactes ambientais em 2011 foram 85% superiores a 2012. Esta significativa diferença prende-se com as superiores emissões da fertilização em 2011, devidas a uma maior aplicação de fertilizantes azotados. Assim, as principais contribuições provieram das emissões decorrentes da fertilização (maioritariamente das emissões de nitratos), contribuindo até 95% em 2011 e 73% em 2012. Verifica-se que a produção e aplicação de fertilizantes representaram entre 73% e 96% dos impactes ambientais para a EAD e EM nos dois anos em análise.

As emissões do cultivo da amêndoa variaram entre 0,98 e 1,03 kg CO_2 eq/kg $_{amêndoa}$ para AC, 3,1 e 5,9 g SO_2 eq/kg $_{amêndoa}$ para AT, 0,4 e 0,5 g P eq/kg $_{amêndoa}$ para EAD e por fim entre 0,5 e 3,4 g N eq/kg $_{amêndoa}$ para EM.

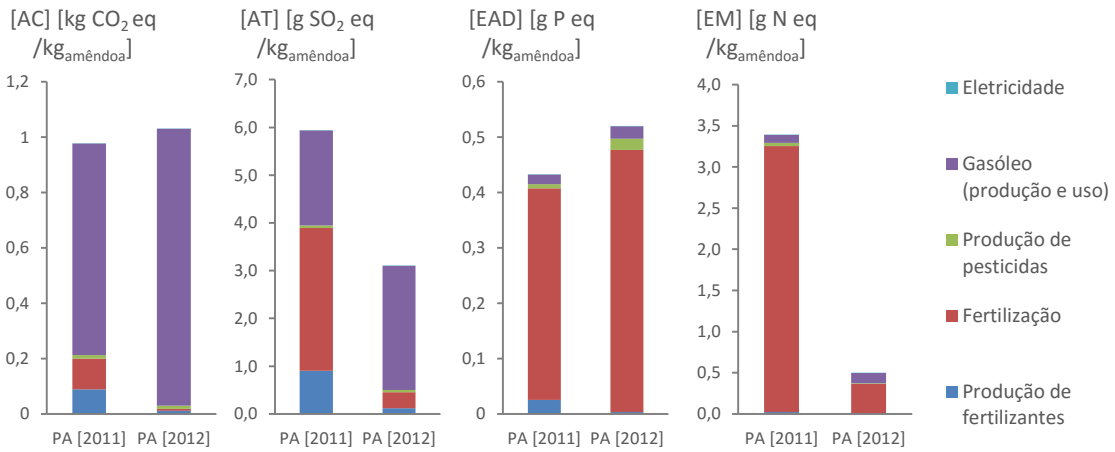

Figura A. 3 - Impactes ambientais por kg de amêndoa cultivada.

A.5. Conclusões e oportunidades de melhoria

Foram desenvolvidos um modelo e dois inventários de ciclo de vida para a produção de amêndoa em Portugal. Foi analisado um produtor no norte de Portugal com produção integrada em sequeiro, para os anos 2011 e 2012. Concluiu-se que os principais contribuintes para os impactes ambientais da fase de cultivo da amêndoa foram para as alterações climáticas o consumo de gasóleo (78-97%), para a acidificação terrestre em 2011 a produção e aplicação de fertilizantes (66%) e para 2012 o consumo de gasóleo (84%). Quanto às categorias eutrofização de água doce e eutrofização marinha salientou-se a contribuição da produção de fertilizantes e das emissões decorrentes da sua aplicação que representaram conjuntamente entre 73% e 96% dos impactes ambientais. Apesar da produtividade em 2011 ser 23% superior a 2012, a contribuição das emissões da aplicação de elevadas quantidades de fertilizantes em 2011 provocaram a que os impactes nesse ano fossem superiores a 2012 para as categorias AT e EM. A principal discrepância nos impactes ambientais da produção de amêndoa verificou-se para a categoria EM em que as emissões em 2012 foram 85% inferiores às do ano anterior. Concluiu-se que esta variação se devia principalmente à redução significativa das quantidades de fertilizantes aplicadas nesse ano.

Aquando o desenvolvimento deste estudo foram apontadas algumas oportunidades de melhoria que serão seguidamente apresentadas:

- Racionalizar o consumo de fertilizantes e corretivos pela realização de análises ao solo e às culturas de forma a corresponder às suas reais necessidades;
- Efetuar um consumo sustentável de combustíveis fósseis nas várias operações agrícolas;
- Procurar utilizar gestões eficientes de pragas, dando preferência aos métodos de luta mais sustentáveis, tais como a luta biológica e/ou cultural;

- Adotar um sistema de rega adequado às características do solo e das árvores para regularizar as produções e evitar o desperdício dos recursos hídricos.

PARTE B – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA CASTANHA

B.1. Descrição da produção de castanha

B.1.1. Cultivo – Souto

Sinteticamente, as castanhas são as sementes do ouriço, o fruto espinescente do castanheiro (*Castanea sativa*). Diversas espécies têm vindo a fornecer importantes recursos nutricionais, culturais e económicos a várias civilizações por milhares de anos, tanto na Europa, como na Ásia e na América do Norte (Metaxas, 2013).

Em 2013 a área de cultivo do castanheiro em Portugal foi de 35 mil hectares, 88% no norte do país. Em Portugal Continental assistiu-se desde a década de oitenta a um aumento continuado na área plantada de castanheiros, verificando-se um aumento de 15% de 2000 a 2013 (INE, 2014b; GPP, 2007c). Este aumento deve-se principalmente à valorização da castanha nos mercados internacionais, aos incentivos ao plantio no âmbito de programas comunitários e às condições edafoclimáticas favoráveis à sua expansão e desenvolvimento (GPP, 2007c). Em 2013 foram produzidas 24,5 mil toneladas de castanha (um aumento de 20% face às 19 mil toneladas de 2012) das quais o Norte foi responsável por cerca de 85% (INE 2014b; INE 2013c).

A produtividade média dos soutos em Portugal ronda 1 t/ha, valor muito inferior aos níveis de produtividade de países europeus como a Itália (21,7 t/ha), a França (18,6 t/ha) e a Espanha (16,7 t/ha) (GPP, 2007c).

As variedades de castanha mais cultivadas em Portugal são a Longal, a Martaínha e a Judia em Trás-os-Montes, a Martaínha na Beira Interior, e a Bária e Colarinha no alto Alentejo (GPP, 2007c). Devido ao aumento crescente do nível de exigência do mercado em frutos de elevada qualidade, e para preservar o património genético nacional, foram definidas regiões com Denominação de Origem Protegida (DOP) para a valorização das variedades de castanha nacionais: Castanha da Terra Fria, Castanha da Padrela, Castanha dos Soutos da Lapa e Castanha do Marvão (Costa *et al*., 2008). Em Trás-os-Montes produz-se a Castanha da Terra Fria, Castanha dos Soutos da Lapa e Castanha da Padrela, (ver Figura B.1).

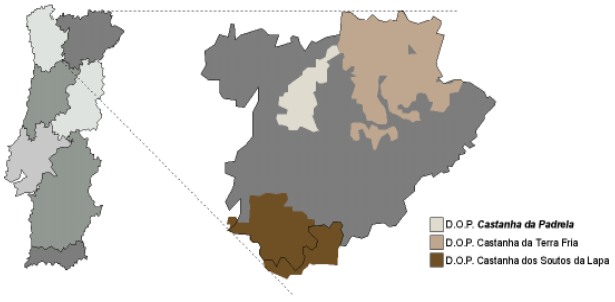

Figura B. 1 - Localização das variedades DOP de Trás-os-Montes. (Silva *et al.*, 2007)

A campanha de produção e comercialização da castanha é relativamente curta, iniciando-se em meados de Outubro para a castanha proveniente de Trás-os-Montes e prosseguindo até meio de Janeiro do ano seguinte. Quanto à castanha da Beira Interior inicia-se a apanha a meio de

Outubro e a campanha termina a meio de Dezembro. Na região do Alentejo a castanha é colhida no início de Outubro e a campanha acaba no fim do mês de Dezembro (GPP, 2007c).

Os solos mais favoráveis para o cultivo do castanheiro são os que apresentam textura franco ou franco arenosa, possuam alguma profundidade e uma acidez média (pH 5,5). Para que a castanha alcance bons calibres e seja de qualidade é essencial que na altura do seu desenvolvimento exista disponibilidade de água no solo, alcançando-se as melhores produções quando existem precipitações de algum significado nestes meses (DRAPC, 2011). Apesar de ser uma espécie rústica, é sensível às condições edafoclimáticas e por esta razão a manutenção do solo não serve apenas para manter o bom estado sanitário do souto mas também para que se obtenham boas produções (Gomes-Laranjo *et al*., 2007).

O cultivo inclui geralmente os seguintes processos: preparação do terreno, plantação, enxertia, fertilização, irrigação, poda, mobilizações do solo, manutenção do coberto vegetal e colheita. Estes processos são explicados sinteticamente de seguida (DRATM, 2003; Costa *et al*., 2008; DRAPC, 2011). A preparação do terreno começa pela lavoura ou ripagem a ser executada em solo seco, anteriormente à plantação dos castanheiros. A fertilização de base e correção do solo devem ser efetuadas de acordo com os resultados de análises ao solo. Quanto à plantação, os agricultores mais experientes preferem plantar castanheiros na Primavera uma vez que é comum, dependendo da forma como se armazenam as sementes, que as mesmas comecem a rebentar no final de Fevereiro/Março, mesmo não estando plantadas. Na primeira fase da plantação os castanheiros são criados em viveiros. No entanto, grande parte dos agricultores não obedece a esta primeira etapa e utiliza pequenos castanheiros bravos do tipo de *Castanea sativa Mill*. Apenas um ou dois anos depois é que é feita a plantação definitiva, variando os compassos de plantação até doze em doze metros (69 árvores por hectare), atendendo ao grande porte que estas árvores podem atingir. Os castanheiros enxertados com as variedades pretendidas dão frutos mais abundantes, de qualidade gustativa superior e com maior valor comercial. A enxertia pode ser executada em viveiro ou após plantação. Quanto à fertilização, os soutos requerem adubações que compensem as exportações de nutrientes que vão nas castanhas e na madeira podada e por esta razão, a adubação deve ser planeada em função da produção, e com base em análises de solo e foliares. A irrigação não constitui prática comum em muitos locais como por exemplo em Trás-os-Montes. Quando efetuada deve ser feita durante o período de crescimento do fruto (Junho a Setembro). Os principais problemas fitossanitários que tem condicionado a cultura do castanheiro são causados por essencialmente duas doenças: o cancro do castanheiro e a doença da tinta (Coutinho, 1994). As pragas que afetam esta cultura são a lagarta da castanha e o gorgulho da castanha (Coutinho, 1994) e, mais recentemente, a vespa do castanheiro (Teixeira, 2011). As podas do castanheiro devem ser ligeiras e feitas corretamente (para ajudar à cicatrização das feridas), limitando-se apenas ao corte de pernadas ou ramos mal inseridos para facilitar o arejamento e iluminação da copa. Todo o material deve ser desinfetado para evitar a possível

propagação da doença do cancro. Devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo as mobilizações de solos pois estas favorecem a erosão e compactação do solo, a diminuição da matéria orgânica e provocam feridas nas raízes superficiais (que podem levar à entrada do fungo responsável pela doença da tinta). A manutenção do coberto vegetal limita-se à passagem regular do destroçador, respeitando o ciclo biológico das espécies, sejam elas espontâneas ou semeadas. A fase da colheita depende das variedades plantadas e da localização do souto, podendo ser efetuada manualmente ou mecanicamente.

Para analisar o cultivo da castanha em Portugal foram selecionados três produtores de castanha no norte do país, dois destes pertencentes ao distrito de Bragança e um do distrito de Viseu. Foi considerado o castanheiro em plena produção em todos os casos analisados. As características dos três produtores (aqui designados por P1, P2 e P3) encontram-se na Tabela B.1.

Tabela B. 1 - Principais características dos produtores de castanha estudados.

Produtor	Ano	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)	Fertilização	Fitossanitários[1]	Irrigação	Localização
P1	2011	92	881	Sim	F	Não	Bragança
P2	2010 2011 2012	7	1214 785 1143	Sim	Não	Não	Bragança
P3	2010 2011	10	228 396	Sim	F	Não	Viseu

1) F – fungicidas.

B.1.2. Processamento

A qualidade e as caraterísticas físicas e químicas da castanha proporcionam que esta seja adequada quer para consumo em fresco quer para a indústria transformadora, na qual se produz castanha congelada, assada, pilada, em calda, entre outros (Silva *et al*., 2007). O processamento da castanha vai diferir consoante o fim para o qual se destina.

Nesta investigação foi selecionada uma fábrica de transformação de castanha localizada no distrito de Bragança para analisar o desempenho ambiental do processamento da castanha congelada e fresca. As etapas pertencentes aos sistemas de processamento considerados encontram-se seguidamente descritas (Soares, 2007).

As fases do processamento da castanha congelada iniciam-se pela sua receção, sendo seguidamente calibrada. A operação de calibração é feita ao milímetro e desta resultam doze lotes desde o mais pequeno com 24 mm ou menos até ao maior com 35 mm ou mais. Após a calibração é feita a separação por calibres em que os calibres com mais de 30 mm são destinados à comercialização em fresco e os inferiores a 30 mm destinados ao descasque e congelação. As etapas que se seguem são o descasque (a fogo) e a eliminação da pele interior (realizada com auxílio de vapor e processos mecânicos). Segue-se a escolha ótica, triagem e verificação manual, a congelação e por fim o embalamento (em sacos de plástico de polietileno de baixa densidade) e expedição.

No que diz respeito às etapas do processamento da castanha para consumo em fresco, estas iniciam-se também pela receção, calibragem e separação. Os calibres superiores a 30 mm vão ser sujeitos a esterilização térmica e seguidamente ensacados (em sacos de rede). Por fim, é efetuada a sua expedição.

As principais características da empresa de processamento de castanha encontram-se na Tabela B.2.

Tabela B. 2 - Principais características da empresa de processamento de castanha estudada.

Campanha	Quantidade laborada (t)	Processamento da castanha	Armazenamento/ congelação da castanha	Localização
2010/2011	6897	Outubro a Março	Outubro a Setembro	Bragança

B.2. Definição dos objetivos e do âmbito

Foram desenvolvidos modelos e inventários de ciclo de vida para o cultivo e para o processamento da castanha produzida em Portugal. Quanto à análise do cultivo foram selecionados três produtores de castanha em sequeiro no norte do país. Para o modelo de cultivo é considerado o souto em plena produção em diferentes anos (ou seja, não é considerada a fase de viveiro, a instalação do souto ou a sua eliminação). O modelo do cultivo inclui operações de campo como as podas, a aplicação de fertilizantes, corretivos, substâncias de controlo e proteção da produção e a colheita.

Para o estudo do processamento da castanha foi selecionada uma fábrica também localizada no norte de Portugal. O modelo do processamento abrange as duas linhas de produção, contando estas com etapas tais como a receção, calibragem, separação, processos específicos a cada linha e embalamento. No presente estudo não foi considerado o material de embalagem da castanha quer fresca quer congelada. Cabe ainda salientar que para produzir um quilograma de castanha para consumo em natureza (castanha fresca), é necessário um quilograma de castanha colhida à entrada da fábrica. Com um quilograma de castanha colhida é possível produzir meio quilo (0,5 kg) de castanha congelada atendendo à elevada quantidade de resíduos gerados (casca, pele e castanhas estragadas/podres).

Na Figura B.2 apresenta-se o fluxograma de ciclo de vida da castanha, com as fronteiras do sistema definidas. A unidade funcional (UF) adotada neste estudo consiste num quilograma de castanha colhida.

As emissões associadas ao cultivo da castanha incluem as emissões decorrentes da fertilização, da produção e combustão do gasóleo nas operações agrícolas (Jungbluth, 2007), da produção de eletricidade (Garcia *et al.*, 2014), da produção dos *inputs* de cultivo (Nemecek *et al*., 2007) e dos transportes (Spielmann *et al*., 2007). Relativamente às emissões da fertilização foram consideradas as emissões para o meio ambiente de N_2O diretas e indiretas (por volatilização e por lixiviação), de NH_3, NO_x, NO_3^-, e também as emissões de CO_2 pela aplicação de $CaCO_3$. Para este

cálculo foram consultados os procedimentos de cálculo demonstrados pelo IPCC (2006). Foram também calculadas as emissões de P e de PO_4^{3-} consoante o demonstrado em Nemecek e Schnetzer (2012).

O modelo do processamento da castanha inclui as emissões decorrentes da produção e combustão do gasóleo (Jungbluth, 2007) e do propano (EPA, 2008; Jungbluth, 2007), bem como da produção de eletricidade (Garcia *et al*, 2014).

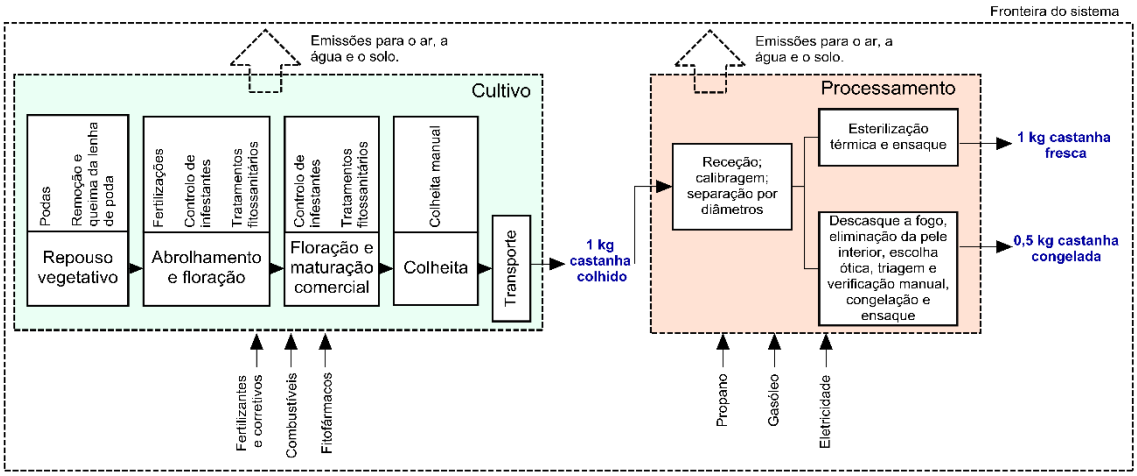

Figura B. 2 - Fronteiras do sistema de produção de castanha.

B.3. Análise de inventário

Os inventários do cultivo e processamento da castanha são apresentados e analisados seguidamente. Como já foi referido, a análise ao cultivo da castanha foi realizada com base em dados de três produtores em diferentes anos, considerando o castanheiro em plena produção. As principais entradas e saídas dos sistemas de cultivo analisados encontram-se na Tabela B.3.

Pela observação da Tabela B.3 verifica-se que o produtor P3 apresentou os consumos mais significativos de fertilizantes sintéticos. Ao contrário de P2, tanto P3 como P1 apresentaram aplicação de fertilizantes orgânicos, sendo que a matéria orgânica aplicada por P1 proveio de 300 cabeças de gado ovino que se encontravam em pastoreio na exploração. P2 é o único produtor considerado que não aplicou fitossanitários, pois tanto P1 como P3 utilizaram fungicidas. Por outro lado, o produtor P1 apresentou os consumos mais elevados de combustível (gasóleo) e P2 os mais reduzidos. O produtor P3 exibiu as emissões de CO_2 para o ar mais significativas provenientes da aplicação de calcário dolomítico. Este produtor apresentou as produtividades mais reduzidas, (228 kg/ha em 2010 e 396 kg/ha em 2011), sendo a média dos outros produtores 1 t/ha.

Tabela B. 3 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da castanha, por hectare.

Produtor	P1	P2			P3		U
Entradas	2011	2010	2011	2012	2010	2011	
Fertilizantes e corretivos:							
N	9,00		15,00		19,80		kg
N orgânico	9,76		-		0,04		kg
P	38,57		31,74		29,70		kg
P orgânico	2,97		-		0,03		kg
K	18,00		30,00		29,70		kg
K orgânico	7,64		-		0,03		kg
$CaCO_3$	348,57		-		520,00		kg
Agrotóxicos (s.a.):							
Fosetil de alumínio	-		-		7,43		kg
Oxicloreto de Cobre	12,50		-		4,95		kg
Energia:							
Gasóleo	101,09*		42,86		71,29		L
Gasolina	1,63		-		-		L
Transporte de amêndoa	*I		20		2		km
Saídas							
Castanha	881,30	1214,29	785,71	1142,86	227,72	396,04	kg
Emissões para o ar:							
N_2O	0,38		0,31		0,09		kg N_2O
NO_x	0,05		0,08		0,02		kg NO_x
NH_3	1,08		1,79		0,53		kg NH_3
CO_2	153,37		-		228,80		kg CO_2
Emissões para a água:							
NO_3^-	24,92		19,93		26,35		kg NO_3^-
PO_4^{3-}	0,81		0,79		0,79		kg PO_4^{3-}
P	0,05	0,54	0,19	0,09	0,10	0,04	kg P
Emissões para o solo:							
É emitido o total dos agrotóxicos contabilizados nas entradas.							

s.a. – Substância ativa; I – Incluído no gasóleo total.

Na campanha de 2010/2011 a fábrica analisada processou 6 897 toneladas de castanha. Deste valor, 35% respeitava à linha de fresco (2 414 t) e 65% à de congelação (4 483 t). Quanto às entradas de energia no processamento, a linha de fresco consumiu 5% da energia elétrica e a linha de congelação 95%. A eletricidade foi utilizada principalmente para o frio industrial, ou seja, nas centrais de frio (60,4%). Foi também utilizada na linha de produção (13,6%), na ventilação (11,2%) e noutros processos (restantes 14,8%). A diferença nos consumos elétricos das duas linhas de produção deveu-se principalmente a que as câmaras de congelação (mantidas a -25 °C) tenham um consumo mais elevado que as de refrigeração (0 °C). O gás propano é utilizado nos fornos (43,2%) e no gerador de vapor (56,8%). As entradas de energia para o processamento encontram-se dispostas na Tabela B.4.

Tabela B. 4 - Principais entradas energéticas para o processamento de castanha, por kg de castanha colhida.

Entradas	Linha de Fresco	Linha de Congelação	Unidade
Eletricidade	0,05	0,54	kWh
Gás Propano	19,02	25,82	g

B.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida

No que diz respeito aos impactes decorrentes da fase do cultivo da castanha verificou-se que P3 [2010] apresentou impactes ambientais mais relevantes em todas as categorias

consideradas. A principal explicação para esta situação prende-se com as baixas produtividades deste produtor comparativamente aos outros dois. As maiores contribuições para AC provieram da produção e aplicação de fertilizantes (que em conjunto têm uma contribuição de 45-62% do impacte). As emissões da aplicação de gasóleo foram a segunda maior contribuição para os IA, contribuindo entre 28-39%. Para P1 [2011] a produção do fungicida oxicloreto de cobre contribuiu para 16%. Para AT a ação conjunta da produção e aplicação de fertilizantes representou 74-94% dos impactes. Quanto a EAD e EM os impactes ambientais mais significativos advieram das emissões da fertilização (67-94% para EAD e 92-99% para EM). As emissões provenientes da fase de cultivo variaram entre 0,3-3,7 kg CO_2 eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para AC, 5,2-36,8 g SO_2 eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para AT, 0,4-2,2 g P eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para EAD e 4,0-28,9 g N eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para EM.

Quanto à fase do processamento, o fator que mais contribui para o impacte da linha de congelado em três das categorias consideradas é a produção de eletricidade, contribuindo 84% para AC, 62% para AT e 96% para EAD. Para EM destaca-se a contribuição do gás propano (53%). Quanto à linha de fresco, os impactes ambientais desta linha foram provenientes principalmente da produção e combustão de propano para as categorias AC (59%), AT (82%) e EM (89%). Para EAD destaca-se a contribuição da produção de eletricidade (74%).

Os resultados totais da ACV da castanha encontram-se representados em separado para cada tipo de processamento e categoria de impacte ambiental, estando apresentados os resultados da fase de cultivo como uma média ponderada dos resultados dos produtores nos vários anos. Os impactes ambientais resultantes da ACV da castanha para consumo em fresco encontram-se na Figura B.3 e os da castanha para consumo em congelado na Figura B.4.

Analisando a Figura B.3, verifica-se que a fase do cultivo é a fase com impactes ambientais mais significativos na análise ao ciclo de vida completo da castanha fresca, representando 95% do impacte para AC, 91% para AT, 98% para EAD e 99% para EM. Os impactes ambientais totais da produção de castanha fresca foram calculados em 1,0 kg CO_2 eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para AC, 8,2 g SO_2 eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para AT, 0,6 g P eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para EAD e por fim 7,5 g N eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para EM.

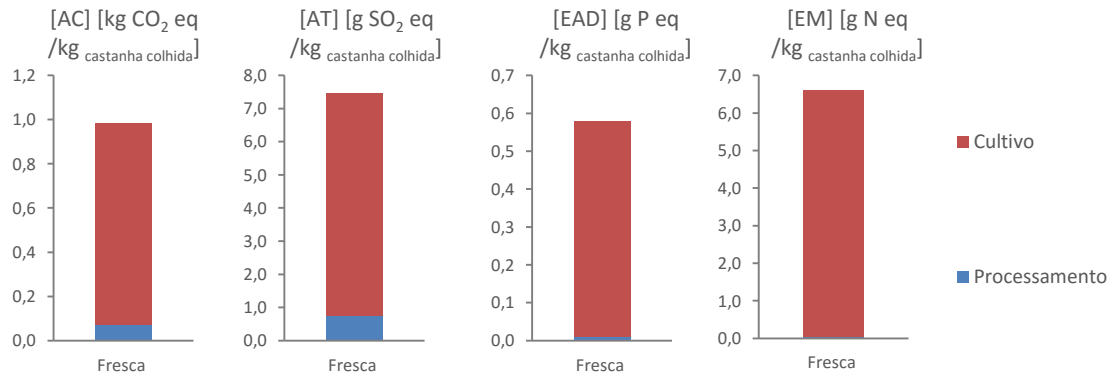

Figura B. 3 - Impacte ambiental da produção de 1 kg de castanha fresca.

Da observação da Figura B.4, verifica-se que similarmente para a análise ao ciclo de vida completo da castanha congelada sobressai a contribuição da fase de cultivo apresentando 78-99% dos impactes nas diversas categorias. Como tal, os impactes do processamento contribuem 21% para AC, 22% para AT, 12% para EAD e 1% para EM. As emissões totais da produção de castanha congelada foram 1,2 kg CO_2 eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para AC, 9,6 g SO_2 eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para AT, 0,7 g P eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para EAD e por fim 7,5 g N eq/kg $_{\text{castanha colhida}}$ para EM.

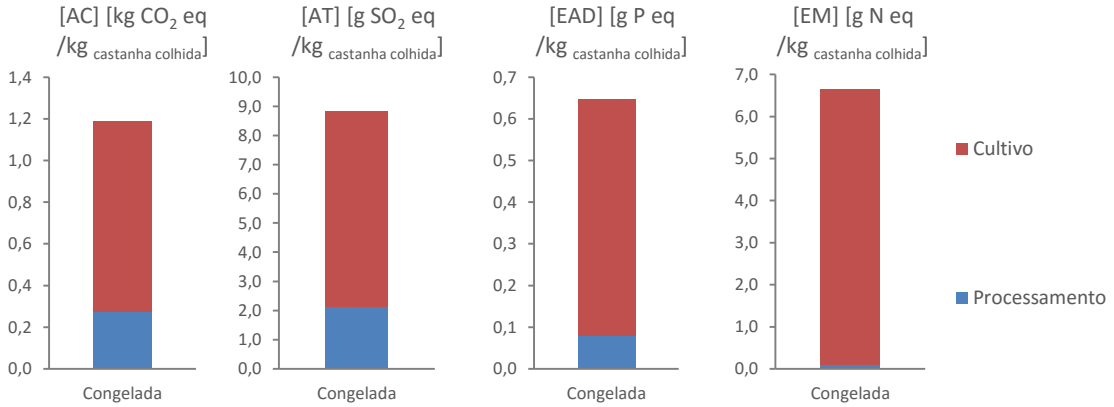

Figura B. 4 - Impacte ambiental da produção de 1 kg de castanha congelada.

B.5. Conclusões e oportunidades de melhoria

Foram desenvolvidos um modelo e seis inventários de ciclo de vida para a produção de castanha em Portugal. Foram analisados 3 produtores de castanha no norte de Portugal em diferentes anos, e foi analisada uma fábrica de processamento de castanha que produz castanha para consumo em natureza e castanha congelada.

Concluiu-se do estudo da castanha que o cultivo é a fase de ciclo de vida que apresenta impactes ambientais mais elevados. Existe alguma variação nos resultados do cultivo para os diferentes produtores, que está principalmente relacionada com as diferentes produtividades apresentadas e também com as práticas de cultivo empregues. As principais contribuições para as emissões da fase de cultivo provêm da produção e aplicação de fertilizantes. O processamento contribui apenas entre 1-9% para os impactes totais da produção de castanha fresca e de 1-22% para os impactes totais da produção de castanha congelada. A principal contribuição para os impactes da fase do processamento da castanha fresca provém da produção e combustão de propano para AC, AT e EM, sendo que para EAD destacou-se a produção de eletricidade. Quanto à produção de castanha congelada os principais fatores de impacte do seu processamento foram a eletricidade para AC, AT e EAD, e para EM foi a produção e combustão de propano.

As principais oportunidades de melhoria observadas ao longo da realização do estudo da castanha foram:

- Melhorar a gestão do uso de fertilizantes e agrotóxicos:

- Cultivar variedades de castanha adequadas às condições edafoclimáticas, preferindo variedades mais produtivas e resistentes a pragas e doenças;
- Fazer as correções iniciais de pH e fertilização de base de acordo com análises ao solo para que sejam correspondidas as reais necessidades deste e assim evitando consumos desnecessários;
- Utilizar a prática de pastoreio como forma de: a) gerir o coberto vegetal, minimizando a necessidade do destroçador e b) fertilizar o solo, minorando a necessidade de fertilizantes sintéticos;
- Semear leguminosas anuais de ressementeira, que para além de fixarem azoto, melhoram as características físico-químicas do solo;
- A prática de irrigação durante a fase de desenvolvimento das castanhas aumenta a produtividade;
- Realizar uma gestão eficiente de agrotóxicos, pelo conhecimento das principais pragas e doenças e das várias estratégias de luta, dando sempre prioridade à luta biológica em detrimento da química.

- Fazer uma utilização racional dos combustíveis fósseis:
  - Minimizar as podas;
  - Diminuir ou erradicar práticas de mobilização de terrenos (quando o souto estabelecido) que além dos consumos de combustíveis associados, podem levar ao aparecimento de fungos e doenças;
- Utilizar a carga completa dos veículos para o transporte de castanha;
- Atentar à boa manutenção e monitorização de máquinas necessárias ao processamento, para maximizar a eficiência dos processos;
- Fazer uma gestão adequada das câmaras frigoríficas e de congelação, utilizando-as em plena capacidade e mantendo-as limpas;
- Atentar a práticas de valorização de resíduos, tais como a utilização dos resíduos do processamento da castanha como alimento para as caldeiras de vapor, bem como a utilização das castanhas podres para fazer composto.

PARTE C – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA CEREJA

C.1. Descrição da produção de cereja

A cereja é o fruto da cerejeira, planta da família da Rosáceas, originária da Ásia. É um fruto pequeno e arredondado, de cor vermelha e polpa macia e sumarenta (OMAIAA, [s.d.] b). Atualmente é cultivada em mais de 40 países e, na Europa, a espécie *Prunus avium* domina nas zonas meridionais (Portugal, Espanha, Itália e Sul de França) (Gonçalves, 2006).

O cultivo da cerejeira em Portugal Continental foca-se em três núcleos fundamentais: Trás-os-Montes, distribuída por toda a região mas com maior incidência nos concelhos de Alfândega da Fé, Macedo de Cavaleiros e Mirandela; Beira Interior, principalmente nos concelhos do Fundão e Covilhã; e Entre Douro e Minho, praticamente a completude no concelho de Resende (GPP, 2007d). A produtividade média dos pomares nacionais de cereja ronda as 2,6 t/ha, ficando aquém de países como a Itália (3,4 t/ha), a Alemanha (4,1 t/ha) e a França (4,2 t/ha). No entanto é possível atingir produtividades da ordem das 6 a 8 t/ha nos pomares novos, bem estruturados e de maior densidade (GPP, 2007d). Em 2013 a área de cultivo de cerejeira foi de 10,5 mil hectares, cerca de 62% no centro de Portugal e 37% no Norte. Neste ano foram produzidas cerca de 6 mil toneladas de cereja, representando uma quebra de 42% relativamente ao ano anterior (INE, 2014b; INE, 2013a). Da produção total em 2013, o Norte foi responsável por cerca de 57% e o Centro 42%.

Existe um vasto leque de variedades de cerejeira cultivadas em Portugal destacando-se as Saco da Cova da Beira, Saco do Douro, Lisboeta, São Julião, *Big Burlat*, *Maring*, Napoleão Pé Comprido, e *Big Windsor*. Recentemente foram inseridas novas variedades, mais atrativas comercialmente por o fruto poder atingir calibres elevados e apresentar poder de conservação superior, tais como: *Brooks*, *Hedelfingen*, *Summit*, *Sunburst*, *Arcina*, *Sweetheart*, *Van*, *Bing* e *Earlise*. A reconversão de pomares é prática comum em praticamente todas as zonas de produção, com intuito de satisfazer as espectativas de mercado, substituindo as variedades tradicionais por outras de valor comercial mais elevado (OMAIAA, [s.d.] b). Existem também produções de Denominação de Origem Protegida (DOP) e Indicação Geográfica Protegida (IGP), nas regiões da Beira Interior e do Alentejo. A "Cereja da Cova da Beira" tem IGP e é produzida na zona designada de Cova da Beira (concelhos de Fundão, Covilhã e Belmonte). No Alentejo a "Cereja de São Julião – Portalegre" tem DOP e inclui os concelhos de Marvão, Castelo de Vide e Portalegre.

É em Trás-os-Montes, na zona de Resende, que surgem as primeiras produções de cereja a nível nacional, em meados de Abril, seguindo-se uma a duas semanas depois a colheita em Alfândega da Fé. O término da campanha dá-se de forma simultânea, em todas as zonas de produção, a meados de Julho, com as variedades mais tardias (GPP, 2007d).

As densidades de plantação mais usuais são a alta (800 a 1200 árvores por hectare) e a média (500 a 800 árvores por hectare), embora o compasso de plantação mais utilizado seja o de

cinco por três metros que corresponde a uma média densidade (Dias, 2012). As adubações são efetuadas consoante o estado fenológico e vegetativo da cultura com base em análises de solo e foliares (Costa, 2006). As principais fases do ciclo vegetativo da cerejeira são a indução floral, a diferenciação floral, a fecundação, o vingamento, o crescimento dos frutos e a maturação dos frutos. Antes do abrolhamento é efetuada uma adubação de fundo e posteriores adubações foliares periódicas conjuntamente com os tratamentos fitossanitários (para o cancro bacteriano, a moniliose, o afídio negro e a mosca da cereja, entre outros). São também efetuadas calagens e estrumações com alguma frequência. As árvores são mantidas em forma de vaso, sendo efetuadas operações de limpeza e rebaixamento da copa durante o Inverno, de forma a eliminar ramos secos e doentes e evitar que as árvores cresçam em demasia. Na atualidade cerca de 60% dos pomares são de regadio apresentando sistemas de rega localizada (gota-a-gota). Porém o cultivo em sequeiro detém ainda alguma representatividade levando a produtividades médias a baixas. É efetuada colheita manual praticamente na totalidade das explorações (Costa, 2006). Os mecanismos de proteção da colheita não são muito usuais, ficando muitas vezes os pomares expostos a fenómenos climáticos adversos, como por exemplo a precipitação que quando ocorre durante a época de maturação da cereja altera drasticamente a quantidade comercializável (Dias, 2012). Os fatores que mais afetam a produção e a qualidade final das cerejas colhidas são: a combinação cultivar/porta-enxerto, os cuidados de manutenção e condução do cerejal e as condições climatéricas que se verificam durante o processo de formação e crescimento do fruto. Salienta-se que a cereja é um fruto frágil e facilmente perecível e como tal, são necessários comportamentos adequados na pós-colheita para preservar as suas qualidades físicas e organoléticas (Dias, 2012).

Para o estudo do cultivo da cereja foi selecionado um produtor do norte de Viseu. Este produtor utiliza um sistema de produção integrada em regadio (sendo a água utilizada proveniente da rede comunitária de regadio). Efetua a gestão do coberto vegetal espontâneo utilizando herbicida na linha de árvores e realiza a trituração das lenhas de poda. Foram consideradas as cerejeiras em plena produção, tendo o pomar analisado aproximadamente 10 anos de idade, e focando-se este estudo nos anos 2010 a 2012. As principais características do produtor (que designaremos por PC) encontram-se na Tabela C.1.

Tabela C. 1 - Principais características do produtor de cereja estudado.

Produtor	Ano	Nº de árvores por 0,5 ha	Área (ha)	Produtividade (kg/0,5 ha)	Fertilização	Fitossanitários[1]	Irrigação	Localização
PC	2010/2012	417	0,5	2000	Sim	F e H	Sim	Viseu
	2011			2100				

1) F – fungicidas; H – herbicidas.

C.2. Definição dos objetivos e do âmbito

Desenvolveram-se um modelo e inventários de CV para o cultivo de cereja em Portugal. O presente modelo compreende as diversas operações de campo, tais como a aplicação de fertilizantes, corretivos, fungicidas e herbicidas, as podas, a rega e a colheita. Como já foi referido, foi considerado um produtor do norte de Viseu, com produção integrada em regadio, para os anos 2010, 2011 e 2012. As fronteiras do modelo de ciclo de vida encontram-se definidas e apresentadas na Figura C.1. A unidade funcional (UF) escolhida foi 1 kg de cereja colhido e transportado até ao local de armazenamento.

Relativamente ao cultivo da cereja, foram consideradas as emissões: da fertilização; da produção e utilização do gasóleo nas operações agrícolas (Jungbluth, 2007); da produção de eletricidade (Garcia *et al.*, 2014); da produção dos *inputs* de cultivo (Nemecek *et al.*, 2007); e do transporte de cereja (Spielmann *et al.*, 2007). Para as emissões da fertilização foram incluídas as emissões de N_2O diretas e indiretas (por volatilização e por lixiviação), de NH_3, NO_x, NO_3^-, e ainda as emissões de CO_2 da aplicação de $CaCO_3$. Este cálculo foi efetuado consoante o demonstrado pelo IPCC (2006). Foram de igual modo consideradas as emissões de P e de PO_4^{3-} conforme o demonstrado por Nemecek e Schnetzer (2012).

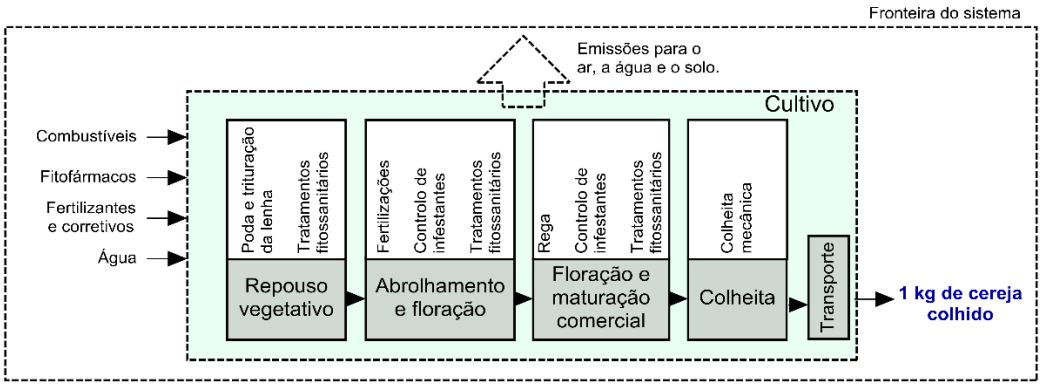

Figura C. 1 - Fronteiras do sistema de cultivo da cereja.

C.3. Análise de inventário

Neste capítulo serão apresentados os inventários referentes ao cultivo da cereja. Na Tabela C.2 encontram-se os principais valores de entradas e saídas do sistema de cultivo, para o meio hectare cultivado pelo produtor considerado. Pela análise à Tabela C.2, verifica-se que os *inputs* empregues no cultivo são os mesmos e nas mesmas quantidades por hectare nos 3 anos considerados, ainda que a produtividade no ano 2011 seja cerca de 5% superior à relativa a 2010 e 2012.

Tabela C. 2 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da cereja, por 0,5 hectare.

Produtor	P_C		U (por ha)
Entradas	2010/2012	2011	
Fertilizantes e corretivos			
N	25,0		kg
N orgânico	12,5		kg
P	30,0		kg
P orgânico	15,0		kg
K	30,0		kg
K orgânico	15,0		kg
$CaCO_3$	780,0		kg
Agrotóxicos (s.a.)			
Dodina	0,5		kg
Hidróxido de cobre	1,5		kg
Mancozebe	1,0		kg
Tirame	1,0		kg
Glifosato	5,0		kg
Irrigação			
Água	300,0		m^3
Energia			
Gasóleo	160,0		L
Transporte de cereja	1,5		km
Saídas			
Cereja	2000,0	2100,0	kg
Emissões para o ar			
N_2O	0,8		kg N_2O
NO_x	0,1		kg NO_x
NH_3	3,0		kg NH_3
CO_2	476,7		kg CO_2
Emissões para a água			
NO_3^-	49,8		kg NO_3^-
PO_4^{3-}	0,8		kg PO_4^{3-}
P	0,1		kg P
Emissões para o solo			
É emitido o total dos agrotóxicos contabilizados nas entradas.			

s.a. – Substância ativa.

C.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida

Os resultados obtidos para a ACV da cereja encontram-se apresentados na Figura C.2 por kg de cereja. Verifica-se que, apesar dos *inputs* de cultivo serem os mesmos (e nas mesmas quantidades), os impactes ambientais em 2011 foram inferiores aos de 2010/2012 para todas as categorias consideradas. Isto deveu-se à influência do aumento de 5% na produtividade de 2010/2012 para 2011, que se manifestou numa redução dos impactes ambientais por quilograma de cereja.

Verifica-se pela observação da Figura C.2 que para AC, AT e EAD as emissões decorrentes da fertilização representavam respetivamente 46%, 66% e 65%, e a produção de fertilizantes entre 11% a 16%. Para EM, praticamente a completude dos impactes ambientais desta categoria proveio das emissões da fertilização (98%). Conclui-se assim, que nas diversas categorias, a produção e aplicação de fertilizantes representou 61-99% dos impactes ambientais do cultivo. O consumo de gasóleo foi mais significativo para os impactes para as AC e AT, com contribuições de 34% e 12% respetivamente. Quanto à produção de pesticidas, o impacte deste

processo verificou-se mais saliente na categoria EAD, representando 21% do total (sendo que 82% provém da aplicação do herbicida glifosato).

As emissões do cultivo da cereja variaram entre 0,7 e 0,8 kg CO_2 eq/kg $_{cereja}$ para AC, 5,3 e 5,6 g SO_2 eq/kg $_{cereja}$ para AT, 0,24 e 0,25 g P eq/kg $_{cereja}$ para EAD e por fim entre 5,7 e 6,0 g N eq/kg $_{cereja}$ para EM.

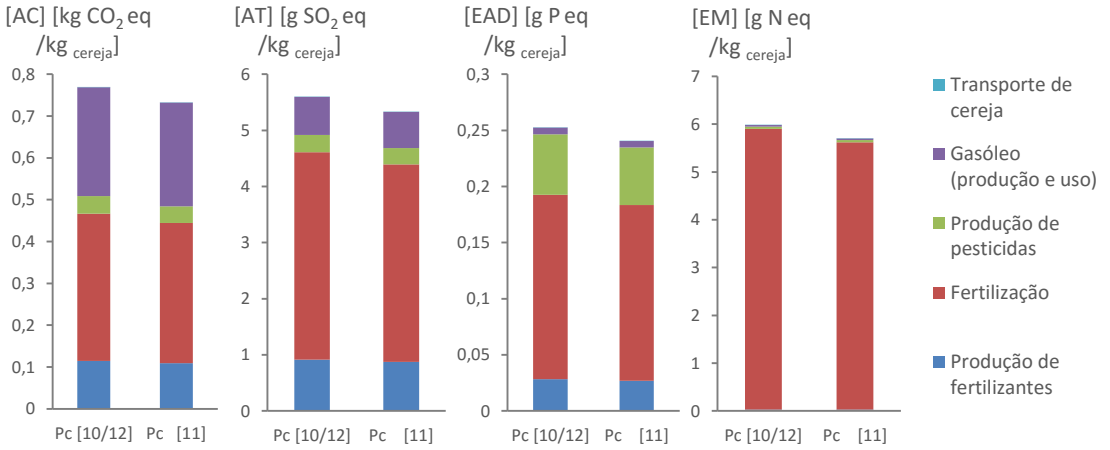

Figura C. 2 - Impactes ambientais por kg de cereja cultivada.

C.5. Conclusões e oportunidades de melhoria

Foram elaborados um modelo e inventários de ciclo de vida para o cultivo de cereja Portugal. Para este fim, foi analisado um produtor de cereja do norte de Viseu com sistema de produção integrada em regadio. Foram analisados três anos (2010, 2011 e 2012) com ligeiras variações de produtividade entre eles, mas com *inputs* de cultivo iguais e respetivas quantidades também.

Conclui-se deste estudo que os impactes ambientais em 2011 foram inferiores aos de 2010 e 2012 devido principalmente ao ligeiro aumento de produtividade verificado neste ano. Averiguou-se que as principais causas dos impactes ambientais do cultivo foram emissões decorrentes da aplicação de fertilizantes para todas as categorias consideradas, significando 46% para AC, 66% para AT, 65% para EAD e 98% para EM.

As principais oportunidades para melhoria do sistema de cultivo da cereja identificadas com o desenvolvimento desta investigação foram:

- A cultivar deve ser escolhida de acordo com as características edafoclimáticas da região e devem ser plantadas as mais produtivas e menos suscetíveis a doenças e pragas;
- Previamente à instalação do pomar devem ser realizadas análises ao perfil do solo para a determinação da sua aptidão frutícola e de forma a ser estabelecido um plano de fertilização (este plano deve ter por base também análises à água de rega e foliares, e as características pretendidas para o pomar);

- Anteriormente à aplicação de fertilizantes orgânicos estes devem ser analisados de forma a contabilizar as recomendações relativas às quantidades de nutrientes a aplicar;
- As quantidades de calcário a apor devem ser função do pH do solo e das necessidades da cultivar, devendo ser aplicados calcários magnesianos ou dolomíticos quando o solo possuir deficiência em magnésio;
- A manutenção do coberto vegetal pode ser feita por meios mecânicos, mas a massa vegetal cortada deve ser deixada no local como fertilizante (quando forem espécies plantadas deve ser dada preferência às espécies fixadoras de azoto);
- Deve ser acompanhado o ciclo biológico dos inimigos das culturas para estimar o risco a eles associado e auxiliar na tomada de decisão de como efetuar a sua gestão:
    - Devem ser utilizadas estratégias de proteção que menos afetem o homem e o ambiente, dando prioridade a estratégias de proteção biológicas e culturais;
    - Quando for necessário o uso de fitossanitários, a escolha destes deve ser realizada de acordo com a sua eficácia, persistência e efeitos secundários;
    - De entre as medidas de luta cultural um exemplo seria aquando a colheita retirar e destruir os frutos caídos no solo de forma a evitar a propagação da mosca da fruta.
- Deve ser realizada uma gestão eficiente dos combustíveis fósseis utilizados nas operações de cultivo.

PARTE D – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA MAÇÃ

D.1. Descrição da produção de maçã

D.1.1. Cultivo – Macieiral

A maçã (*Malus domestica*) é o fruto pomáceo da macieira, árvore da família *Rosaceae* com origem na Ásia e que hoje em dia é dos frutos mais produzidos e consumidos em todo o mundo. A facilidade de adaptação da macieira a diferentes climas e solos, o valor nutritivo dos seus frutos e a resistência a baixas temperaturas permitem que a cultura se possa instalar em todos os países de clima relativamente frio (Lemos *et al*., 2009).

A maçã é a espécie com maior peso na produção de frutos frescos no Continente, representando 52,5% do seu volume total (atendendo a que a categoria dos frutos frescos não inclui os frutos pequenos de baga, os frutos subtropicais, os citrinos e os frutos de casca rija). Os pomares de macieira ocupam atualmente cerca de 13,5 mil hectares, 54% na zona Centro e 42% na zona Norte (INE, 2014b). Tradicionalmente, as maiores zonas de produção são o Ribatejo Oeste, Trás-os-Montes, Beira Interior e Beira Litoral. A produção total de maçã pelo continente em 2013 foi estimada em 285 mil toneladas, sendo a zona Centro a mais produtiva, com 64% da produção (INE, 2014b).

A produtividade média do pomar nacional é de aproximadamente 18 t/ha (média de 2000-2013) (INE, 2014e). Contudo, esta produtividade ficam aquém das praticáveis em pomares com maior intensificação cultural, bem conduzidos e com bom acompanhamento técnico, que suplantam as 40 t/ha, equiparando-se em alguns casos com as produtividades dos maiores países europeus produtores de maçã, nomeadamente a Itália, a Espanha e a França, cujas produtividades se situam acima das 60 t/ha (GPP, 2007e).

As variedades de maçã com maior expressão de cultivo em Portugal são: Golden Delicious, Royal Gala, Red Delicious/Starking, Jonagold e Jonagored, Reineta (Parda e Branca) e Bravo de Esmolfe. Com menor expressão têm-se a Riscadinha de Palmela, a Casa Nova, a Granny Smith e a Pink Lady (GPP, 2007e). Na região do Ribatejo e Oeste predominam largamente as maçãs Gala, sendo também relevantes as Golden Delicious e Reinetas. Nas regiões de Trás-os-Montes e da Beira Interior salientam-se as variedades Golden Delicious e Red Delicious/Starking. A produção de maçã Bravo de Esmolfe está concentrada nas zonas da Cova da Beira, Viseu e Douro Sul.

Existem para a maçã nacional quatro Indicações Geográficas Protegidas – IGP (Maçã da Beira Alta, Maçã da Cova da Beira, Maçã de Alcobaça e Maçã de Portalegre) e uma Denominação de Origem Protegida – DOP (Maçã Bravo de Esmolfe). Verifica-se um crescente interesse nestas produções que se traduz num aumento de volume, numa melhor organização dos seus produtores e na conquista de novos mercados (GPP, 2007e).

A campanha da maçã dura de meados de Julho do ano em questão até 15 a 30 de Julho do ano seguinte. Isto deve-se ao considerável poder de conservação dos frutos em estruturas de frio, quer convencionais quer em atmosfera controlada (GPP, 2007e).

Para o cultivo rentável da macieira recomendam-se solos de textura franco-arenosa e franco-argilo-arenosa que sejam bem drenados. A disponibilidade de água é um fator muito importante pois para que o desenvolvimento da árvore e a sua produção sejam otimizados o teor de água no solo deverá manter-se entre 50-60% da capacidade utilizável (DGADR, 2012b). No que diz respeito às necessidades térmicas, as cultivares da macieira necessitam em geral de cerca de 550 horas de frio (período de repouso invernal) para que o desenvolvimento da planta seja normal. As temperaturas baixas durante a floração podem provocar uma significativa quebra de produção, sendo mais desfavoráveis na fase do vingamento. A precipitação na fase da floração limita a polinização, dificulta a germinação e favorece o aparecimento de doenças. Quando próxima da colheita favorece a queda dos frutos, o aparecimento de fendas, o seu apodrecimento e o desenvolvimento de doenças (DGADR, 2012b).

As principais operações de instalação do pomar são a preparação do terreno e a plantação. Quanto à preparação do terreno, esta inicia-se pelo estudo do perfil do solo para determinar a necessidade de mobilizações, drenagem e aplicação de corretivos orgânicos ou minerais (DGADR, 2012b). A plantação deve ser efetuada até 30 dias antes da data previsível para o abrolhamento, com orientação norte-sul das linhas de árvores para melhor aproveitamento da luz solar. As operações de campo incluem a fertilização, a rega, a poda e monda dos frutos, a aplicação de fitossanitários e por fim a colheita. Relativamente à fertilização, o tipo e a quantidade de fertilizantes a aplicar devem ter em conta as necessidades da cultura e o estado de fertilidade do solo (que se obtêm pela análise periódica de amostras da folhagem das macieiras e do solo). Quanto à rega, uma das técnicas mais utilizadas é a rega gota-a-gota por ser das práticas mais eficientes disponíveis (DGADR, 2012b). A formação das fruteiras é realizada por intervenções mínimas, para facilitar a entrada da luz, para que os tratamentos fitossanitários atinjam facilmente o interior da árvore e a carga dos frutos esteja uniformemente distribuída. As podas, depois da árvore formada, servem para permitir uma adequada iluminação e arejamento da copa e são também efetuadas por meio de intervenções simples e com o mínimo de cortes (DGADR, 2012b). Por sua vez a monda melhora a qualidade dos frutos, aumentando a produção comercializável. A primeira monda é efetuada quando os frutos tiverem um diâmetro de aproximadamente 8 mm. O conhecimento da cultura, dos seus inimigos, da intensidade do seu ataque e dos meios de luta existentes são fatores chave para a implementação de um sistema eficaz de proteção contra pragas e doenças. Atualmente, de entre os principais inimigos da cultura de macieiras salientam-se os afídios, o aranhiço vermelho, o cancro das pomóideas, a cochonilha de São José, as mineiras circulares, de placa e pontuadas, o bichado, o pedrado, o oídio, e a mosca do Mediterrâneo (DRABL, 2008). A colheita deve de ser efetuada no período indicado para cada cultivar, devido

ao efeito que pode exercer na qualidade e no poder de conservação dos frutos. A época de colheita das maçãs é fortemente influenciada pelo tipo de solo e pelas condições climatéricas registadas durante as fases de crescimento e desenvolvimento dos frutos (Público, 2013). Durante a colheita as maçãs são desprendidas da árvore de forma a evitar que o pedúnculo se solte e que os tecidos sofram danos. São então colocadas em pequenos sacos ou baldes para evitar a amontoação de grandes quantidades e posteriormente transferidas para caixas de plástico. Após a colheita os frutos são transportados para instalações frescas onde se efetua o seu armazenamento (Público, 2013).

Para estudar o cultivo da maçã em Portugal foram selecionados dez produtores: seis do distrito de Viseu, dois pertencentes ao distrito de Bragança, um de Leiria e um de Coimbra. Grande parte realiza produção integrada em regadio, sendo o método de rega mais utilizado a rega gota-a-gota (na sua maioria por meio de bombas elétricas, exceto P5 que usa um motor a gasóleo). Realizam gestão de infestantes, fazem a limpeza das entrelinhas utilizando o destroçador (ou com capinadeiras e roçadores). Alguns produtores referem a aplicação de herbicidas na linha. Todos os produtores efetuam aplicações de corretivos e fertilizantes sintéticos, sendo que apenas P3 [2011] e P4 não aplicam fertilizantes orgânicos. As podas são realizadas manualmente pela maioria dos produtores, com trituração de lenhas de poda e sua deposição no solo. A colheita é geralmente manual, com recurso a tratores. Foi considerado o pomar de macieiras em plena produção em todos os casos analisados. As principais características dos produtores considerados (representados como P_1 a P_{10}) nos diferentes anos analisados encontram-se na Tabela D.1.

Tabela D. 1 - Principais características dos produtores de maçã estudados.

Produtor	Ano	Área (ha)	Nº de árvores por hectare	Produtividade (t/ha)	Fitossanitários[1]	Localização
P1	2010 2011	22	1667	50 50	F, H, I, P e R	Leiria
P2	2010 2011	11	1300	34,5 50	F, H, I e P	Bragança
P3	2010 2011	13	1785	28,2 30	F, H e I	Bragança
P4	2012	10	2000	25	F, H e I	Coimbra
P5	2012	4	1250 (3 ha) e 2857 (1 ha)	30	F, H, I e R	Viseu
P6	2012	6	1481 (3,75 ha), 2500 (2,25 ha) e 3289 (2 ha)	30	F e I	Viseu
P7	2010 2011 2012	30	1600	28,3 30,3 27,7	F, H, I e P	Viseu
P8	2010 2011 2012	29,7 31,4	2000	34 36,7 29	F, H e I	Viseu
P9	2010 2011 2012	4 5 6	1250	30 34 31,7	F, H, I e P	Viseu
P10	2010 2011 2012	22	1300	22 32,5 28	F, H e I	Viseu

1) F – fungicidas; H – herbicidas; I – inseticidas; P – pesticidas; R – reguladores de crescimento

D.1.2. Armazenamento

Antes do início da colheita procede-se à limpeza e desinfeção das embalagens, armazéns e câmaras frigoríficas (DGADR, 2012b). Após a colheita as maçãs são protegidas do sol e rapidamente transportadas para os armazéns (de forma a evitar contaminações) e cuidadosamente analisadas pois apenas as sãs e sem vestígios de danos poderão ser armazenadas. Durante a armazenagem, as maçãs de maior calibre deverão ser consumidas primeiramente, pois têm poder de conservação inferior às mais pequenas (Público, 2013). As condições adequadas de armazenamento refrigerado variam de acordo com a cultivar, a maturação na colheita, o local e o ano de produção (Brackmann *et al.*, 2004). Os métodos mais comuns de armazenamento são a atmosfera normal ou a atmosfera controlada (porém, existem outras tecnologias de conservação com valores mais reduzidos de oxigénio, como por exemplo a técnica ULO – *ultra low oxygen* e a atmosfera controlada dinâmica).

Para o presente estudo foram selecionados quatro empresas de armazenamento de maçã que vão ser denominadas por A1 a A4. Algumas informações respeitantes às principais características destas empresas encontram-se na Tabela D.2.

Tabela D. 2 - Principais características das empresas de armazenamento/embalamento de maçã estudadas.

Empresa	Ano	Quantidade laborada (t)	Período de armazenamento	Localização
A1	2010 2011 2012	600	Média 8 meses	Viseu
A2	2010 2011 2012	340	Média 8 meses	Viseu
A3	2010 2011	1100	Média 8 meses	Leiria
A4	2010 2011	4854 8115	3-4 meses CAN[1] 8-10 meses CAC[2]	Bragança

1) Câmara de atmosfera normal; 2) Câmara de atmosfera controlada.

D.2. Definição dos objetivos e do âmbito

Foram desenvolvidos um modelo e inventários de ciclo de vida para a maçã produzida em Portugal. O modelo inclui o cultivo, o transporte da fruta até ao local de armazenamento, o armazenamento propriamente dito e o embalamento das maçãs. No que respeita à fase de cultivo da maçã foram considerados 10 produtores distintos. Foram consideradas as macieiras em plena produção. O modelo do cultivo inclui operações de campo como as podas, a aplicação de fertilizantes e corretivos, substâncias de controlo e proteção da produção, a irrigação e a colheita. Quanto à etapa do armazenamento e embalamento, foram analisadas quatro empresas. Na Figura D.1 encontram-se definidas as fronteiras do sistema em análise, sendo a unidade funcional (UF) considerada 1 kg de maçã embalado à saída do local de armazenamento.

Para a realização deste estudo foram consideradas as emissões do cultivo causadas pela fertilização (emissões de fósforo, azoto e dióxido de carbono), da produção dos *inputs* do cultivo (Nemecek *et al*., 2007), da produção e combustão do gasóleo nas operações agrícolas (Jungbluth, 2007), da produção de eletricidade (Garcia *et al.*, 2014) e do transporte de maçã (Spielmann *et al*., 2007). As emissões contabilizadas da aplicação de fertilizantes foram: as emissões diretas e indiretas (por lixiviação e volatilização) de N_2O, as de NH_3 para o ar e de NO_3^- para a água por lixiviação e escoamento, as emissões NO_x para o ar e também as emissões de CO_2 pela aplicação de calcário ($CaCO_3$) e de ureia ($CO(NH_2)_2$). Para este cálculo foram consultados os procedimentos demonstrados pelo IPCC (2006). As emissões de fosfato (PO_4^{3-}) e de fósforo (P) foram calculadas com base no modelo proposto por Nemecek e Schnetzer (2012).

Quanto às emissões decorrentes da etapa de armazenamento (e embalamento) foram consideradas as emissões decorrentes da produção e combustão do gasóleo (Jungbluth, 2007), bem como do propano (EPA, 2008; Jungbluth, 2007), da produção de eletricidade (Garcia *et al*., 2014), da produção de químicos e água (Althaus *et al*, 2007) e de materiais de embalagem (Hischier, 2007).

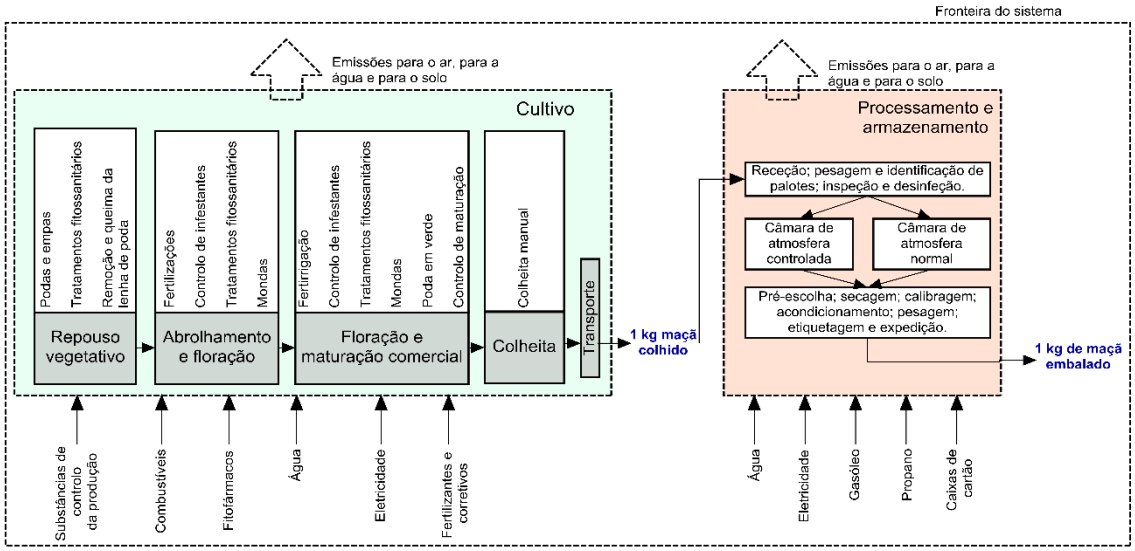

Figura D. 1 - Fronteiras do sistema de produção de maçã.

D.3. Análise de inventário

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os inventários do cultivo e armazenamento da maçã em Portugal. Os inventários do sistema de cultivo de maçã (por hectare cultivado), encontram-se apresentados nas Tabelas D.3 e D.4, sendo que na Tabela D.3 encontram-se os produtores 1 a 6 e na Tabela D.4 os produtores 7 a 10. Na Tabela D.5 encontram-se os dados respeitantes ao armazenamento da maçã das quatro empresas analisadas.

Da análise às Tabelas D.3 e D.4 verifica-se que as produtividades mais elevadas consideradas neste estudo foram de 50 toneladas por hectare para os produtores P1 e P2 [2011],

e a mais reduzida verificou-se para o produtor P4 (25 t/ha). Verifica-se ainda que P1 é o produtor que apresentou aplicação de quantidades mais elevadas de fertilizantes sintéticos e o produtor P4 as mais reduzidas. Em termos de fertilizantes orgânicos, apenas P3 [2011] e P4 não efetuaram a sua aplicação, sendo que P6 aplicou as quantidades mais significativas (essencialmente dos produtos Fertigranu e Nutrimais). P6 e P8 apresentaram os consumos mais elevados de calcário ($CaCO_3$, utilizado como corretor do pH dos solos), aproximadamente 2 t/ha para o primeiro e 2,3 t/ha para o segundo. Por seu lado P4 e P6 apresentaram os consumos mais reduzidos de agrotóxicos. Os principais consumos de água foram apresentados por P8, com a aplicação de 6000 m^3 por hectare, contrastando com por exemplo P6, que aplicou quantidades inferiores à terça parte deste valor. Quanto aos consumos mais elevados de eletricidade e gasóleo, estes diziam respeito a P1, estando os consumos mais diminutos de gasóleo associados a P8 [2012] e de eletricidade a P3. No global verifica-se para produtores que apresentaram inventário de vários anos, um aumento significativo na produtividade de 2010 para 2011, seguindo-se uma diminuição em 2012. Esta ocorrência coincide com os dados de produtividade média do país em 2011, que foram superiores a 2010 em cerca de 13%, e que caíram 13% novamente em 2012 (INE, 2014e). Esta situação poderá ter estado associada às condições meteorológicas verificadas nos anos em causa.

Tabela D. 3 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da maçã (P1 a P6), por hectare.

Produtor	**P1**		**P2**		**P3**		**P4**	**P5**	**P6**	**U**
Entradas	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2012	2012	2012	
Fertilizantes e corretivos										
N	12,0	42,5	22,5		49,4	35,4	-	9,0	88,1	kg
N orgânico	0,6	17,9	3,8		16,3	-	-	44,0	37,5	kg
Ureia	9,3	6,0	-		-	-	-	18,4	-	kg
Sulfato de amónio	2,7	5,9	-		-	-	-	-	-	kg
Nitrato de potássio (N)	7,4	-	-		-	-	-	-	-	kg
Nitrato de cálcio (N)	22,1	2,3	-		3,6	3,6	0,5	3,9	-	kg
P	25,4	37,7	52,5		92,1	48,6	-	18,0	67,3	kg
P orgânico	0,8	26,5	4,5		19,5	-	-	31,4	33,3	kg
Superfosfato triplo	169,3	-	-		-	-	-	-	-	kg
K	4,9	21,2	122,5		103,4	84,0	-	30,0	81,6	kg
K orgânico	0,8	26,7	4,5		19,5	-	-	22,6	41,7	kg
Nitrato de potássio (K)	23,6	-	-		-	-	-	-	-	kg
Sulfato de potássio	13,1	32,8	-		-	-	-	-	-	kg
$CaCO_3$	-	35,0	-		-	-	248,5	350,0	1400,0	kg
CaO	28,0	189,8	975,0		338,5	14,4	-	114,0	11,0	kg
CaSO4.2H2O	514,5	-	-		-	-	-	-	-	kg
CaCl2	-	-	-		-	-	-	-	3,2	kg
MgO	2,8	2,4	302,0		102,2	1,9	-	5,5	15,2	kg
MgSO4	-	-	-		-	-	-	25,0	0,5	kg
B	0,9	1,8	0,9		-	-	0,2	1,3	0,4	kg
SO3	198,4	291,4	4,0		-	-	-	4,5	-	kg
Cu	-	-	-		-	-	-	3,0	0,08	kg
Zn	-	0,1	-		-	-	-	100,0	0,03	kg
Mo	-	-	-		-	-	-	0,01	-	kg
Agrotóxicos (s.a.)										
Captan	3,4	2,1	-		-	-	-	-	-	kg
Cyclic N-C.	0,06	0,3	0,04		0,03	0,03	-	-	-	kg
Dithiocarbamate-C.	12,6	15,1	2,4		-	2,9	-	-	-	kg
Folpet	0,08	0,2	-		-	-	-	-	-	kg
Fosetyl-Al	-	5,1	-		-	-	-	-	-	kg
Fungicida	1,6	7,4	2,9		1,3	1,6	0,3	8,0	2,6	kg
Glifosato	5,7	1,1	1,8		4,2	2,4	0,9	4,0	-	kg

Tabela D. 3 - (Continuação).

Produtor	**P1**		**P2**		**P3**		**P4**	**P5**	**P6**	**U**
Entradas	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2012	2012	2012	
Agrotóxicos (continuação)										
Herbicida	0,2	0,5	-		-	-	-	-	-	kg
Insecticida	5,3	16,6	21,1		26,8	7,2	0,3	0,2	0,05	kg
Mancozeb	3,1	3,1	-		-	-	-	-	-	kg
MCPA	0,2	-	-		-	-	-	-	-	kg
Nitrile-C.	-	-	0,2		0,1	-	-	0,2	-	kg
Organophosphorus-C.	2,2	2,2	-		-	0,6	1,7	1,0	1,0	kg
Pesticida	0,4	0,8	0,05		-	-	-	-	-	kg
Phtalamide-C.	-		-		1,4	-	-	-	-	kg
Pyretroid-C.	-	0,04	-		-	-	-	-	-	kg
Reg. de crescimento	3,3	2,5	-		-	0,1	-	1,2	-	kg
Sulfonyl urea-C.	0,1	0,1	-		-	-	-	-	-	kg
Irrigação										
Água	2000		4500		2160		2160	4980	1750	m^3
Energia										
Eletricidade	2778	2575	2600		692		1700	-	1500	kWh
Gasóleo	517	687	318		240		371	510	360	L
Transporte de maçã	I		2 Rsc		I		43,5	15 Rsc	5 Rsc	km
Saídas										
Maçã	50,0		34,5	50,0	28,2	30,0	25,0	30,0		t
Emissões para o ar										
N_2O	1,1	1,5	0,5		1,4	0,7	0,01	1,5	2,6	kg N_2O
NO_x	0,3	0,3	0,1		0,3	0,2	0,002	0,2	0,4	kg NO_x
NH_3	6,4	6,8	2,7		6,3	4,2	0,2	3,7	10,5	kg NH_3
CO_2	6,9	19,8	-		-	-	29,8	183,3	168,0	kg CO_2
Emissões para a água										
NO_3^-	71,8	99,1	34,9		92,0	47,1	1,7	100,0	166,9	kg NO_3^-
PO_4^{3-}	1,0	0,8	0,8		0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	kg PO_4^{3-}
P	0,03	0,03	0,1	0,06	0,07	0,03	0,08	0,05	0,06	kg P
Emissões para o solo										
É emitido o total dos agrotóxicos contabilizados nas entradas.										

s.a. – Substância ativa; C – Compounds; I – Incluído no consumo de gasóleo total; Rsc – Regresso sem carga.

Tabela D. 4 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da maçã (P7 a P10), por hectare.

Produtor	**P7**			**P8**			**P9**			**P10**			**U**
Entradas	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Fertilizantes e corretivos													
N	24,0			24,2		25,5	36,0	36,0	36,0	20,0			kg
N org	20,0			20,2		25,5	31,1	29,1	31,1	31,3			kg
P_2O_5	72,0			72,7		76,4	36,0	36,0	36,0	30,0			kg
P_2O_5 org	10,0			10,1		12,7	15,6	14,6	15,6	16,0			kg
K_2O	72,0			72,7		76,4	51,0	51,0	51,0	30,0			kg
K_2O org	20,0			10,1		12,7	30,9	28,9	30,9	30,1			kg
$CaCO_3$	780,0			349,9		414,0	780,0	780,0	780,0	390,0			kg
Agrotóxicos (s.a.)													
Captan	1,6			3,2		3,2	1,6	1,6	1,6	1,6			kg
Cyclic N-C	0,1			0,1		0,1	0,07	0,07	0,07	0,2			kg
Dithio.-C[1)]	1,6			-		-	-	-	-	1,6			kg
Fungicida	3,1			2,1		2,1	2,3	2,3	2,3	3,7			kg
Glifosato	1,8			1,5		1,4	1,1	1,0	1,0	1,4			kg
Insecticida	39,8			40,3		40,3	36,9	36,7	36,6	39,9			kg
Mancozeb	1,6			3,2		3,2	3,2	3,2	3,2	1,6			kg
Nitrile-C	0,2			0,5		0,5	0,2	0,2	0,2	0,2			kg
Organo-C[2)]	1,9			0,2		0,2	1,9	1,7	1,6	0,2			kg
Pesticida	0,09			-		-	0,09	0,07	0,06	-			kg
Thio.-C[3)]	0,2			-		-	-	-	-	-			kg
Irrigação													
Água	1900			3600			6000			2300			m^3

Tabela D. 4 – (Continuação).

Produtor	P7			P8			P9			P10			U
Entradas (cont.)	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Energia													
Eletricidade		2200			2300	2100	2100	1700	1700	2300	2300	2300	kWh
Gasóleo		200			270	270	210	190	180	320	320	320	L
Transporte		I			I			I			7 Rsc		km
Saídas													
Maçã	28,0	30,0	28,0	34,0	37,0	29,0	30,0	34,0	32,0	22,0	33,0	28,0	t
Emissões para o ar													
N_2O		0,9			0,9	1,0		1,3			1,0		kg N_2O
NO_x		0,1			0,1	0,1		0,2			0,1		kg NO_x
NH_3		2,9			2,9	3,0		4,3			2,4		kg NH_3
CO_2		340,2			154,0	182,2		343,2			171,6		kg CO_2
Emissões para a água													
NO_3^-		58,0			59,0	68,0		89,0			68,0		kg NO^{3-}
PO_4^{3-}		0,85			0,85	0,85		0,80			0,82		kg PO_4^{3-}
P		0,08			0,10	0,10		0,06			0,08		kg P
Emissões para o solo													
É emitido o total dos agrotóxicos contabilizados nas entradas.													

s.a. – Substância ativa; 1) Dithiocarbamate compounds; 2) Organophosphorus compounds; 3) Thiocarbamate compounds; I – Incluído no consumo de gasóleo total; Rsc – Regresso sem carga.

Quanto ao armazenamento da maçã, como já foi referido, foram consideradas 4 empresas para o estudo desta etapa. Na Tabela D.5 encontram-se as principais entradas para o sistema de armazenamento, por kg de maçã. Verifica-se que A4 em 2010 apresenta os consumos mais elevados de eletricidade, bem como de propano, água e etileno glicol. A3 e A4 utilizavam como material de embalagem as caixas de cartão e, para considerar os mesmos processos do armazenamento para todas as empresas, foi considerado este material também para A1 e A2.

Tabela D. 5 - Principais entradas para o armazenamento e embalamento de 1 kg de maçã.

	A1			A2			A3		A4		U
Entradas	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2010	2011	
Eletricidade	0.12	0.11	0.11	0.13	0.13	0.12	0.10	0.09	0.21	0.10	kWh
Propano	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.05	g
Água	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	-	-	0.93	0.56	L
Etileno Glicol	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.01	mL
Caixa de cartão	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	kg

D.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida

Quanto à análise ao cultivo da maçã, os resultados encontram-se apresentados por kg de maçã. Existiram variações significativas de impactes entre os vários produtores, nas diversas categorias. Os produtores que se salientaram com os impactes mais elevados foram P10 [2010] para AC e EAD e P6 [2012] para AT e EM. Os impactes de P10 [2010] provieram essencialmente da ação combinada dos elevados consumos de gasóleo e da baixa produtividade apresentada. Quanto a P6 [2012] os impactes deste produtor têm por principal causa as emissões da fertilização (produtor com aplicação de quantidades superiores de azoto). Os produtores com IA mais reduzidos foram P3 [2011] para AC e EAD e P4 para AT e EM. Os IA mais reduzidos estão relacionados com o facto de o produtor P4 apresentar as menores aplicações de fertilizantes e

agrotóxicos e P3 [2011] apresentar: a) os consumos mais diminutos de eletricidade; b) utilizar quantidades reduzidas de agrotóxicos e gasóleo.

As contribuições mais significativas para a categoria AC não foram as mesmas para todos os produtores. Para os produtores P1, P3 [2011], P4, P5, P6, P8 e P10 a principal fonte dos impactes foi a produção e combustão de gasóleo (27-55%). Quanto a P2, P3 [2010] e P9 a produção de fertilizantes teve o peso superior (21-36%) e para P7 salientou-se a contribuição da produção de pesticidas (23%).

Quanto à AT verificou-se que, as emissões decorrentes da fertilização foram a principal contribuição para os impactes (entre 24-66%), com exceção do produtor P4. Para P4 a produção de eletricidade representou 51% dos impactes.

Para a EAD as principais contribuições provieram da produção de pesticidas (33-56%), com exceção de P3 [2011], P4, P5 e P6. Para P3 [2011], P5 e P6 as emissões decorrentes da fertilização (P e PO_4^{3-}) foram o fator chave, com 40-43% dos impactes. Para P4, 46% do impacte proveio da produção de eletricidade e 42% das emissões da fertilização.

A contribuição das emissões da fertilização para a categoria EM é de 90-98% para todos os produtores excetuando P4 para o qual representa apenas 49% (como já foi referido, este produtor apresenta as aplicações mais reduzidas de fertilizantes).

As emissões da fase do cultivo da maçã variaram de 0,06-0,17 kg CO_2 eq/$kg_{maçã}$ para AC, de 0,4-1,3 kg SO_2 eq/$kg_{maçã}$ para AT, de 0,02-0,07 kg P eq/$kg_{maçã}$ para EAD e finalmente de 0,03-1,3 kg N eq/$kg_{maçã}$ para EM.

Quanto à fase de armazenamento verificou-se que as maiores contribuições para os impactes do armazenamento provieram do consumo de eletricidade para as categorias AC (70-80%), AT (79-87%) e EAD (70-80%), seguindo-se a embalagem com 12-34% do impacte nestas três categorias. Quanto à eutrofização marinha esta tendência inverte-se, tornando-se a embalagem no principal fator causador de impacte, com uma contribuição de 57-73%, e a eletricidade 27-43%. Esta inversão deve-se a que as principais emissões contribuintes para EM são os nitratos, que provém essencialmente da produção das caixas de cartão.

Nas Figuras D.2 e D.3 apresenta-se a análise ao ciclo de vida completo da maçã. Para obter o impacte ambiental resultante da fase de cultivo foi realizada uma média ponderada entre os impactes dos vários produtores nos diversos anos considerados e a sua produção.

Verifica-se da observação das Figuras D.2 e D.3 que o cultivo é a fase de ciclo de vida com impactes superiores nas diversas categorias, com contribuições de 56-68% para AC, 62-74% para AT, 60-74% para EAD e por fim 94-96% para EM.

As emissões totais da produção de maçã variaram para AC entre 0,16 e 0,19 kg CO_2 eq/kg $_{maçã}$ (para A3 [2010] e A4 [2010]), para AT entre 1,1 e 1,3 g SO_2 eq/ kg $_{maçã}$ (para A3 [2010] e A4 [2010]), para EAD entre 0,06 e 0,08 g P eq/kg $_{maçã}$ (para A3 [2010] e A2 [2012]) e por fim para EM entre 0,52 e 0,53 g N eq/kg $_{maçã}$ (para A3 [2010] e A4 [2010]).

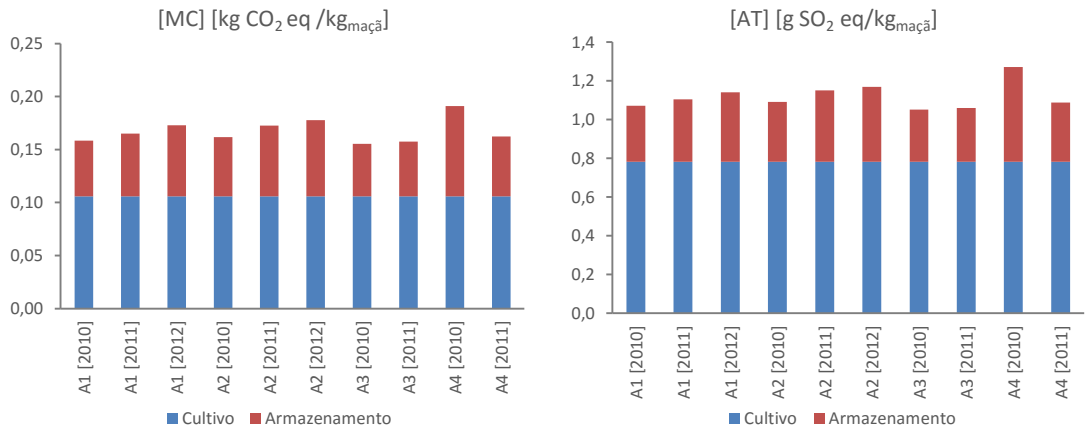

Figura D. 2 - Impactes ambientais por kg de maçã produzido, para as categorias AC e AT.

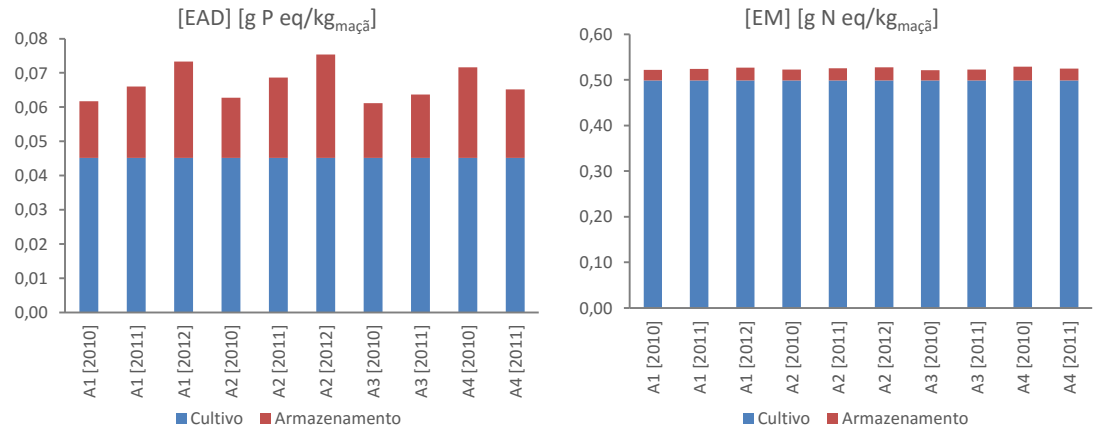

Figura D. 3 - Impactes ambientais por kg de maçã produzido, para as categorias EAD e EM.

D.5. Conclusões e oportunidades de melhoria

Foram desenvolvidos um modelo e inventários de ciclo de vida para a produção de maçã em Portugal, contabilizando as fases do cultivo e armazenamento. Para o cultivo foram analisados dez produtores em regadio, oito da região Norte e dois da região Centro, com produtividades compreendidas entre 22 e 50 toneladas por hectare. Quanto ao armazenamento foram estudadas quatro empresas, uma da região Centro e duas do Norte. Foi considerado o embalamento da maçã em caixas de cartão.

Concluiu-se da análise à fase de cultivo da maçã que existiram variações significativas nos impactes dos vários produtores nas diversas categorias. Os produtores com impactes mais elevados foram P10 [2010] para AC e EAD e P6 [2012] para AT e EM. Para os impactes de P10 [2010] contribuiu essencialmente a ação combinada dos elevados consumos de gasóleo e da baixa produtividade apresentada. Quanto a P6 [2012] os impactes deste produtor advieram maioritariamente das emissões da fertilização. Para a maioria dos produtores as principais contribuições para as AC provieram da produção e combustão do gasóleo. As emissões da

fertilização foram a principal fonte dos impactes na AT e a produção de pesticidas na EAD para a maioria dos produtores. Para EM as emissões da fertilização foram o principal fator de impacte.

Do estudo da fase do armazenamento concluiu-se que a principal causa dos impactes para AC, AT e EAD foi a produção de eletricidade, enquanto para EM foi a produção dos materiais de embalagem.

Da análise ao ciclo de vida completo retira-se que o cultivo representa entre 56% e 96% dos impactes, sendo a fase de ciclo de vida com impactes mais relevantes. Torna-se assim fundamental mitigar os impactes ambientais nesta fase, o que passa principalmente pelo consumo sustentável de combustíveis fósseis e de fertilizantes.

Durante o desenvolvimento do estudo da maçã foram identificadas algumas oportunidades para melhoria e recomendações que serão seguidamente apresentadas:

- Efetuar análises de solo e foliares para assegurar que as doses de nutrientes aplicadas respeitam as necessidades das árvores e o seu crescimento vegetativo, e assim evitar perdas de nutrientes para o meio ambiente;
- Usar quantidades moderadas de fertilizantes orgânicos e/ou cultivar leguminosas para promover os parâmetros de qualidade das maçãs e a sua resistência;
- Procurar combater os inimigos das culturas de maçã dando preferência aos meios de luta biológicos e culturais;
- Quando efetuada luta química, ou seja por meio de agrotóxicos, ter em atenção as indicações sobre as condições de aplicação, o material de aplicação e a técnica de aplicação, que são fundamentais para garantir as melhores eficácias;
- Controlar as infeções fúngicas pela inspeção regular do pomar e pela remoção de ramos infetados;
- Efetuar uma gestão racional da água, utilizando práticas de irrigação adequadas e maximizando a eficiência da água distribuída;
- Melhorar a gestão do uso de combustíveis fósseis, não só na fase de cultivo mas também durante o armazenamento;
- Para minimizar o consumo de energia durante o armazenamento recomenda-se:
    - Arrefecer os frutos previamente à sua entrada nas câmaras de conservação;
    - Utilizar a densidade de carga máxima recomendável e efetuar o seu carregamento o mais rapidamente possível;
    - Manter a temperatura do ar da câmara adequada à cultivar;
    - Não exceder o período de conservação compatível com a manutenção de uma boa qualidade.

PARTE E – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA NOZ

E.1. Descrição da produção de noz

A nogueira-comum (*Juglans regia L*) é uma árvore da família Juglandaceae, nativa da Europa e da Ásia, cujo fruto, a noz, é muito apreciado pelos Portugueses. A nível mundial a Ásia representa hoje em dia cerca de 59% da produção e os maiores produtores mundiais são a China, os EUA e o Irão (FAOSTAT, 2014b). A nível europeu destacam-se a Ucrânia, com 97 mil toneladas produzidas em 2012, a França (36 mil toneladas) e a Roménia (31 mil toneladas) (FAOSTAT, 2014b).

O pico de produção de noz em Portugal deu-se em 2002 com 4600 toneladas produzidas (INE, 2014b). Porém, em 2010 verificou-se o mínimo de produção do decénio, com apenas 3400 toneladas, concordantes com a quebra na área de cultivo de 15% de 2009 para 2010 (correspondente a uma redução de 3,1 a 2,6 mil hectares). A partir deste ponto, a produção tem vindo a aumentar até que no ano de 2013 foram produzidas 4200 toneladas, apresentando o máximo de produtividade nacional dos últimos 10 anos, cerca de 1,6 tonelada por hectare (sendo a média deste período 1,4 t/ha). Quanto à área de cultivo, em 2013 existiam 2,9 mil hectares de nogueiral, distribuídos por 50% no norte do país, 25% no Alentejo e 20% na zona Centro (INE, 2014b).

Esta cultura encontra-se dispersa um pouco por todo o país, estando os pomares ordenados localizados maioritariamente nas regiões de Trás-os-Montes (Bragança e Mirandela), Beira Litoral (Condeixa, Penela e Miranda do Corvo), Alentejo (Estremoz, Arraiolos, Portalegre, Castelo de Vide e Marvão) e Ribatejo e Oeste (OMAIAA, [s.d.] c).

A produtividade média em 2013 na zona Norte foi bastante baixa (0,9 t/ha), contrastando com as 2,9 t/ha produzidas no Alentejo, onde se concentrou 46% da produção (INE, 2014b). É no Alentejo que por norma se obtém as produtividades mais elevadas do país, em particular nos concelhos de Estremoz e Arraiolos, devido principalmente às características dos pomares, bem implantados e com técnicas de gestão adequadas (GPP, 2007a).

As cultivares de noz mais comuns em Portugal são as americanas Hartley, Serr, Amigo e Chandler, as portuguesas Rego e Arco e as francesas Franquette e Lara (GPP, 2007a). A época de produção e comercialização da noz inicia-se a meados de Setembro e termina em Janeiro do ano seguinte.

A nogueira é uma árvore muito exigente quanto ao solo, preferindo solos argilosos ou calcários, bem drenados, com teor de calcário ativo inferior a 5% e pH entre 6,0 e 7,5 (DRAPC, 2002). É indispensável conhecer o perfil cultural e a fertilidade do solo à plantação, para implementar um plano adequado de fertilização (DRAPC, 2002). A última é necessária para satisfazer as necessidades das árvores, devendo ser efetuadas análises de solo e foliares periódicas e proceder em conformidade. A aquisição de plantas enxertadas nas variedades adequadas é fator determinante, devendo a sua escolha ter por base o clima da região. A rega é fundamental para o

desenvolvimento das árvores, para o aumento da produção e qualidade das nozes. Como tal, a frequência da rega e o volume de água a fornecer são determinados com base nos dados climáticos e nas observações da evolução das reservas de água do solo (DRAPC, 2002). Dos vários métodos de rega, os mais utilizados são a microaspersão e a rega gota-a-gota. A formação da árvore deve ser auxiliada por podas de formação nos primeiros quatro ou cinco anos, após os quais a realização de podas de limpeza, renovação e manutenção beneficiam o desenvolvimento vegetativo e a produção (DRAPC, 2002). Nos primeiros anos são aconselháveis mobilizações de terreno de forma a mantê-lo limpo de infestantes e favorecer o enraizamento. A partir dos quatro anos devem ser utilizados herbicidas nas linhas e cortado o coberto vegetal natural nas entrelinhas com máquinas apropriadas, utilizando os desperdícios como matéria orgânica. Os tratamentos fitossanitários devem ser feitos na altura adequada, considerando caso a caso, e incidem geralmente sobre a bacteriose, a antracnose, o bichado e a broca (Tété, 2011). Relativamente à colheita, num pomar intensivo deve ser considerado o varejamento mecânico e as consequentes máquinas de tirar o cascarão, secadores, máquina de calibrar e máquina de extração das falidas (Tété, 2011). Após a colheita, a noz é lavada, seca, calibrada, selecionada e embalada para ser comercializada como noz com casca. Se o produto final for o miolo de noz (sem casca), procede-se ao seu descasque, seleção, embalagem e armazenamento em câmaras frigoríficas (GPP, 2007a).

Para proceder ao estudo do cultivo de noz em Portugal foi selecionado um produtor de noz do distrito de Bragança, com um nogueiral de aproximadamente 12 anos. Este produtor efetua produção integrada de noz em sequeiro, (essencialmente a cultivar Fernor) estando as suas características mais importantes expostas na seguinte Tabela E.1. O nogueiral foi considerado em plena produção (atingida pelas nogueiras aos 6-7 anos), sendo estudados os anos 2010 e 2011. O compasso de plantio das árvores é de nove em nove metros (perfazendo um total de 123 árvores por hectare). Salienta-se que este produtor não efetua fertilização. Ao utilizar a prática de pastoreio, elimina a necessidade de proceder a qualquer tipo de destroçamento da vegetação ou a utilização de herbicidas. Efetua uma poda por ano, com recurso a trator (a gasóleo) e tesouras pneumáticas. A colheita é feita com recurso a um vibrador que é usado para fazer cair a noz e posteriormente 3 a 4 pessoas apanham a noz do chão manualmente e de modo a eliminar a maior parte da casca exterior. A apanha tem a duração de cerca 8 dias por hectare e efetua-se desde do fim de Setembro até início de Novembro. Finalmente, efetua o seu transporte até ao local de transformação (que neste caso específico se limita a uma secagem natural e ensacamento em sacos de rede de 30 kg).

Tabela E. 1 - Principais características do produtor de noz estudado.

	Ano	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)	Fertilização	Fitossanitários[1]	Irrigação	Localização
P_A	2010 e 2011	5	1000	Não	F	Não	Bragança

1) F – fungicida.

E.2. Definição dos objetivos e do âmbito

Foram desenvolvidos um modelo e inventários de ciclo de vida para o cultivo de noz em Portugal. Este modelo abrange as operações de campo como a poda, os tratamentos fitossanitários e a colheita, e o transporte da noz até ao local de armazenamento. Como já foi referido, foi selecionado um produtor de Bragança, com produção integrada em sequeiro, para os anos 2010 e 2011. O fluxograma de ciclo de vida encontra-se representado na Figura E.1, com as fronteiras do sistema definidas. A unidade funcional escolhida para a realização desta análise foi 1 kg de noz cultivada e transportada até ao local de transformação.

As emissões relativas ao cultivo da noz incluem as emissões provenientes da fertilização, da produção e combustão do gasóleo nas operações agrícolas (Jungbluth, 2007), da produção dos *inputs* de cultivo (Nemecek *et al*., 2007) e do transporte de noz até ao local de transformação (Spielmann *et al.*, 2007). Relativamente às emissões da fertilização foram consideradas as emissões para o meio ambiente de P e de PO_4^{3-} consoante o demonstrado em Nemecek e Schnetzer (2012).

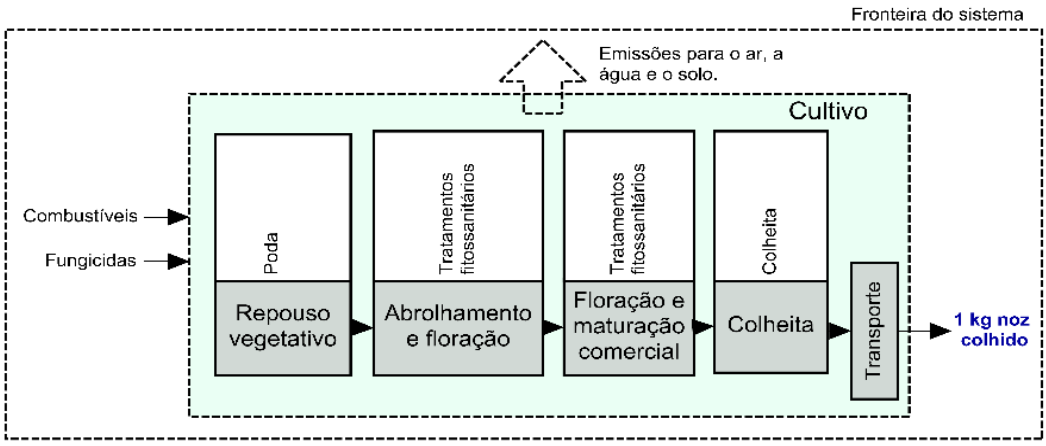

Figura E. 1 - Fronteiras do sistema de produção da noz.

E.3. Análise de inventário

Neste capítulo encontra-se o inventário do cultivo da noz em Portugal. Na Tabela E.2, apresentam-se as principais entradas e saídas do sistema de cultivo de noz por hectare cultivado, para o produtor considerado. Da análise à Tabela E.2 concluiu-se que os *inputs* necessários ao cultivo desta cultura são os mesmos em 2010 e 2011. Estes são muito reduzidos, limitando-se ao fungicida Oxicloreto de Cobre e ao consumo de gasóleo (nas operações agrícolas e no posterior transporte da noz). A diferença entre os dois anos considerados assenta nas emissões de fósforo para a água, que variaram de acordo com a precipitação média verificada em cada ano.

Tabela E. 2 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da noz, por hectare.

Produtor	**P_N**		**U (por ha)**
Entradas	2010	2011	
Agrotóxicos (s.a.)			
Oxicloreto de cobre	0,8		Kg
Energia			
Gasóleo	120,0*		L
Transporte de noz	I*		
Saídas			
Noz	1000,0		kg
Emissões para a água			
PO_4^{3-}	750,8		g PO_4^{3-}
P	42,9	16,7	g P
Emissões para o solo			
É emitido o total dos agrotóxicos contabilizados nas entradas.			

s.a. – Substância ativa.

E.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida

Na Figura E.2 encontram-se graficamente apresentados (por kg de noz) os impactes ambientais resultantes do cultivo da noz. Da observação desta figura, conclui-se que para as categorias AC e AT a principal contribuição para os impactes ambientais provém do gasóleo (produção e combustão), contribuindo em cerca de 96% para AC e 98% para AT. Quanto à eutrofização de água doce EAD, verifica-se que 95-96% do impacte provém das emissões de compostos de fósforo para a água, essencialmente fosfatos (85%). No que diz respeito à eutrofização marinha, 65% das emissões são provenientes do consumo de gasóleo e 35% da produção de pesticidas (mais concretamente do fungicida oxicloreto de cobre).

As emissões do cultivo da noz foram: 0,4 kg CO_2eq/kg $_{noz}$ para AC; 1,1 g SO_2 eq/kg $_{noz}$ para AT; entre 0,28 e 0,30 g P eq/kg $_{noz}$ para EAD; e por fim cerca de 0,8 g N eq/kg $_{noz}$ para EM.

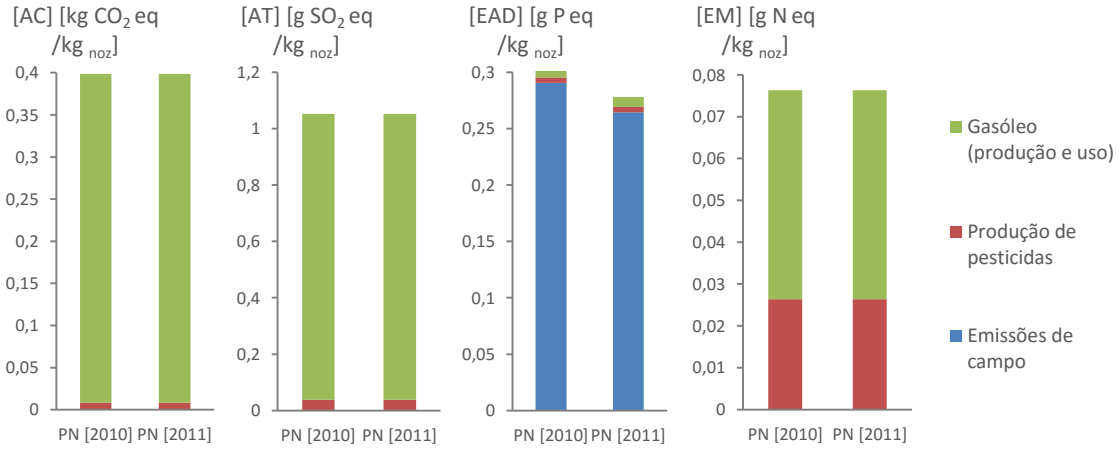

Figura E. 2 - Impactes ambientais por kg de noz cultivada.

E.5. Conclusões e oportunidades de melhoria

Foi desenvolvido um modelo e inventário de ciclo de vida para a produção de noz em Portugal. Analisou-se um produtor no norte de Portugal, com produção integrada em sequeiro,

para os anos 2010 e 2011. Conclui-se da avaliação de ciclo de vida da noz que a principal contribuição para os impactes ambientais nas categorias AC, AT e EM foi a produção e combustão do gasóleo (tanto nas operações do cultivo como no transporte de noz até ao local de transformação). Para a EAD verificou-se que a principal causa dos impactes ambientais foram as emissões de fósforo para a água. Salienta-se ainda que a produção do fungicida oxicloreto de cobre contribuiu para 35% dos impactes para a EM.

As medidas de melhoria/recomendações que foram reunidas durante a realização do estudo da noz foram:

- Apesar do produtor analisado não efetuar aplicação de fertilizantes, esta é necessária para satisfazer as necessidades das árvores, devendo ser efetuadas análises de solo e foliares periódicas e proceder em conformidade, racionalizando o seu consumo;
- O cultivo da noz deve ser feito em regadio, tendo em conta as melhores práticas de gestão da água, de forma a obter produções superiores e de melhor qualidade, e minorando o consumo de fertilizantes;
- Devem ser utilizadas estratégias de proteção das culturas que minimizem os efeitos secundários negativos para o homem e o ambiente, dando prioridade a estratégias de proteção biológicas e culturais;
- Quando necessário o uso de fitossanitários, a escolha destes deve ser realizada de acordo com a sua eficácia, persistência e efeitos secundários;
- Deve ser executada uma gestão eficiente dos combustíveis fósseis.

PARTE F – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA PERA

F.1. Descrição da produção de pera

F.1.1. Cultivo – Pereiral

A pera (*Pyrus communis*) é o fruto da pereira, árvore da família *Rosaceae*. Esta é originária da Europa Oriental e da Ásia Ocidental sendo hoje em dia uma das frutas mais relevantes das regiões temperadas.

Em Portugal, a pera é a segunda cultivar com maior peso na produção de frutos frescos, com 37% do seu volume, apenas superada pela maçã (a categoria frutos frescos não inclui os frutos pequenos de baga, os frutos subtropicais, os citrinos e os frutos de casca rija) (INE, 2014b). Os pomares de pereira completam hoje em dia cerca de 12 mil hectares, concentrados maioritariamente na zona Centro, que representa 91% da área total (INE, 2014b). A produção total de pera do continente em 2013 foi estimada em 202,5 mil toneladas, das quais 95% foram fornecidas pela zona Centro. Cerca de 31% da produção é certificada, sendo o produto agrícola com maior quota de certificação (GPP, 2012b).

Para o período 2000 a 2013, a produtividade média verificada nos pomares de pera nacionais foi de aproximadamente 14 t/ha (INE, 2013b), dando-se um pico em 2011 com 21 t/ha. Porém, os valores de produtividade do pomar nacional, moderno e bem estruturado, podem superar as 40 t/ha no Ribatejo e Oeste (GPP, 2007f).

A produção nacional de pera é dominada pela variedade Rocha, que representa cerca de 97% da produção total. Praticamente toda a pera Rocha é produzida em Portugal, embora alguns países já tenham pomares desta variedade, por exemplo a França, a Espanha e o Brasil (GPP, 2007f). Esta variedade é originária da região do Oeste e aí se concentra a maior área de pomar, nos concelhos do Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha e Lourinhã. A "Pera Rocha do Oeste" é a única variedade de pera portuguesa com Denominação de Origem Protegida (DOP). Os principais núcleos de produção de pera rocha em Portugal encontram-se salientados na Figura F.1.

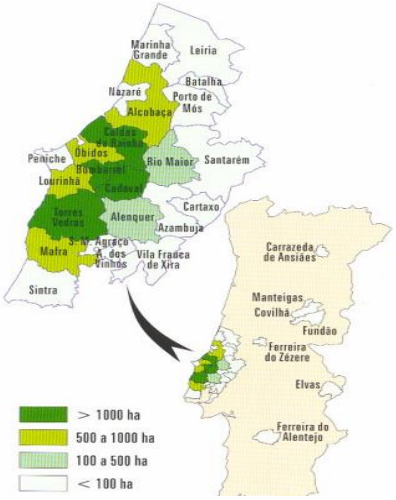

Figura F. 1 - Produção de pera Rocha em Portugal (ANP, 2005).

A pera Rocha apresenta como vantagens face às outras variedades a sua excelente capacidade de conservação e resistência ao transporte e manuseamento, que se manifesta na possibilidade de ter uma época de comercialização bastante prolongada sem quebra de qualidade (GPP, 2007f). De fato, a campanha de produção e comercialização da pera Rocha decorre de Agosto a Junho do ano seguinte, graças ao poder de conservação dos frutos em estruturas de frio, quer convencionais quer de atmosfera controlada. A campanha das peras de Verão é em comparação bastante curta (meados de Junho a finais de Agosto) devido ao seu fraco poder de conservação.

A pera é um produto com saldo positivo na balança comercial, impondo-se há décadas no mercado externo. O maior importador de pera portuguesa em 2013 foi o Brasil, com 35% das importações, seguindo-se o Reino Unido (20%) e a França (16%) (INE, 2013b).

Tem-se verificado nos últimos anos uma adesão dos produtores de pera aos regimes de produção e proteção integradas (OMAIAA, [s.d.] d). As principais operações decorrentes na fase de cultivo da pera são: a instalação do pomar, as operações de campo tais como a fertilização, a irrigação, podas, polinização, gestão de infestantes, doenças e pragas, monda de frutos e por fim a colheita. A competitividade de um pomar depende das condições edafoclimáticas, dos antecedentes culturais, do material vegetal (porta-enxerto, clone, polinizadoras), do compasso, da altura da zona de enxertia, da disponibilidade de água para rega e das práticas culturais (DGADR, 2012b). Uma fertilização racional deve ter por base análises de solos, folhas das cultivares, de água e do coberto vegetal (DGADR, 2012b). Em geral, um terço do azoto necessário é aplicado um mês antes do abrolhamento e dois terços até os frutos terem um diâmetro de 15 mm. A aplicação pode ser feita diretamente no solo, ou através da fertirrega (normalmente a técnica mais comum é a gota-a-gota) (Sousa, 2012). No final do inverno são aplicados os nutrientes fósforo e o potássio. Dada a pobreza dos solos nacionais em matéria orgânica, é aconselhável a sua aplicação anual, para que se mantenha um teor próximo de 1,5% no solo (Sousa, 2012). A poda tem por intuito minorar o período improdutivo das pereiras, manter o equilíbrio entre a frutificação e a vegetação, o bom estado sanitário das plantas, permitir a penetração da luz em toda a copa e a geração de frutos de qualidade em quantidade (Sousa, 2012). A monda de frutos permite regularizar o calibre dos frutos e evitar a alternância da produção. Quanto às pragas e doenças da pereira, a sua incidência têm vindo a aumentar nos últimos anos, devido às alterações climáticas. No entanto, o seu controlo é permitido pelo emprego de boas práticas culturais e a melhor utilização dos meios de proteção. As mais relevantes pragas da cultura da pereira cultivar 'Rocha' são a psila, o bichado, a filoxera, a cochonilha de S. José e a mosca da fruta. Quanto às doenças salientam-se o pedrado, a estenfiliose e a roselinia. A colheita deve ser realizada na altura ideal de forma a reunir os diferentes parâmetros de qualidade. A determinação da época ideal de colheita é decisiva pois a longevidade de conservação dos frutos depende diretamente da qualidade dos frutos que vêm do pomar (Sousa, 2012). Tradicionalmente a apanha da pera é feita

manualmente, agarrando o fruto e inclinando-o ligeiramente no sentido lateral, provocando assim a separação do pedúnculo da árvore. De seguida o fruto é colocado cuidadosamente em caixas de madeira ou plástico colocadas ao longo da linha de árvores que depois de cheias são transportadas para reboques e daí para as centrais fruteiras (ANP, 1997).

Neste estudo foram considerados 3 produtores de pera, localizados na região Centro, na sub-região denominada por Oeste na classificação Nuts III. Todos os produtores efetuam cultivo em regadio, sendo as principais práticas incluídas no cultivo a poda, a destruição de lenha de poda, a irrigação, a fertilização e correção dos solos, a aplicação de substâncias de controlo de pestes e pragas (tratamentos fitossanitários), a gestão da vegetação infestante, a monda de frutos e a colheita. As principais características dos produtores de pera considerados encontram-se expostas na Tabela F.1 seguidamente exposta.

Tabela F. 1 - Principais características dos produtores de pera estudados.

Produtor	Ano	Área (ha)	Nº de árvores por hectare	Produtividade (t/ha)	Fitossanitários[1]	Localização
Pp1	2010	7,3	1667	34,9	F, H, I, P e R	Leiria
	2011			44,6		
Pp2	2010	6,87	1250	44,4	F, I, P e R	Lisboa
	2011			53,1	F, I e R	
Pp3	2010	47,04	1250	31,3	F, H, I, P e R	Lisboa
	2011	47,01		37,4	F, H, I, P e R	

1) F – fungicidas; H – herbicidas; I – inseticidas; P – pesticidas; R – reguladores de crescimento.

F.1.2. Armazenamento

É fundamental produzir frutos com qualidade de uma forma equilibrada e colhê-los na altura própria, com os devidos cuidados, estando a longevidade da conservação dependente do cumprimento destes fatores (DGADR, 2012b).

Após a sua chegada na central fruteira, as peras são lavadas para posterior armazenamento (Dentinho, 2009). As peras são normalmente conservadas em atmosfera normal, a temperaturas entre -0,5ºC e 0ºC, com uma humidade relativa de 90-95%. Neste tipo de armazenamento a pera dura em média 4 a 6 meses. Para conservar as peras por longos períodos, utiliza-se então a atmosfera controlada, podendo a conservação prolongar-se até 7-8 meses. No interior destas câmaras o teor de oxigénio e de dióxido de carbono varia consoante a cultivar (Sousa, 2012).

Durante o período de conservação, as peras vão sendo retiradas das câmaras, lavadas e calibradas (Dentinho, 2009). A calibragem das peras é feita com recurso a calibradores manuais ou mecânicos. Quando esta operação é feita com calibradores manuais, os operários efetuam simultaneamente a seleção da fruta que se destina a ser acondicionada. Quando a calibragem é feita mecanicamente, a seleção da fruta para acondicionamento é feita em bancadas laterais ao calibrador (ANP, 1997). Depois são então embaladas de acordo com os requisitos do cliente, e transportadas até ao cliente final, normalmente em contentores frigoríficos (Dentinho, 2009).

Para o presente estudo foi selecionada uma empresa de armazenamento de pera que vai ser designada por Ap. Esta efetua não só o armazenamento mas também o embalamento das frutas Os principais dados respeitantes às características destas empresas encontram-se na Tabela F.2.

Tabela F. 2 - Principais características da empresa de armazenamento de pera estudada.

	Ano	Quantidade laborada (t)	Tempo de armazenamento	Embalamento	Localização
Ap	2010 2011	256 327	4-5 meses	Sim	Leiria

F.2. Definição dos objetivos e do âmbito

Foi desenvolvido um modelo e inventário de ciclo de vida para a produção de pera em Portugal. Este modelo inclui tanto o cultivo como o armazenamento da pera. No que respeita à fase do cultivo, como já foi mencionado anteriormente, foram considerados 3 produtores (produção integrada em regadio), dois do distrito de Lisboa e um de Leiria. Para o armazenamento foi considerada uma empresa e dois anos do seu funcionamento. Na Figura F.2 encontram-se representadas as fronteiras do sistema em estudo. A unidade funcional considerada foi 1 kg de pera embalado à saída do local de armazenamento.

Foram consideradas as seguintes emissões da fase do cultivo: da fertilização (emissões de azoto, dióxido de carbono e fósforo), da produção dos *inputs* de cultivo (Nemecek *et al.*, 2007), da produção e utilização de gasóleo nas operações agrícolas (Jungbluth, 2007), bem como da produção de eletricidade (Garcia *et al*, 2014) e do transporte de pera (Spielmann *et al.*, 2007). Foram consideradas as emissões da fertilização de N_2O diretas e indiretas (por volatilização e por lixiviação), de NH_3, NO_x, NO_3^-, e ainda de CO_2 pela aplicação de calcário ($CaCO_3$) e de ureia ($CO(NH_2)_2$). Este cálculo foi realizado de acordo com os procedimentos demonstrados pelo IPCC (2006). As emissões de P e de PO_4^{3-} foram calculadas consoante Nemecek e Schnetzer (2012).

Quanto à fase de armazenamento foram incluídas no modelo as emissões provenientes da produção de eletricidade (Garcia *et al*, 2014) e dos materiais de embalagem (Hishier, 2007).

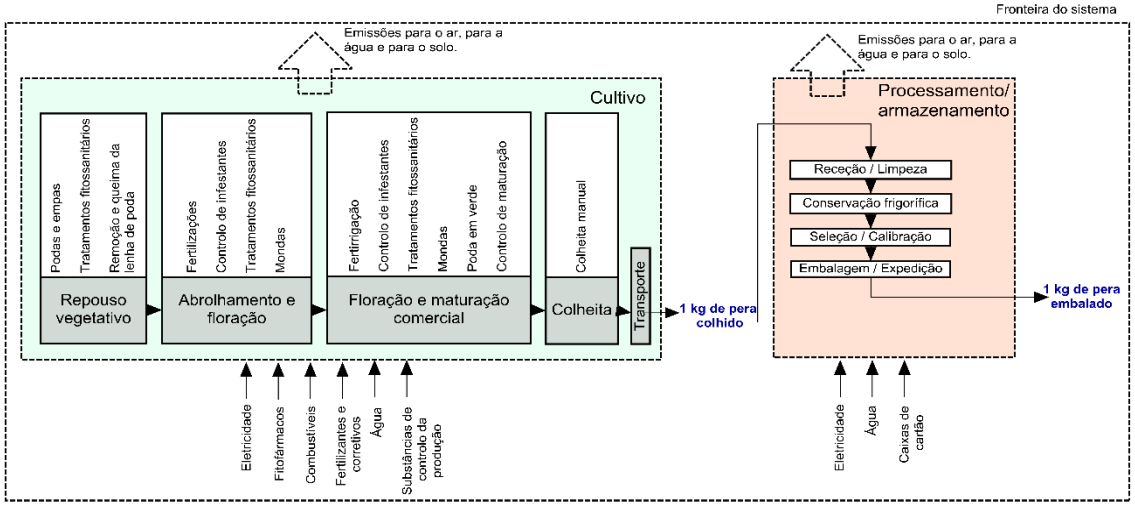

Figura F. 2 - Fronteiras do sistema de produção de pera.

F.3. Análise de inventário

Neste capítulo encontram-se os inventários de ciclo de vida da pera produzida em Portugal, para as fases de produção consideradas. Na Tabela F.3 é apresentado o inventário referente à etapa do cultivo. Como foi já referido, foram considerados para esta análise três produtores, cada um com dados referentes a dois anos de cultivo (2010 e 2011).

Como se pode verificar pela análise da Tabela F.3, o produtor Pp2 [2011] apresenta os consumos mais elevados de azoto e Pp2 [2010] os de fósforo e potássio. O produtor que aplica doses inferiores de azoto é Pp3 [2010]. Pp1 [2011] aplica as quantidades mais elevadas de corretivos. O produtor Pp1 [2011] salienta-se por aplicar as doses mais significativas de agrotóxicos. Na utilização de água para irrigação existe uma variação significativa nas quantidades aplicadas, sendo o menor consumo apresentado por Pp3 [2011] (743 m^3 por hectare) é aproximadamente 3,7 vezes inferior ao consumo mais elevado, cerca de 2718 m^3 apresentados por Pp2 [2011]. Quanto aos consumos de eletricidade, o produtor Pp2 apresenta os mais elevados (até 5145 kWh por hectare), cerca de 2,8 vezes superior aos mais reduzidos (Pp3 [2011]). Pp3 [2011] apresenta também os consumos mais reduzidos de gasóleo, cerca de 290 L contrastando com os 616 L apresentados por Pp1 em 2011 (o dobro). Verifica-se pela observação das saídas do cultivo de pera que o produtor com produtividade superior é Pp2 [2011] alcançando as 53 toneladas por hectare. Por seu lado o produtor com produtividade mais reduzida foi Pp3 em 2010 com 31 toneladas por hectare. Relativamente às emissões da fertilização, Pp2 [2011] apresenta emissões superiores para o ar e para a água, com exceção da emissão de dióxido de carbono em que se destaca Pp1 [2011], e de fosfatos cujas emissões mais significativas provém de Pp1 [2010].

Tabela F. 3 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo da pera, por hectare.

Produtor	**Pp1**		**Pp2**		**Pp3**		**U**
Entradas	2010	2011	2010	2011	2010	2011	
Fertilizantes e corretivos							
N	10,7	38,0	94,0	97,0	5,6	74,6	kg
N orgânico	0,5	16,0	18,0	18,0	-	-	kg
Ureia	8,4	5,3	-	-	-	-	kg
Sulfato de amónio	2,4	5,3	-	-	-	-	kg
Nitrato de potássio (N)	6,6	-	-	-	6,8	6,8	kg
Nitrato de cálcio (N)	19,8	2,1	9,9	9,9	7,8	7,8	kg
P	22,7	33,7	73,6	80,7	56,0	57,1	kg
P orgânico	0,8	23,7	18,0	18,0	-	-	kg
Superfosfato triplo	151,6	-	350,0	146,0	300,0	-	kg
K	4,4	19,0	222,4	145,1	151,6	152,2	kg
K orgânico	0,8	23,9	29,0	29,0	-	-	kg
Nitrato de potássio (K)	21,2	-	-	-	23,1	23,1	kg
Sulfato de potássio	11,8	29,4	-	-	-	-	kg
$CaCO_3$	-	31,3	-	-	-	-	kg
CaO	25,1	169,9	100,2	54,2	88,1	20,1	kg
MgO	2,5	2,1	10,8	11,1	0,2	9,1	kg
$MgSO_4$	-	-	9,1	9,1	9,0	9,0	kg
$CaSO_4.2H_2O$	460,6	-	-	-	-	-	kg
B	0,8	1,6	3,0	3,2	3,7	2,9	kg
SO_3	177,6	260,9	180,0	130,0	48,6	114,8	kg
Fe	-	-	0,2	0,2	0,2	0,3	kg

Tabela F. 3 - (Continuação).

Produtor	Pp1		Pp2		Pp3		U
Entradas	2010	2011	2010	2011	2010	2011	
Fertilizantes e corretivos (continuação)							
Zn	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	kg
Mo	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	kg
Mn	-	-	0,8	0,8	0,6	0,6	kg
Agrotóxicos (s.a.)							
Adjuvante	249,4	563,1	-	-	-	-	mL
Captan	3399,9	2105,7	-	-	-	-	g
Cyclic N-C.	62,7	282,5	633,8	597,9	445,8	445,8	g
Dithiocarbamate-C.	12643,7	15045,9	3200,0	3200,0	3200,0	1600,0	g
Estimulante	11,0	9,4	-	-	-	-	mL
Folpete	78,3	235,0	-	-	-	-	g
Fosetil-Aluminio	-	5063,8	-	-	-	-	g
Fungicida	1573,7	7395,5	3936,8	4440,8	4690,0	6701,3	g
Glifosato	5651,6	1128,1	-	-	3016,0	3016,0	mL
Herbicida	233,0	461,1	-	-	960,0	480,0	mL
Insecticida	5332,5	16640,3	26080,8	32161,6	26059,0	21365,8	mL
Mancozebe	3133,5	3133,5	1600,0	4000,0	2000,0	2000,0	g
MCPA	213,1	-	-	-	-	-	mL
Nitrile -C.	-	-	-	-	350,0	350,0	g
Organophosphorus-C.	2170,6	2180,9	670,5	1341,0	489,2	894,0	mL
Pesticida	94,2	206,8	14,3	80,0	14,3	14,3	mL
Pyretroid-C.	-	42,5	-	-	-	-	mL
Pyridine -C.	-	-	45,0	40,0	40,0	50,0	mL
Regulador de crescimento	3286,0	2479,6	80,0	400,0	40,0	40,0	g
Sulfonyl urea-C.	122,2	94,0	-	-	-	-	mL
Irrigação							
Água	2000,0	2000,0	2615,0	2718,0	848,0	743,0	m^3
Energia							
Eletricidade	2487,1	2305,3	5145,0	4671,0	2263,0	1833,0	kWh
Gasóleo	462,5	615,5	332,6	307,5	386,0	287,2	L
Transporte de pera	I		I		5 Rsc		km
Saídas							
Pera	35,0	45,0	44,4	53,1	31,3	37,4	t
Emissões para o ar							
N_2O	1	1,4	2,7	2,7	0,4	2,3	kg N_2O
NO_x	0,24	0,25	0,6	0,7	0,1	0,6	kg NO_x
NH_3	5,7	6,1	15,3	15,8	2,4	13,2	kg NH_3
CO_2	6,1	18	-	-	-	-	kg CO_2
Emissões para a água							
NO_3^-	64,0	89,0	170,5	175,5	26,8	146,3	kg NO^{3-}
PO_4^{3-}	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	kg PO_4^{3-}
P	0,03	0,03	0,12	0,12	0,13	0,13	kg P
Emissões para o solo							
É emitido o total dos agrotóxicos contabilizados nas entradas.							

s.a. – Substância ativa. C. – Compounds; I – Incluído no consumo de gasóleo total; Rsc – Regresso sem carga.

Para analisar o processo de armazenamento de pera foi selecionada uma empresa em Leiria. Os *inputs* referentes ao armazenamento de 1 kg de pera nesta empresa encontram-se na Tabela F.4. Verifica-se que em termos de consumo de eletricidade, este é ligeiramente superior em 2010 (12%). É feito o embalamento de pera utilizando como material de embalagem caixas de cartão.

Tabela F. 4 - Principais entradas para o armazenamento e embalamento de 1 kg de pera.

	Ap		U
Entradas	2010	2011	
Eletricidade	0.1041	0.0917	kWh
Cartão	0.05	0.05	kg

F.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida

Os resultados da Avaliação de Ciclo de Vida da pera encontram-se seguidamente apresentados por kg de pera. Quanto à fase do cultivo, verificou-se que o produtor Pp2 [2010] apresentou impactes superiores para as categorias AC, AT e EM, e para a categoria EAD salientou-se o produtor Pp3 [2010]. Para AC a principal causa dos impactes ambientais foi a produção e combustão do gasóleo para Pp1 e Pp3 (26-46%) e para Pp2 foi o consumo de eletricidade (30-35%). Para AT salientaram-se as emissões da fertilização (42-63%), excetuando Pp3 [2010] para o qual o principal fator de impacte foi a produção de fertilizantes (40%), essencialmente de superfosfato triplo. Quanto a EAD a produção de pesticidas teve o maior peso para os produtores Pp1, Pp2 [2011] e Pp3 [2011] entre 29-50%, e para Pp2 [2010] e Pp3 [2010] o principal fator de impacte foi a produção de fertilizantes (39% e 40%). Por fim para EM, as emissões da fertilização contribuíram entre 85-97% para os impactes dos diversos produtores. As emissões do cultivo variaram entre 0,1 e 0,13 kg CO_2 eq/kg $_{pera}$ para AC, 0,8-1,4 g SO_2 eq/kg $_{pera}$ para AT, 0,03-0,07 g P eq/kg $_{pera}$ para EAD e por fim 0,2-0,9 g N eq/ kg $_{pera}$ para EM.

Para o armazenamento verificou-se que a principal causa dos impactes ambientais nesta fase foi a produção de eletricidade para três das categorias consideradas, contribuindo aproximadamente 70% para AC, 79% para AT e 66-71% para EAD. Para EM a principal contribuição (70-73%) proveio da produção dos materiais de embalagem (caixas de cartão).

Quanto à análise ao ciclo de vida completo da pera, os resultados encontram-se na Figura F.3. Para o cultivo foi realizada uma média ponderada dos impactes dos produtores de pera nos diversos anos, considerando a produção obtida por cada um. Da análise ao ciclo de vida completo, verifica-se da observação da Figura F.3 que não há variações significativas entre os resultados totais de 2010 e 2011. A fase do cultivo apresenta os impactes preponderantes, contribuindo 68-69% para AC, 79-80% para AT, 74-76% para EAD e por fim, cerca de 96% para EM. As emissões de CV da produção de pera foram aproximadamente 0,16 kg CO_2 eq/kg $_{pera}$ para AC, 1,3 g SO_2 eq/kg $_{pera}$ para AT, 0,07 g P eq/kg $_{pera}$ para EAD e finalmente 0,6 g N eq/ kg $_{pera}$ para EM.

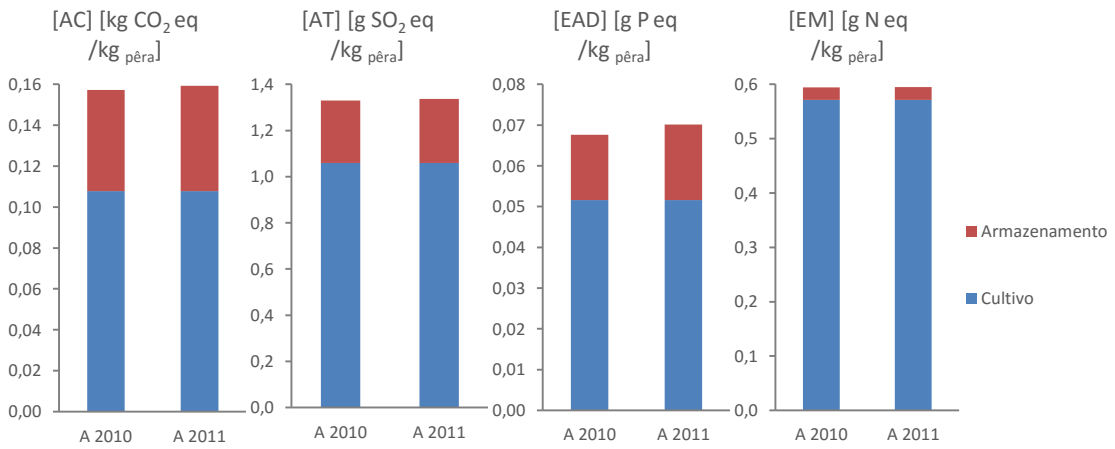

Figura F. 3 - Impactes ambientais por kg de pera produzida.

F.5. Conclusões e oportunidades de melhoria

Foram desenvolvidos um modelo e inventários de ciclo de vida da produção de pera em Portugal, incluindo as fases do cultivo e armazenamento. Para esta análise foram considerados três produtores de pera na região do Oeste com produção em regadio para os anos 2010 e 2011. Para o armazenamento foi selecionada uma empresa de Leiria que realiza também o embalamento da pera e foram analisados dois anos do seu funcionamento (2010 e 2011).

Concluiu-se da análise ao cultivo que os produtores com impactes ambientais mais elevados foram Pp2 [2010] para as categorias AC, AT e EM, e Pp3 [2010] para EAD. As principais contribuições para os impactes ambientais na categoria AC provieram da utilização de energia, nomeadamente da produção e combustão do gasóleo para Pp1 e Pp3, e para Pp2 a produção de eletricidade. Para a AT os impactes mais significativos provieram da produção e aplicação de fertilizantes, sendo que para EM entre 85-97% dos impactes provieram das emissões da fertilização. Quanto à EAD, para os produtores Pp1, Pp2 [2011] e Pp3 [2011] a produção de pesticidas foi a principal fonte de impactes e para Pp2 [2010] e Pp3 [2010] foi a produção de fertilizantes.

Da análise ao armazenamento concluiu-se que a principal causa dos impactes ambientais foi a produção de eletricidade para AC, AT e EAD, sendo para EM a produção dos materiais de embalagem.

Relativamente ao estudo do ciclo de vida completo verificou-se que o cultivo representou entre 68% e 96% dos impactes nas diversas categorias, sendo portanto a fase de ciclo de vida com impactes mais elevados.

As principais oportunidades para melhoria apontadas aquando esta investigação foram:

- As fertilizações de fundo e posteriores fertilizações sintéticas e orgânicas serão feitas consoante os resultados de análises ao solo e foliares, evitando desperdícios;
- Implementar o sistema de rega mais aconselhado (a rega localizada pela maior economia de água), adequando as quantidades utilizadas às necessidades da cultura e consequentemente minimizando o consumo de energia nas bombas de rega;
- Realizar uma gestão eficiente dos combustíveis fósseis;
- Efetuar melhorias ao nível das máquinas e equipamentos específicos pela sua manutenção adequada, e até mesmo a substituição por outros mais eficientes;
- Combater os inimigos das culturas de forma eficaz, minimizando os danos para o meio ambiente pela utilização racional dos meios de luta mais adequados, dando sempre prioridade às práticas biológicas e culturais em detrimento das químicas;
- Quando forem necessários tratamentos químicos ter em atenção as indicações das condições de aplicação para garantir as melhores eficácias;

PARTE G – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DO TOMATE

G.1. Descrição da produção de tomate

O tomate (Solanum lycopersicum), é o fruto do tomateiro, e apesar de originário das Américas Central e do Sul, foi introduzido na Europa no século XVI e hoje em dia é cultivado e consumido em todo o mundo (Gianessi *et al.*, 2003).

A produção total de tomate para a indústria em Portugal no passado ano 2013 foi de 1 089 501 toneladas, concentrando-se a produção essencialmente no Alentejo, cerca de 77% (842 357 t) e 20% na zona de Lisboa (217 129 t) (INE, 2014b). É de salientar que em dez anos (2002 a 2012), a produção de tomate em Portugal aumentou cerca de 38% (FAOSTAT, 2014c). A área do tomate para a indústria tem sofrido oscilações nos últimos anos, variando entre 11,5 mil hectares em 2001 e 16,8 mil hectares em 2009 (INE, 2013d). Em 2013 foram cultivados 14 mil hectares, 78% destes no Alentejo. A produtividade média do continente para esta cultura foi 79 t/ha no período 2000-2012 (INE, 2013d).

O tomate para consumo em fresco é uma das principais culturas hortícolas frescas produzidas no Continente, tendo um peso de 11%, seguindo-se a couve repolho (10%) e a cenoura (9%) (INE, 2014b). Este tipo de tomate tem um elevado valor comercial e em 2013 foram produzidas cerca de 97 mil toneladas. Apesar do aumento de 15% na área plantada desde 2011, a produtividade média do continente para o tomate fresco diminuiu 14% desde este ano, sendo em 2013 60 t/ha (INE, 2014b). Em termos de tipo de cultivo, o de estufa predomina sobre o cultivo ao ar livre, contribuindo para mais de 70% do tomate fresco nacional (superando as 80 t/ha) (OMAIAA, [s.d.] e). Na região Norte aproximadamente 92% da área de produção é em estufa, sendo no Algarve cerca de 53%. Estas estufas são constituídas por uma estrutura metálica e na sua maioria não possuem sistema de climatização. As regiões em que esta cultura é mais expressiva são o Ribatejo e Oeste e o Algarve (GPP, 2007g), produzindo vários tipos de tomate, como por exemplo Alongado, Cacho, Cereja, Redondo e Sulcado. A campanha de produção-comercialização do tomate cultivado ao ar livre decorre de meados de junho a Setembro no Oeste e a Outubro no Algarve. A campanha do tomate em estufa prolonga-se durante o ano completo (OMAIAA, [s.d.] e).

Quanto às operações decorrentes da fase de cultivo do tomate, segue-se uma breve explicação (com base no estudo da Disqual, Manual de Boas Práticas do Tomate). Os processos decorrentes no sistema de cultivo incluem a fase de viveiro, preparação do terreno, plantação, rega, fertilização, gestão de infestantes, pragas e doenças, gestão da vegetação e da produção, e por fim a colheita. Primeiramente deve ser notado que há produtores que compram as plântulas já na fase de desenvolvimento oportuna à transplantação, e outros que possuem viveiro (onde é feita a sementeira do tomate). O viveiro consiste em estufas onde estão tabuleiros semeados para a geração da planta, sendo os principais *inputs* as sementes, água, mão-de-obra, combustíveis tanto para máquinas como para aquecimento (se possuir sistema para tal), entre outros. A

preparação do terreno consiste em previamente à instalação da cultura, utilizar máquinas para mobilizar o solo e nivelá-lo (lavragem e gradagem ou rotofresa), efetuando também a fertilização inicial e correção dos solos. Segue-se a plantação, em que as plântulas são transferidas para o local de crescimento final (onde se desenvolvem ao longo de aproximadamente 120 dias). Durante o período de cultivo é essencial a irrigação, para a qual é geralmente utilizado o sistema gota-a-gota pois também permite fornecer as adubações de cobertura (fertirrigação). A aplicação de fertilizantes deve ter em conta as necessidades da cultura em causa, podendo ser vantajoso o uso de estrume que implica uma redução nas necessidades de fertilizantes químicos. A gestão de infestantes pode ser realizada com o auxílio de herbicidas, por meio de sachas ou arranque manual de ervas daninhas. Para a gestão de pragas e doenças é prática comum a utilização de fitossanitários (para controlar e eliminar organismos prejudiciais à plantação). De forma a diminuir a sua utilização, os sistemas de proteção integrada recomendam que sejam evitadas certas condições que são ótimas ao desenvolvimento de doenças e pestes e assim racionalizar o consumo de agrotóxicos e acercar os modelos de agricultura sustentável. A gestão da vegetação e da produção abrange vários procedimentos realizados aquando o desenvolvimento do tomateiro, entre eles a tutoragem (processo de acompanhamento do crescimento da planta por meio de uma estrutura de apoio), a poda e desfolha (eliminação de rebentos e folhas para melhorar a ventilação, a iluminação e a polinização), a desponta (realização de um corte no rebento terminal da planta para que esta cesse o crescimento em altura e se reduza o ciclo da cultura) e a monda de frutos (eliminação dos frutos com defeito quando ainda pequenos). Finalmente a colheita consiste no processo da apanha dos frutos do tomateiro após atingida a maturação fisiológica, podendo ser manual ou mecanizada.

No que ao presente estudo diz respeito, para a análise ao cultivo do tomate foram utilizados dados de seis produtores de tomate em campo aberto no distrito de Santarém. Para estes produtores as operações de preparação do terreno incluem primeiramente a lavoura e gradagem ou rototerra. É feita seguidamente a armação, a adubação de fundo e por fim plantação e colocação da fita gotejadora (para a rega gota-a-gota). O estrume (quando aplicado) é colocado no topo do solo previamente à gradagem. Os produtores de tomate considerados não possuem viveiro intensivo. Como tal, compram as plântulas regionalmente. Efetuam rega gota-a-gota utilizando fita gotejadora que colocam aquando a plantação e após a sua utilização é transportada para reciclagem (o material da fita gotejadora e o seu transporte e reciclagem foram considerados fora das fronteiras deste estudo). A rega é feita geralmente com recurso a bombas elétricas, mas também com motores a gasóleo (por exemplo PD utiliza os dois tipos). É efetuada fertirrigação. A água é usualmente proveniente de furos, poços ou ribeiros locais. A gestão de infestantes é feita com recurso a sachas, ao arranque manual de ervas daninhas e ainda pela pulverização com herbicidas. A colheita é realizada por máquinas próprias. Na Tabela G.1 encontram-se as principais características destes seis produtores (aqui designados por PA, PB, PC, PD, PE e PF).

Tabela G. 1 - Principais características dos produtores de tomate estudados.

Produtor	Ano	Área (ha)	Produtividade (t/ha)	Aplicação de fertilizantes orgânicos e sua origem	Fitossanitários[1]	Localização
PA	2012	150	90	Não	F	Santarém
PB	2012	16	75	Sim, estrume de aves.	F e H	
PC	2012	150	85	Não	F, H e I	
PD	2012	65	92	Sim, estrume de aves.	N	
PE	2012	35	138	Sim, estrume de aves.	F, H, I e N	
PF	2011	12	80	Sim, estrume de suínos.	F, H e I	
	2012		84	Não		

1) F – fungicidas; H – herbicidas; I – inseticidas; N – nematodicida e desinfetante do solo (metame de sódio).

G.2. Definição dos objetivos e do âmbito

Foi elaborado um modelo e inventário de ciclo de vida para o cultivo de tomate em campo aberto em Santarém. Este modelo inclui operações de campo como a preparação do terreno, a plantação, a aplicação de agrotóxicos, o controlo de infestantes, a rega/fertirrigação e a colheita. Foram considerados seis produtores no centro de Portugal, sem viveiro incluído. A Figura G.1 apresenta as fronteiras do sistema em análise. A unidade funcional escolhida para a realização do estudo ao tomate foi 1 kg de tomate colhido e transportado até ao local de transformação.

As emissões associadas ao cultivo do tomate incluem as emissões decorrentes da fertilização, da produção e combustão do gasóleo nas operações agrícolas (Jungbluth, 2007), da produção de eletricidade (Garcia *et al.*, 2014) e da produção dos *inputs* de cultivo (Nemecek *et al*., 2007). No que diz respeito às emissões da fertilização foram consideradas as emissões para o meio ambiente de N_2O diretas e indiretas (por volatilização e lixiviação), de NH_3, NO_x e NO_3^-. Este cálculo foi efetuado de acordo com os métodos demonstrados pelo IPCC (2006). Foram também consideradas as emissões de P e de PO_4^{3-} consoante o apresentado em Nemecek e Schnetzer (2012). Inclui-se ainda nesta análise as emissões do transporte do tomate até ao local de processamento (Spielmann *et al*., 2007).

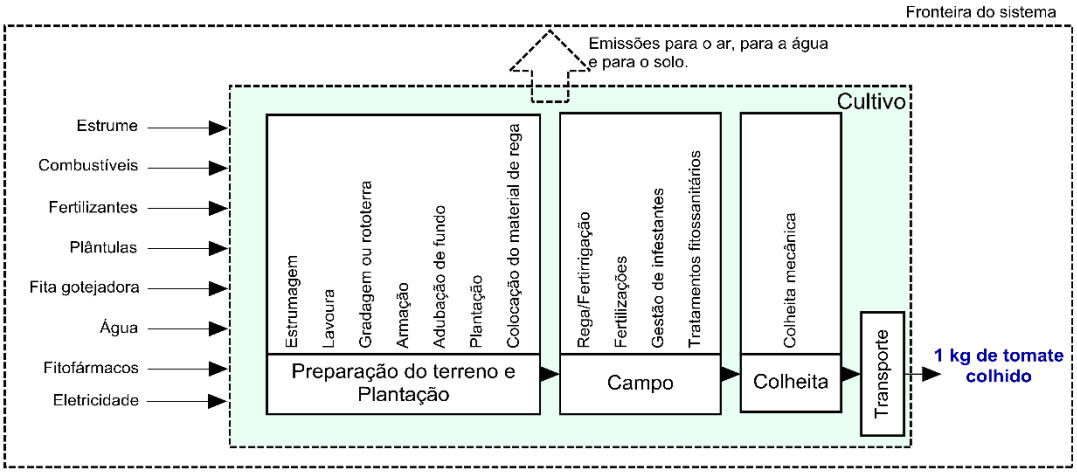

Figura G. 1 - Fronteiras do sistema de cultivo do tomate.

G.3. Análise de inventário

No atual capítulo são apresentados e discutidos os inventários do cultivo do tomate em Portugal. Na Tabela G.2, encontram-se os principais dados das entradas e saídas do sistema de cultivo de tomate, por hectare cultivado, para os seis produtores considerados.

Da análise à Tabela G.2, conclui-se que as produtividades apresentadas pelos produtores de tomate considerados mostram alguma variação, sendo a menor verificada para o produtor PB (75 toneladas por hectare) e a mais elevada para PE (138 toneladas de tomate por hectare). O produtor de tomate que aplica quantidades superiores de fertilizantes sintéticos é PC e PD apresenta os consumos mais reduzidos. Relativamente aos fertilizantes orgânicos, PF em 2011 aplica as doses superiores (estrume de suíno) e, como já foi referido, PA, PC e PF [2012] não efetuam a sua aplicação. Salientam-se dois produtores com aplicações consideráveis de agrotóxicos, nomeadamente PD e PE, ambos com aplicação do nematocida vapam. O produtor PA destaca-se aplicação diminuta de agrotóxicos, aplicando apenas o fungicida mancozeb. O consumo de água para a irrigação apresenta acentuadas discrepâncias. O mínimo de água disponibilizada para a rega verifica-se para PF com 6,3 mil m^3 por hectare, muito inferior (9,5 vezes) aos cerca de 60 mil m^3 respeitantes a PE. Quanto à eletricidade, verifica-se que o produtor PD apresenta os consumos superiores (2750 kWh/ha). O produtor PF apresenta os consumos mais elevados de gasóleo (1300 L/ha), quatro vezes superiores aos do produtor PA que consome apenas 316 L/ha.

Tabela G. 2 - Principais entradas e saídas do sistema de cultivo do tomate, por hectare.

Produtor	**PA**	**PB**	**PC**	**PD**	**PE**	**PF**		**U**
Entradas	2012	2012	2012	2012	2012	2011	2012	
Fertilizantes e corretivos								
N	60,0	82,0	175,0	16,8	30,0	55,0	55,0	kg
N orgânico	-	77,5	-	155,0	155,0	267,6	-	kg
P	161,0	148,0	225,0	48,7	46,0	75,0	75,0	kg
P orgânico	-	64,5	-	129,0	129,0	228,0	-	kg
K	157,0	138,0	250,0	0,7	8,0	126,0	126,0	kg
K orgânico	-	37,9	-	75,8	75,8	164,0	-	kg
CaO	-	-	-	-	-	3,0	3,0	kg
Agrotóxicos (s.a.)								
Alfa cipermetrina	-	-	-	-	0,01	-	-	L
Cimoxanil	-	-	-	-	-	0,1	0,1	kg
Deltrametrina	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	L
Dimetomorfe	-	-	-	-	-	1,6	1,6	kg
Enxofre	-	40,0	-	-	11,4	-	-	kg
Folpete	-	-	1,3	-	0,7	-	-	kg
Lambda cialotrina	-	-	0,02	-	-	-	-	L
Mancozebe	2,2	-	1,2	-	-	1,4	1,4	kg
Metame sódio	-	-	-	94,0	94,0	-	-	kg
Metribuzina	-	0,3	0,5	-	0,5	0,2	0,2	L
Piraclostrobina	-		-	-	-	0,9	0,9	kg
Rinsulfurão	-	0,02	-	-	-	-	-	L
Irrigação								
Água	41995,8	9100,0	6750,0	25997,4	59994,0	6300,0	6300,0	m^3
Energia								
Eletricidade	1166,7	1166,7	2666,7	2750,0	2666,7	1166,7	1166,7	kWh
Gasóleo	315,5	580,0	440,0	900,0	900,0	1300,0	1300,0	L
Transporte de tomate	40 Rsc	10 Rsc	105 Rsc	25 Rsc	7 Rsc	40 Rsc		km

Tabela G. 2 – (Continuação).

Produtor	**PA**	**PB**	**PC**	**PD**	**PE**	**PF**		**U**
Saídas	2012	2012	2012	2012	2012	2011	2012	
Tomate	90,0	75,0	85,0	92,3	138,0	80,0	84,0	t
Emissões para o ar								
N_2O	1,2	3,2	3,6	3,3	3,6	6,3	1,1	kg N_2O
NO_x	0,3	0,4	0,9	0,1	0,2	0,3	0,3	kg NO_x
NH_3	7,2	9,8	20,9	2,0	3,6	6,6	6,6	kg NH_3
Emissões para a água								
NO_3^-	79,7	211,9	232,5	228,3	245,8	428,6	73,1	kg NO_3^-
PO_4^{3-}	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,5	0,9	kg PO_4^{3-}
P	7,3	1,9	0,9	3,8	12,0	1,4	1,4	kg P
Emissões para o solo								
É emitido o total dos agrotóxicos contabilizados nas entradas.								

s.a. – Substância ativa; Rsc – Regresso sem carga.

G.4. Avaliação de impactes de ciclo de vida

Os impactes resultantes do cultivo do tomate encontram-se de seguida graficamente apresentados, por kg de tomate, para os seis produtores de tomate em campo aberto.

Da observação da Figura G.2 verifica-se que para a categoria AC o produtor PF [2011] apresenta as emissões mais elevadas (cerca de 0,11 kg CO_2 eq/ kg $_{tomate}$) e o produtor PE as mais reduzidas (cerca de 0,05 kg CO_2 eq/ kg $_{tomate}$). Esta discrepância é explicada pelo facto de o produtor PF [2011] apresentar os consumos mais elevados de gasóleo, contribuindo em 47% para as emissões deste produtor. Além disto apresenta também as emissões mais significativas da parte da fertilização (que representam 21% do seu impacte), devido principalmente às elevadas aplicações de fertilizantes orgânicos (estrume). O facto de PE ser o produtor com produtividade superior (140 t/ha) contribuiu para o reduzido impacte por ele apresentado. Para PB, PD, PE, PF [2011] e PF [2012], a produção e combustão do gasóleo nas operações agrícolas foi a principal contribuição para as emissões nesta categoria, contribuindo para 37-56% dos impactes. Para os produtores PA e PC o transporte de tomate até à fábrica de processamento foi a contribuição mais significativa (33-45%).

Quanto à AT, verifica-se que para PA, PB, PC e PF as emissões provenientes da aplicação de fertilizantes foram a principal fonte de impacte contribuindo para 35-59% destes. Salienta-se que para os produtores PD e PE, a produção de pesticidas contribuiu para 37-38%, contrastando com 0-4% para os outros produtores. Esta situação deve-se ao impacte considerável da aplicação do nematocida vapam (pelos dois produtores). Apesar disto estes dois produtores aplicaram as quantidades mais reduzidas de fertilizantes sintéticos, contribuindo para os reduzidos impactes por eles apresentados. As emissões para a AT variaram entre 0,3 g SO_2 eq/kg $_{tomate}$ para PE e 1,0 g SO_2 eq/kg $_{tomate}$ para PC. O produtor PC apresenta as emissões mais elevadas para esta categoria, função da sua elevada aplicação de fertilizantes sintéticos que resulta em emissões da fertilização igualmente elevadas.

Para a EAD verifica-se que as emissões da fertilização são o principal contribuinte para as emissões nesta categoria, entre 52-92%. As emissões para a EAD variaram entre 0,03 g P eq/kg

tomate para PC [2012] e 0,1 g P eq/kg tomate para PE. Os valores elevados de emissões de P eq apresentados por PE advêm principalmente da aplicação de elevadas quantidades de água. O excesso de água leva a uma maior mobilização de fósforo (por lixiviação), que por consequência, leva à contaminação do subsolo e águas subterrâneas, o que se manifesta em impactes ambientais superiores nesta categoria.

No que diz respeito aos impactes para a EM, verificou-se que 92% (PF [2012]) a 99% (PF [2011]) destes provieram das emissões decorrentes da fertilização. A importância da aplicação de doses consideráveis de fertilizantes orgânicos nos impactes ambientais está demonstrada na diferença dos impactes de PF em 2011 e 2012. Este produtor aplica quantidades similares de fertilizantes sintéticos em 2011 e 2012, mas a aplicação em 2011 de estrume de suíno provoca uma variação de impactes bastante significativa (as emissões em 2011 são 82% superiores a 2012). As emissões mais reduzidas para esta categoria são relativas a PA e PF [2012] (0,2 g N eq/kg tomate), e as mais elevadas para PF [2011] (1,3 g N eq/kg tomate).

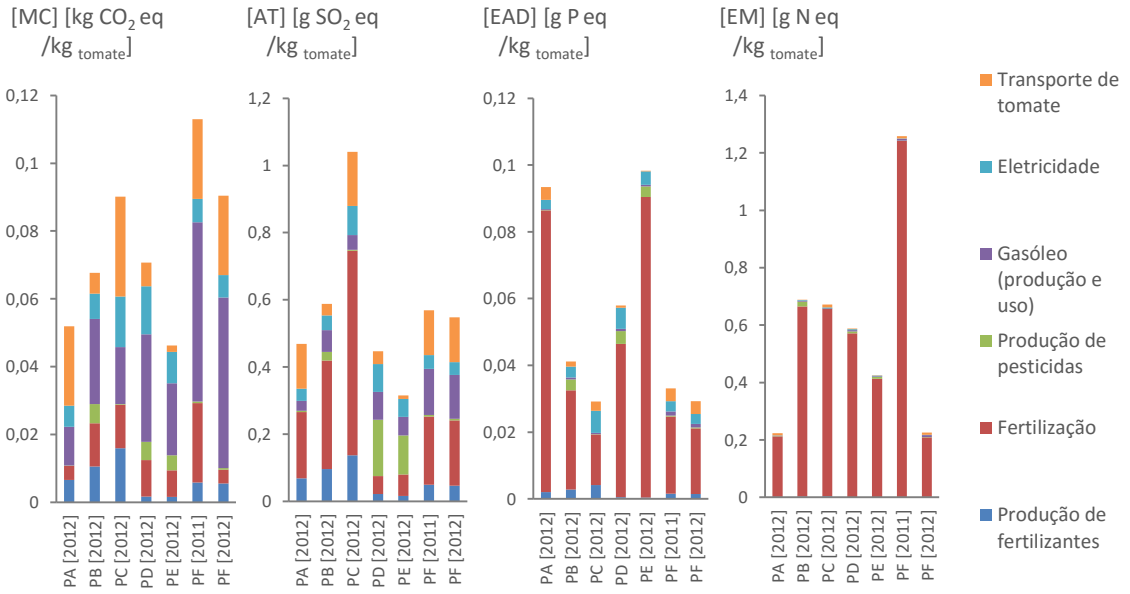

Figura G. 2 - Impactes ambientais por kg de tomate cultivado.

G.5. Conclusões e oportunidades de melhoria

Foram desenvolvidos um modelo e inventários de ciclo de vida para a produção de tomate em Santarém – Portugal. Foram analisados seis produtores em campo aberto, sem viveiro, com produtividades compreendidas entre 75 e 138 toneladas por hectare.

Concluiu-se da avaliação de ciclo de vida ao cultivo do tomate que os produtores que apresentaram impactes mais significativos foram PF [2011] para AC e EM, PC [2012] para AT e PE [2012] para EAD. Os fatores que mais contribuíram para o impacte destes três produtores nas categorias consideradas foram a produção e combustão de gasóleo para PF [2011] relativamente às AC e as emissões da fertilização para PC, PE e PF [2011] para respetivamente AT, EAD e EM.

Para as AC as principais contribuições provieram da produção e combustão de gasóleo para todos os produtores com exceção de PA e PC em que o transporte de tomate até ao local de transformação foi o fator mais impactante. Para AT salientou-se a contribuição das emissões da fertilização nos produtores PA, PB, PC e PF e para os produtores PD e PE destacou-se a contribuição da produção de pesticidas, mais concretamente o nematocida vapam. Quanto a EAD e EM verificou-se que a principal causa das emissões para estas categorias foi as emissões da fertilização para todos os produtores.

As principais oportunidades para melhoria do sistema de cultivo do tomate descobertas ao longo da realização da presente investigação encontram-se seguidamente apontadas:

- É fundamental a realização de análises de solo e foliares como ferramentas para o cálculo correto das necessidades de calagem e adubação;
- A quantidade de água para irrigação deve ser calculada com base nas análises de solo e de acordo com as necessidades da planta, de forma a controlar e racionalizar o seu consumo, (a importância desta prática salienta-se nos resultados obtidos para PE que apresentou emissões muito elevadas para a EAD, fruto da lixiviação de substâncias fosfatadas pelas elevadas quantidades de água aplicadas), e evitando consumos excessivos de eletricidade/gasóleo nas bombas;
- O controlo de pragas e doenças deve ser realizado preferivelmente com recurso às práticas culturais e biológicas em detrimento das químicas;
- De forma a diminuir a utilização de agrotóxicos, é recomendável que sejam evitadas certas condições que são ótimas ao desenvolvimento de doenças e pestes, como por exemplo sementes infetadas, substratos e solos infetados, densidade elevada, HR elevada, condensação sobre as plantas, baixa luminosidade, tecidos mortos, solos encharcados, etc.;
- Relativamente ao controlo de nemátodos, práticas como a rotação de culturas e a remoção de ervas daninhas e restos vegetais, evitam a necessidade de consumo de agrotóxicos (como o nematocida vapam utilizado pelos produtores PD e PE);
- A procura de viaturas ambientalmente competitivas para o transporte de tomate até ao local de transformação e a consideração de rotas mais favoráveis são também fatores importantes, como se pôde verificar pelas contribuições para as AC dos produtores PA e PC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Althaus H.-J., Chudacoff M., Hischier R., Jungbluth N., Osses M. and Primas A., 2007. Life Cycle Inventories of Chemicals. Final report ecoinvent data v2.0 No. 8. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.

Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha, 2005. Reunião: Pera Rocha - Distribuição. Porto Mós, 15 de Dezembro de 2005. http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/pera_rocha.pdf

Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha, 1997. Pera Rocha do Oeste - Denominação de Origem. Caderno de especificações. Cadaval. file:///C:/Users/user/Downloads/PT_0005_0160_SPE_PT_O.pdf

Brackmann A., Girardi C. L., Bender R. J., Filho O. R. C., 2004. Armazenamento refrigerado. Em: GIRARDI, C. L. (Ed.). Maçã: pós-colheita. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 58-66. (Frutas do Brasil, 39).

Costa F., 2006. Avaliação das características agronómicas da cerejeira 'De Saco' na região da Cova da Beira. Dissertação apresentada para obtenção do Grau de Mestre em Agricultura e Horticultura Sustentáveis. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

Costa R., Ribeiro C., Valdiviesso T., Afonso S., Borges O., Carvalho J.S., Costa H., Assunção A., Fonseca L., Augusta C., Cruz M.H., Salazar M., Soares F.M., Sequeira J., Correia P., Lima M.J., 2008. Variedades de Castanha das Regiões Centro e Norte de Portugal. Projecto AGRO 448. Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte, Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Centro, Escola Superior Agrária de Viseu. INRB, Oeiras. http://www.iniav.pt/fotos/gca/manual_v_1369126967._final_agro_448_red.pdf

Coutinho J. P. R., 1994. Pragas das Castanhas em Soutos com Diferentes Sistemas de Manutenção do Solo. Tese de Mestrado em Proteção Integrada no Instituto Superior de Agronomia-Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. file:///C:/Users/user/Downloads/TM-Pragas%20das%20castanhas%20em%20soutos.pdf

Dentinho J.M., 2009. Pêra Rocha do Oeste – Boas práticas e visão estratégica garantem selo de qualidade a um produto genuinamente nacional. Revista Pessoas e Territórios do Governo Civil de Lisboa. Julho 2009. http://www.perarocha.pt/_uploads/PessoasTerritoriosPeraRocha.pdf

Dias C. S. L., 2012. A fileira da cereja da Cova da Beira. Tese de Mestrado em Fruticultura Integrada. Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, 2012a. Nomenclatura dos inimigos das culturas para as quais se admite o recurso à luta química. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa. http://hortinet.info/wp-content/uploads/group-documents/71/1360236496-NomenclaturadosInimigosdasCulturas.pdf

Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, 2012b, Normas técnicas para a produção integrada de pomóideas (Volume II). Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Direção Regional de Agricultura da Beira Litoral, 2008. Pragas e doenças da macieira. http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/pragas_doencas_macieira.pdf

Direção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes, 2003. "O castanheiro em Trás-os-Montes e Alto Douro". Acedido a 28 de Maio de 2014, em http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/FICHAS_DRATM/castanheiro202.pdf

Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro, 2002. "Nucicultura". Acedido a 14 de Julho de 2014 em: http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/nucicultura.htm

Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro, 2011. "Práticas culturais no souto". Acedido a 29 de Maio de 2014, em http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/praticassouto.pdf

Disqual, [s.d.]. Manual de Boas Práticas do Tomate. Otimização da qualidade e redução de custos na cadeia de distribuição de produtos hortofrutícolas frescos. Acedido a 20 de Fevereiro de 2014, em: http://www2.esb.ucp.pt/twt/disqual/pdfs/disqual_tomate.pdf

EC, (2003). Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Integrated Product Policy (IPP). Building on Environmental Life-Cycle Thinking. COM (2003) 302 final, 18.06.2003

EC, JRC e IES, (2010). International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.

Environmental Protection Agency, 2008. Emissions Factor Documentation for AP-42, Section 1.5. Liquefied Petroleum Gas Combustion. http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s05.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics Division, 2014a. "Production / Crops: Almonds, with shell" Acedido a 12 de Julho de 2014 em: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E

Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics Division, 2014b. "Production / Crops: Wallnuts, with shell" Acedido a 13 de Julho de 2014 em: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E

Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics Division, 2014c. "Production / Crops: Tomatoes" Acedido a 13 de Julho de 2014 em: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E

Gabinete de Planeamento e Políticas, 2007a. Noz. Diagnósticos Sectoriais. http://www.gpp.pt/pbl/Diagnosticos/SubFileiras/Noz.pdf

Gabinete de Planeamento e Políticas, 2007b. Amêndoa. Diagnósticos Sectoriais. http://www.gpp.pt/pbl/Diagnosticos/SubFileiras/Amendoa.pdf

Gabinete de Planeamento e Políticas, 2007c. Castanha. Diagnósticos Sectoriais. http://www.gppaa.min-agricultura.pt/pbl/Diagnosticos/SubFileiras/Castanha.pdf

Gabinete de Planeamento e Políticas, 2007d. Cereja. Diagnósticos Sectoriais. http://www.gppaa.min-agricultura.pt/pbl/Diagnosticos/SubFileiras/Cereja.pdf

Gabinete de Planeamento e Políticas, 2007e. Maçã. Diagnósticos Sectoriais. http://www.gppaa.min-agricultura.pt/pbl/Diagnosticos/SubFileiras/Maca.pdf

Gabinete de Planeamento e Políticas, 2007f. Pera. Diagnósticos Sectoriais. http://www.gpp.pt/pbl/Diagnosticos/SubFileiras/Pera.pdf

Gabinete de Planeamento e Políticas, 2007g. Horticultura. Diagnósticos Sectoriais. http://www.gpp.pt/pbl/Diagnosticos/SubFileiras/Horticultura.pdf

Gabinete de Planeamento e Políticas, 2012a. Agricultura, silvicultura e pesca – Indicadores. http://www.gpp.pt/pbl/Period/Indicadores2012.pdf

Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral, 2012b. Pera Rocha. Ficha de Internacionalização. GlobalAgriMar. http://www.gpp.pt/GlobalAgriMar/informacao/Docs/Produtos/Fichas/2012S2PeraFI.pdf

Garcia R., Marques P., Freire F., 2014. Life-cycle assessment of electricity in Portugal. Journal of Applied Energy, vol. 134, pp. 563-572. http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.067

Gianessi L., Sankula S., Reigner N. (2003): Plant Biotechnology – Potential Impact for Improving Pest Management in European Agriculture: Tomato – Virus-Resistant Case Study. The National Center for Food and Agricultural Policy, Washington DC. http://www.ncfap.org/documents/VirusResistantTomato.pdf

Goedkoop M, Schryver A D, Oele M (2008). Introduction to LCA with SimaPro 7. Pré Consultants.

Goedkoop, M.J.; Heijungs, R.; Huijbregts, M.A.J.; De Schryver, A.M.; Struijs, J.; Van Zelm, R. (2013). ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition (version 1.08) Report I: Characterisation. May 2013. http://www.lcia-recipe.net

Gomes-Laranjo J., Coutinho J.P., Peixoto F., Araújo-Alves J., 2007. Ecologia do castanheiro (C. sativa Mill.). In Castanheiros (pp. 109–150). Vila Real: Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro

Gonçalves B., 2006. Ecofisiologia da cerejeira (Prunus avium L.), composição fenólica e atividade antioxidante dos frutos. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Biológica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

Guinée, J.; Gorrée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; Koning, A. de; Oers, L. van; Wegener Sleeswijk, A.; Suh, S.; Udo de Haes, H.A.; Bruijn, H. de; Duin, R. van; Huijbregts, M.A.J. (2002). Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. Part III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 692 pp.

Hischier R., 2007. Life Cycle Inventories of Packaging and Graphical Paper. Final report ecoinvent data v2.0 No. 11. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.

Instituto Nacional de Estatística e Gabinete de Planeamento e Políticas, 2014a. Maçã. Código NC: 08081080. http://www.gpp.pt/GlobalAgriMar/informacao/Docs/Produtos/2013S20725MacaDE.xls

Instituto Nacional de Estatística e Gabinete de Planeamento e Políticas, 2014b. Amêndoa. Código NC: 08021. http://www.gpp.pt/GlobalAgriMar/informacao/

Instituto Nacional de Estatística e Gabinete de Planeamento e Políticas, 2013a. Cereja. Código NC: 080920. http://www.gpp.pt/GlobalAgriMar/informacao/Docs/Produtos/2013S20920CerejaDE.xls

Instituto Nacional de Estatística e Gabinete de Planeamento e Políticas, 2013b. Pera. Código NC: 08083090. http://www.gpp.pt/GlobalAgriMar/informacao/Docs/Produtos/2013S21014PeraDE.xls

Instituto Nacional de Estatística e Gabinete de Planeamento e Políticas, 2013c. Castanha. Código NC: 08024000. http://www.gpp.pt/GlobalAgriMar/informacao/Docs/Produtos/2013S20920CastanhaDE.xls

Instituto Nacional de Estatística e Gabinete de Planeamento e Políticas, 2013d. Tomate Transformado. Códigos NC: 200210 - Inteiro ou em pedaços; 200290 – Outro. http://www.gpp.pt/GlobalAgriMar/informacao/Docs/Produtos/2013S21030TomateTransformadoDE.xls

Instituto nacional de estatística, 2011. Recenseamento agrícola – Análise dos principais resultados. http://ra09.ine.pt/xportal/xmain?xpid=RA2009&xpgid=ine_ra2009_publicacao_det&contexto=pu&PUBLICACOESpub_boui=119577123&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1&pra2009=77999466

Instituto nacional de estatística, 2014a. Boletim Mensal da Agricultura e Pescas. Edição de Setembro de 2014. file:///C:/Users/user/Downloads/BMAP_092014.pdf

Instituto nacional de estatística, 2014b. Estatísticas Agrícolas 2013. http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=210756829&PUBLICACOESmodo=2

Instituto nacional de estatística, 2014c. Boletim Mensal da Agricultura e Pescas. Edição de Julho de 2014. file:///C:/Users/user/Downloads/20PrevAgric_Julho_14.pdf

Instituto nacional de estatística, 2014d. Boletim Mensal da Agricultura e Pescas. Edição de Outubro de 2014. file:///C:/Users/user/Downloads/BMAP_10_2014.pdf

IPCC, 2006. Chapter 11: N_2O emissions from managed soils and CO_2 emissions from lime and urea application, in: Eggleston, S., et al. (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol. 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, IGES, Japan, pp. 11.11-11.54.

ISO 14040 (2006). Environmental management – life cycle assessment – principles and framework. EN ISO 14040:2006. International Organization for Standardization, Geneva, Suiça.

ISO 14044 (2006). Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines. EN ISO 14044:2006. International Organization for Standardization, Geneva, Suiça.

Jungbluth N., 2007. Erdöl. Sachbilanzen von Energiesystemen. Final report no. 6 ecoinvent data v2.0. In: Dones R, editor. Swiss Centre for LCI, PSI, vol. 6. Dübendorf and Villigen (CH).

Lemos N., Fernandes F., Costa D., Correia H., 2009. Estudo comparativo de diferentes grupos de variedades de macieiras. Revista Millenium, 37, 10pp. http://www.ipv.pt/millenium/Millenium37/10.pdf

Lewis M. Carter, 2012. Equipamentos para processamento de amêndoas. Lewis M. Carter Manufacturing. Acedido em 16 de Outubro de 2014, em: http://www.lmcarter.com/pt-br/equipamentos-para-processamento-de-amendoas/

Metaxas A. M., 2013. Chestnut cultivar evaluation for commercial chestnut production in Hamilton County, Tennessee. A Thesis Submitted to the Faculty of the University of Tennessee at Chattanooga in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Science.

Naika S., van Lidt de Jeude J., de Goffau M., Hilmi M., van Dam B., 2006. A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. Fundação Agromisa e CTA, Wageningen, Holanda.

Nemecek T. e Schnetzer J., 2012. Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Zurich, Switzerland.

Nemecek T., Kägi T., Blaser S., 2007. Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent v2.0 No.15. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.

Netafim, (2014). "Melhores práticas agrícolas para a amêndoa". Acedido a 17 de Outubro de 2014, em: http://www.netafim.com.br/crop/almond/best-practice

Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agroalimentares, [s.d.] a. "A Produção da Amêndoa em Portugal". Consultado a 4 de Julho de 2014 em: http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=134

Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agroalimentares, [s.d.] b. "Produção e Comercialização da Cereja em Portugal". Acedido a 5 de Julho de 2014 em: http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=137

Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agroalimentares, [s.d.] c. "Comercialização da Noz em Portugal". Acedido a 12 de Julho de 2014 em: http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=119

Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agroalimentares, [s.d.] d. "A Pêra em Portugal". Acedido a 16 de Agosto de 2014 em: http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=101

Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agroalimentares, [s.d.] e. "A Comercialização do Tomate em Portugal". Acedido a 19 de Agosto de 2014 em: http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=141

Pereira S., 2009. Principais Pragas e Auxiliares Associados à Amendoeira no Planalto Mirandês. Dissertação apresentada para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia. Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal.

Piekarski, C.M.; Luz, L.M.; Zocche, L.; Francisco, A.C. (2012). Life Cycle Impact Assessment Methods: a discussion of methods adoption in Brazilian specifities. Revista Gestão Industrial 09/2012; 8(3):222-240. DOI:10.3895/S1808-04482012000300011

Plubee, 2013. "Plantar amendoeiras". Acedido a 18 de Outubro de 2014, em: http://www.plubee.com/plantar-amendoeiras/

Público, 2013. "Qual é a altura certa para colher as maçãs?". Acedido a 5 de Novembro de 2014 em: http://www.aphorticultura.pt/Fugas/COLHER%20MACAS_FUGAS.pdf

Silva A.P., Ribeiro R., Gonçalves B., Santos F.A., 2007. Castanha – Um Fruto Saudável. (178 pp). Projecto Agro, (939). Vila Real, Portugal.

Soares M., 2007. "Sortegel, preparação e congelação da castanha". Revista da APH (Associação Portuguesa de Horticultura) Nº 91, pp. 9-13.

Sousa R. M., 2012. Manejo de produção da pêra 'Rocha'. Centro de Atividades da Fruticultura. Alcobaça – Portugal. http://fruticultura.cav.udesc.br/wp-content/uploads/2012/05/Trabalhos.pdf

Spielmann M., Dones R., Bauer C., 2007. Life Cycle Inventories of Transport Services. Final report ecoinvent v2.0 No. 14. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.

Teixeira R., 2011. Cinipídeo dos Castanheiros. Boletim Técnico, UIPP- BT / 10 – INRB. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território e Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I.P. http://www.iniav.pt/fotos/editor2/dryocosmus_kuriphilus_yasumatsu__cinipideo_dos_castanheiros.pdf

Tété J., 2011. "Produção de Nozes - questões que devem ser questionadas..." Acedido a 12 de Julho de 2014 em: http://nozesenogueiras.blogspot.pt/2011/05/producao-de-nozes-questoes-que-devem.html

Trindade, P. 2009. Rotulagem ambiental. In: Manual Prático para a Gestão Ambiental, Capítulo 7.6 http://hdl.handle.net/10400.9/581

APÊNDICE I

i - Modelo da folha de rosto de todos os inquéritos.

INQUÉRITO DE RECOLHA DE DADOS NAS EMPRESAS

FILEIRA: Carne ☐ Lacticínios ☐ Peixe ☐ Vinho ☐ Azeite e óleos ☐

Hortofrutícolas ☐

Subfileira (e.g. hortofrutícola)**:**

Processos preenchidos neste inquérito (e.g. dois processos: cultivo, processamento)**:**

Cenário (e.g. região, variedades, práticas de cultivo)**:**

Cenário (e.g. tipo de processamento)**:**

Instituição responsavel:

Nome(s) do responsável(is) pelo preenchimento/ recolha de dados:

Data:

1. DADOS GERAIS DA EMPRESA

Nome ou designação social:

Endereço da sede:

Localidade: | **Código Postal:**

Coordenadas GPS:

Concelho: | **Distrito:**

Telefone: | **Fax:** | **Email:**

Pessoa a contactar: | **Cargo:**

2. SECTOR DE ACTIVIDADE DA EMPRESA

Designação:

Classificação de actividade - CAE:

3. CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA

Empresa[1]**:** Micro ☐ PME ☐ Grande ☐

Ano de entrada em funcionamento:

Número de trabalhadores:

[1]Classificação das empresas:

Dimensão	Nº de efectivos
Micro	< 10
PME	< 250

ii - Modelo dos inquéritos da fase do cultivo para os frutos frescos e secos, parte 1.

Inquéritos preparado pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Inventário de ciclo de vida[1]

O processo de recolha de dados é iterativo. À medida que os dados são recolhidos e se aprende mais sobre o sistema, poderão ser identificados novos requisitos de dados ou limitações que exijam alterações nos procedimentos de recolha de dados de forma a que os objectivos do estudo possam ainda ser alcançados. Para cada processo unitário dentro das fronteiras do sistema podem ser classificadas grandes categorias como: entradas de energia, matérias primas, auxiliares, outras entradas fisícas, produtos, co-produtos e resíduos, emissões para o ar, descargas para água e solo e outros aspectos ambientais

[1] Adaptado da norma ISO/TR 14049:2000

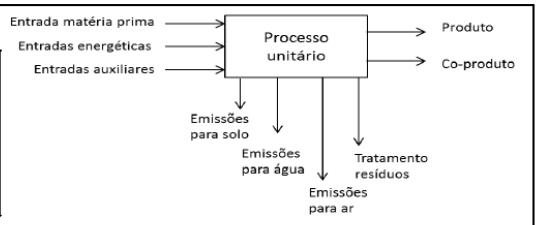

Fig. 1 – Exemplo descritivo de um processo unitário.

4. Notas para preenchimento:

1. Colocar os valores e informações nas células sombreadas a cinzento.

2. Se necessário acrescentar mais linhas ou colunas.

3. A cada linha corresponde apenas uma único entrada (input): e.g diammonium phosphate (DAP) (18% N).

*4. Nas **entradas mássicas** considerar todas as entradas, nomeadamente fertilizantes, correctivos, inseticidas, herbicidas, fungicidas, água, especificado o nome comercial e/ou princípio activo da substância. Outras informações relevantes devem ser incluidas nas **"informações adicionais"**.*

*5. Nas **entradas energéticas** considerar todas as entradas, nomeadamente combustiveis, electricidade, ...,especificando o tipo. Qualquer outra informação relevante deve ser incluida nas **"informações adicionais"**.*

*6. Nas **entradas auxiliares** considerar todas as restantes entradas não incluidas nas entradas mássicas e energéticas (e.g. lubrificantes, filtros)*

*7. Nas **saidas** considerar o produto principal, co-produtos e resíduos. Nas **"informações adicionais"** especificar o tipo de produto, função (produto, co-produto e resíduos) e outras informações consideradas relevantes.*

Inquéritos preparado pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

4.1. A título de exemplo, alguns dados relativos ao Cultivo (inquérito determinístico)

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Dimensão da exploração	ha	5	7	pomar com X anos
Quantidade produzida	t	2,5	4	total de frutícola produzido na área indicada

Entradas		Unidade	2010	2011	Informações adicionais
Entradas mássicas	Diammonium phosphate (DAP) (18% N)	kg	100	140	aplicado uma vez por ano
Entradas energéticas	Gasóleo	l	8000	13000	para o motor de rega

4.2. Método de recolha dos dados

i) Os dados são recolhidos globalmente para a fase de cultivo, considerando-se esta fase como um só *processo unitário*. Este formato encontra-se representado na figura 2, com a tabela de recolha de dados no ponto "5.2. Entradas e saídas globais do processo de cultivo".

As tabelas deverão ser preenchidas com os dados disponíveis, relativos à totalidade da produção (e área) a preencher em 5.1. No caso de existir uma entrada/saída para a qual não há dados disponíveis, especificar o tipo e a informação disponível em "informações adicionais"

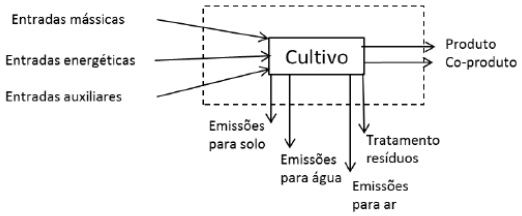

Fig. 2: Fluxograma do processo de cultivo global.

iii - Modelo dos inquéritos da fase do cultivo para os frutos frescos e secos, parte 2.

Inquéritos preparado pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

5. Cultivo do frutícola - (Inquérito determinístico)

5.1. Caracteristicas do pomar/exploração

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Dimensão da exploração	ha			
Quantidade produzida				

5.5.1. Notas para preenchimento:

1. Nas principais práticas de gestão agricola indicar tipo de sementeira, preparação do solo, etc.

	Frutícola			
	Unidade	2010	2011	Informações adicionais
Densidade				
Classificação do solo				
Principais práticas de gestão agricola				
Representatividade cenário em Portugal				

5.2. Entradas e saídas globais do processo de cultivo (processo unitário "cultivo")

5.2.1. Notas para preenchimento:

Preencher os dados de entrada/saída em termos totais (ano de 2010 ou 2011) em função da quantidade total produzida preenchida em 5.1.

Entradas		Tipo (marca e principio activo, no caso da água, origem)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas	Fertilizantes (% N,P,K) e Correctivos					
	Subs. de controlo e protecção da produção (fitossanitários, reguladores de crescimento e bioestimulantes)					
	Água					
	Outros					

Entradas		Tipo (e.g. gásoleo, gasolina, electricidade)	Unidade	Ano 2010		Ano 2011		Informações adicionais
	Descrição			Nº de horas de trabalho	Consumo total	Nº de horas de trabalho	Consumo total	
Entradas energéticas associadas às operações agricolas								

Entradas		Tipo	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Outras entradas energéticas						
Entradas auxiliares	Lubrificantes					
	Filtros					
	Outros					

Saídas (produto principal)	Tipo	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Frutícola					

Saídas (co-produtos/resíduos)	Tipo	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais (especificar destino/função)

iv - Modelo dos inquéritos da fase do cultivo para os frutos frescos e secos, parte 3.

Inquéritos preparado pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

6. Transporte (externo às fronteiras do sistema cultivo)
O transporte externo, representa o transporte que é feito da exploração agricola para o local de armazenamento/processamento do frutícola.

A título de exemplo

Ano 2010					
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não	
Camião	28	24	10	Sim	Destina-se exclusivamente ao transporte do frutícola

* No caso de o consumo de combustível do transporte externo tiver sido incluido nas tabelas da secção 5.2 e 5.3, preencha na mesma esta informação, no entanto indique essa situação para evitar duplicação de dados recolhidos

Ano 2010					
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não	

Ano 2011					
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não	

7. Outras informações/comentário geral

Adicionar informações consideradas relevantes para o processo de cultivo

v - Modelo dos inquéritos ao processamento dos frutos de casca rija - parte 1.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Inventário de ciclo de vida[1]

O processo de recolha de dados é iterativo. À medida que os dados são recolhidos e se aprende mais sobre o sistema, poderão ser identificados novos requisitos de dados ou limitações que exijam alterações nos procedimentos de recolha de dados de forma a que os objectivos do estudo possam ainda ser alcançados. Para cada processo unitário dentro das fronteiras do sistema podem ser classificadas grandes categorias como: entradas de energia, matérias primas, auxiliares, outras entradas físicas, produtos, co-produtos e resíduos, emissões para o ar, descargas para água e solo e outros aspectos ambientais

[1] Adaptado da norma ISO/TR 14049:2000

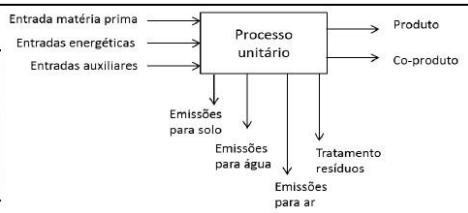

Fig. 1 – Exemplo descritivo de um processo unitário.

4. Notas para preenchimento:

1. Colocar os valores e informações nas células sombreadas a cinzento.

2. Se necessário acrescentar mais linhas ou colunas.

3. A cada linha corresponde apenas uma único entrada (input): e.g gásoleo.

*4. Nas **entradas mássicas** considerar todas as entradas, nomeadamente água, materiais necesssários ao embalamento. Outras informações relevantes devem ser incluídas nas **"Informações adicionais"**.*

*5. Nas **entradas energéticas** considerar todas as entradas, nomeadamente combustiveis, electricidade, ...,especificando o tipo. Qualquer outra informação relevante deve ser incluída nas **"informações adicionais"**.*

*6. Nas **entradas auxiliares** considerar todas as restantes entradas não incluídas nas entradas mássicas e energéticas (e.g. lubrificantes, filtros)*

*7. Nas **saídas** considerar o produto principal, co-produtos e resíduos. Nas **"informações adicionais"** especificar o tipo de produto, função (produto, co-produto e resíduos) e outras informações consideradas relevantes.*

4.1. A título de exemplo, alguns dados relativos ao processamento/embalamento do fruto de casca rija (inquérito determinístico)

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Quantidade total embalada	t	125	175	total de fruto de casca rija embalado na central fruteira

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas	Água	l	10000	14000	água utilizada em todo o processo de armazenamento, rede publica
Entradas energéticas	energia electrica	kWh	15000	28000	para embalar o fruto de casca rija

5. Processamento/embalamento da amêndoa- (Inquérito determinístico)

5.1. Quantidade processada/embalada

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Quantidade total embalada				

5.2. Entradas e saídas globais do processo processamento/embalamento (processo unitário "processamento/embalamento")

5.2.1. Notas para preenchimento:

Preencher os dados de entrada/saída em termos totais (ano de 2010 ou 2011) em função da quantidade total preenchida em 5.1.

vi - Modelo dos inquéritos ao processamento dos frutos de casca rija - parte 2.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais	
Entradas mássicas	Fruto de casca rija					
	Outros					
	Água	Unidade	Origem	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas energéticas	Electricidade				
	Outras				
Entradas auxiliares	Lubrificantes				
	Óleos				
	Outros				

Saídas (produto principal)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

Saídas (co-produtos/resíduos)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais (especificar destino/função)

5.2.2. Notas para preenchimento:

Como o tipo de embalagem poderá variar significativamente os resultados seria importante para esta situação preencher os dados relativos a esta fase individualmente.

Embalamento

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas energéticas					
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

6. Outras informações/comentário geral

Adicionar informações consideradas relevantes para o processo de cultivo

vii - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da maçã, parte 1.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Inventário de ciclo de vida[1]

O processo de recolha de dados é iterativo. À medida que os dados são recolhidos e se aprende mais sobre o sistema, poderão ser identificados novos requisitos de dados ou limitações que exijam alterações nos procedimentos de recolha de dados de forma a que os objectivos do estudo possam ainda ser alcançados. Para cada processo unitário dentro das fronteiras do sistema podem ser classificadas grandes categorias como: entradas de energia, matérias primas, auxiliares, outras entradas fisícas, produtos, co-produtos e resíduos, emissões para o ar, descargas para água e solo e outros aspectos ambientais

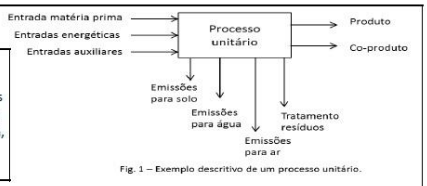

Fig. 1 – Exemplo descritivo de um processo unitário.

[1] Adaptado da norma ISO/TR 14049:2000

4. Notas para preenchimento:

1. Colocar os valores e informações nas células sombreadas a cinzento.

2. Se necessário acrescentar mais linhas ou colunas.

3. A cada linha corresponde apenas uma único entrada (input): e.g gásoleo.

*4. Nas **entradas mássicas** considerar todas as entradas, nomeadamente antioxidantes, água, especificado o nome comercial e/ou princípio activo da substância. Outras informações relevantes devem ser incluídas nas **"informações adicionais"**.*

*5. Nas **entradas energéticas** considerar todas as entradas, nomeadamente combustiveis, electricidade, ...,especificando o tipo. Qualquer outra informação relevante deve ser incluída nas **"informações adicionais"**.*

*6. Nas **entradas gasosas** considerar dióxido de carbono, oxigénio, azoto. Outras informações relevantes devem ser incluídas nas **"informações adicionais"**.*

*7. Nas **entradas auxiliares** considerar todas as restantes entradas não incluídas nas entradas mássicas e energéticas (e.g. lubrificantes, filtros)*

*8. Nas **saídas** considerar o produto principal, co-produtos e resíduos. Nas **"informações adicionais"** especificar o tipo de produto, função (produto, co-produto e resíduos) e outras informações consideradas relevantes.*

4.1. A título de exemplo, alguns dados relativos ao armazenamento/embalamento (inquérito determinístico)

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Quantidade total armazenada/embalada	t	125	175	total de maçã armazenada na central fruteira

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas	Água	l	100000	140000	água utilizada em todo o processo de armazenamento, rede publica
Entradas energéticas	energia electrica	kWh	18000	23000	câmaras de refrigeração

4.2. Método de recolha dos dados

i) Os dados são recolhidos globalmente para a fase de armazenamento/embalamento, considerando-se esta fase como um só *processo unitário*. Este formato encontra-se representado na figura 2, com a tabela de recolha de dados no ponto "5.2. Entradas e saídas globais do processo de armazenamento/embalamento".
As tabelas deverão ser preenchidas com os dados disponíveis, relativos à totalidade da produção a preencher em 5.1. No caso de existir uma entrada/saída para a qual não há dados disponíveis, especificar o tipo e a informação disponível em "informações adicionais"

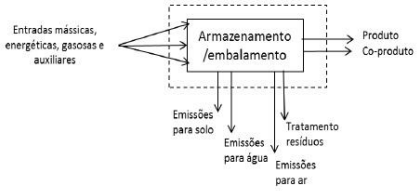

Fig. 2: Fluxograma do processo de armazenamento/embalamento global.

5. Armazenamento/Embalamento da maçã- (Inquérito determinístico)

5.1. Quantidade armazenada/embalada

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Quantidade total armazenada/embalada				

5.2. Entradas e saídas globais do processo armazenamento/embalamento (processo unitário "armazenamento/embalamento")

5.2.1. Notas para preenchimento:

1. Preencher os dados de entrada/saída em termos totais (ano de 2010 ou 2011) em função da quantidade total preenchida em 5.1.

2. Mesmo que preencha a tabela de entradas e saídas globais seria importante preencher individualmente a fase de armazenamento, uma vez que o tempo de concervação frigorífica pode variar significativamente.

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas	Maçã				
	Gases				
	Outros				
	Água	Unidade	Origem	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas energéticas	Electricidade				
	Outras				
Entradas auxiliares	Lubrificantes				
	Óleos				
	Outros				

viii - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da maçã, parte 2.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Saídas (produto principal)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Saídas (co-produtos/resíduos)	**Unidade**	**Ano 2010**	**Ano 2011**	**Informações adicionais** (especificar destino/função)

5.2.2. Notas para preenchimento:
Como o tipo de embalagem poderá variar significativamente os resultados seria importante para esta situação preencher os dados relativos a esta fase individualmente.

Embalamento

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas energéticas					
Entradas		**Unidade**	**Ano 2010**	**Ano 2011**	**Informações adicionais**
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

6. Outras informações/comentário geral

Adicionar informações consideradas relevantes para o processo de armazenamento/embalamento.

ix - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da pera, parte 1.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Inventário de ciclo de vida[1]

O processo de recolha de dados é iterativo. A medida que os dados são recolhidos e se aprende mais sobre o sistema, poderão ser identificados novos requisitos de dados ou limitações que exijam alterações nos procedimentos de recolha de dados de forma a que os objectivos do estudo possam ainda ser alcançados. Para cada processo unitário dentro das fronteiras do sistema podem ser classificadas grandes categorias como: entradas de energia, matérias primas, auxiliares, outras entradas fisícas, produtos, co-produtos e resíduos, emissões para o ar, descargas para água e solo e outros aspectos ambientais

[1] Adaptado da norma ISO/TR 14049:2000

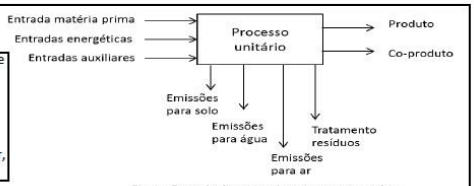

Fig. 1 – Exemplo descritivo de um processo unitário.

4. Notas para preenchimento:

1. Colocar os valores e informações nas células sombreadas a cinzento.

2. Se necessário acrescentar mais linhas ou colunas.

3. A cada linha corresponde apenas uma único entrada (input): e.g gásoleo.

*4. Nas **entradas mássicas** considerar todas as entradas, nomeadamente antioxidantes, água, especificado o nome comercial e/ou princípio activo da substância. Outras informações relevantes devem ser incluídas nas **"Informações adicionais"**.*

*5. Nas **entradas energéticas** considerar todas as entradas, nomeadamente combustiveis, electricidade, ...,especificando o tipo. Qualquer outra informação relevante deve ser incluída nas **"informações adicionais"**.*

*6. Nas **entradas gasosas** considerar dióxido de carbono, oxigénio, azoto. Outras informações relevantes devem ser incluídas nas **"Informações adicionais"**.*

*7. Nas **entradas auxiliares** considerar todas as restantes entradas não incluídas nas entradas mássicas e energéticas (e.g. lubrificantes, filtros)*

*8. Nas **saídas** considerar o produto principal, co-produtos e resíduos. Nas **"informações adicionais"** especificar o tipo de produto, função (produto, co-produto e resíduos) e outras informações consideradas relevantes.*

4.1. A título de exemplo, alguns dados relativos ao armazenamento/embalamento (inquérito determinístico)

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Quantidade total armazenada/embalada	t	125	175	total de pêra armazenada na central fruteira

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas	Água	l	100000	140000	água utilizada em todo o processo de armazenamento, rede publica
Entradas energéticas	energia electrica	kWh	18000	23000	câmaras de refrigeração

4.2. Método de recolha dos dados

4.2.1 O presente inquérito inclui duas formas complementares de recolha dos dados:

i) Os dados são recolhidos globalmente para a fase de armazenamento/embalamento, considerando-se esta fase como um só *processo unitário*. Este formato encontra-se representado na figura 2, com a tabela de recolha de dados no ponto "5.2. Entradas e saídas globais do processo de armazenamento/embalamento".

ii) Os dados são recolhidos individualmente para várias fases do processo de armazenamento/embalamento, o qual está subdividido em 4 processos unitários. Este formato encontra-se representado na figura 3, estando as tabelas de recolha no ponto "5.3. Entradas por fase de armazenamento/embalamento".

As tabelas deverão ser preenchidas com os dados disponíveis, relativos à totalidade da produção a preencher em 5.1. No caso de existir uma entrada/saída para a qual não há dados disponíveis, especificar o tipo e a informação disponível em "informações adicionais"

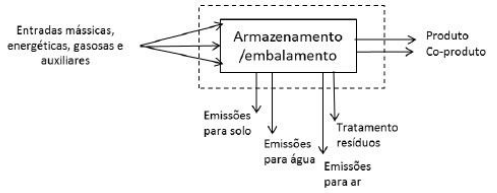

Fig. 2: Fluxograma do processo de armazenamento/embalamento global.

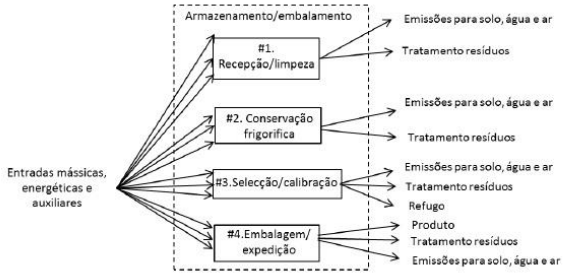

Fig. 3: Fluxograma do processo do armazenamento/embalamento, dividido nos 4 subprocessos representados.

NB: Linha a cheio representa processo unitário. A linha a tracejado as fronteiras do sistema. As setas as entradas/saídas.

x - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da pera, parte 2.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

5. Armazenamento/embalamento da pêra- (Inquérito determinístico)

5.1. Quantidade armazenada/embalada

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Quantidade total armazenada/embalada				

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas gasosas					
Entradas energéticas					
Entradas auxiliares					

Saídas (produto principal)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Saídas (co-produtos/resíduos)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais (especificar destino/função)

5.3. Entradas e saídas para 4 processos unitários (4 subdivisões da fase dearmazenamento/embalamento)

#1: Recepção/limpeza

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas energéticas					
Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas auxiliares					

Saídas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

xi - Modelo dos inquéritos ao armazenamento/embalamento da maçã, parte 3.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

#2: Conservação frigorifica

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas gasosas					
Entradas energéticas					
Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas auxiliares					

Saídas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

Entradas energéticas					
Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas auxiliares					

Saídas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

#4: Embalagem/expedição

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas energéticas					
Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas auxiliares					

Saídas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

6. Outras informações/comentário geral

Adicionar informações consideradas relevantes para o processo de armazenamento/embalamento.

xii - Modelo dos inventários do cultivo do tomate, parte1.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Inventário de ciclo de vida[1]

O processo de recolha de dados é iterativo. À medida que os dados são recolhidos e se aprende mais sobre o sistema, poderão ser identificados novos requisitos de dados ou limitações que exijam alterações nos procedimentos de recolha de dados de forma a que os objectivos do estudo possam ainda ser alcançados. Para cada processo unitário dentro das fronteiras do sistema podem ser classificadas grandes categorias como: entradas de energia, matérias primas, auxiliares, outras entradas fisícas, produtos, co-produtos e resíduos, emissões para o ar, descargas para água e solo e outros aspectos ambientais

[1] Adaptado da norma ISO/TR 14049:2000

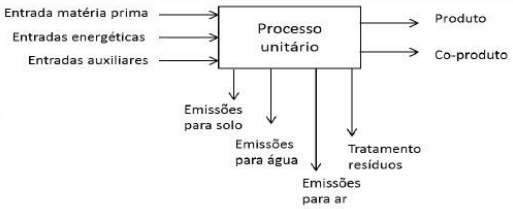

Fig. 1 – Exemplo descritivo de um processo unitário.

4. Notas para preenchimento:

1. Colocar os valores e informações nas células sombreadas a cinzento.

2. Se necessário acrescentar mais linhas ou colunas.

3. A cada linha corresponde apenas uma único entrada (input): e.g diammonium phosphate (DAP) (18% N).

*4. Nas **entradas mássicas** considerar todas as entradas, nomeadamente fertilizantes, correctivos, inseticidas, herbicidas, fungicidas, água, especificado o nome comercial e/ou princípio activo da substância. Outras informações relevantes devem ser incluídas nas **"Informações adicionais"**.*

*5. Nas **entradas energéticas** considerar todas as entradas, nomeadamente combustiveis, electricidade, ...,especificando o tipo. Qualquer outra informação relevante deve ser incluída nas **"informações adicionais"**.*

*6. Nas **entradas auxiliares** considerar todas as restantes entradas não incluídas nas entradas mássicas e energéticas (e.g. lubrificantes, filtros)*

*7. Nas **saídas** considerar o produto principal, co-produtos e resíduos. Nas **"informações adicionais"** especificar o tipo de produto, função (produto, co-produto e resíduos) e outras informações consideradas relevantes.*

8. Quando o viveiro se encontra dentro da exploração agrícola indicar se tudo o que é produzido é utilizado para a plantação dentro da exploração (e.g. 15%da produção do viveiro é vendida para o esterior da exploração).

9. Quando o viveiro não se encontra dentro da exploração agrícola indicar a quantidade total produzida pelo viveiro e a quantidade total que do viveiro é utilizada na exploração agrícola em análise (e.g. são produzidas 17 t de tomate para plantação, mas para a exploração agrícola apenas são utilizadas 10 t).

4.1. A título de exemplo, alguns dados relativos ao Cultivo do tomate (inquérito determinístico)

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Dimensão do viveiro	ha	1	1,5	viveiro com plantação integrada/viveiro sem plantação integrada
Dimensão exploração agrícola	ha	3	4	plantação com viveiro integrado/plantação sem viveiro integrado
Quantidade produzida viveiro	t	20	30	total de tomate para plantio produzido na área total de viveiro
Quantidade produzida exp. Agrícola	t	150	200	total de tomate produzido na area total de exploração

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas	Diammonium phosphate (DAP) (18% N)	kg	100	140	aplicado uma vez por ano
Entradas energéticas	gasóleo	l	8000	13000	para o motor de rega

4.2. Método de recolha dos dados

4.2.1 O presente inquérito inclui duas formas complementares de recolha dos dados:

i) Os dados são recolhidos globalmente para a fase de cultivo, considerando-se esta fase como um só *processo unitário*. Este formato encontra-se representado na figura 2, com a tabela de recolha de dados no ponto "5.2. Entradas e saídas globais do processo de cultivo".

ii) Os dados são recolhidos individualmente para várias fases do processo de cultivo, o qual está subdividido em 2 e 3 processos unitários. Este formato encontra-se representado na figura 3 e 4, estando as tabelas de recolha no ponto "5.3. Entradas por fase de cultivo".

As tabelas deverão ser preenchidas com os dados disponíveis, relativos à totalidade da produção (e área) a preencher em 5.1. No caso de existir uma entrada/saída para a qual não há dados disponíveis, especificar o tipo e a informação disponível em "informações adicionais"

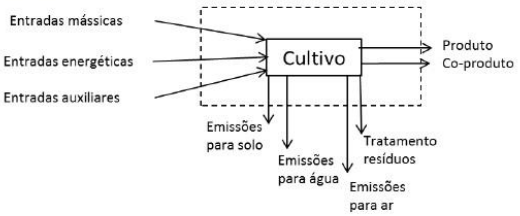

Fig. 2: Fluxograma do processo de cultivo global.

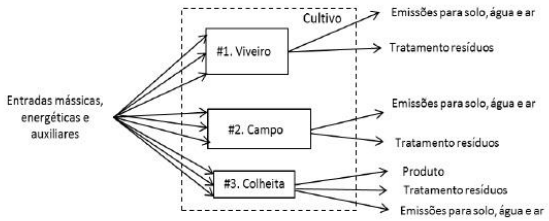

Fig. 3: Fluxograma do processo de cultivo do tomate, dividido nos 3 subprocessos representados.

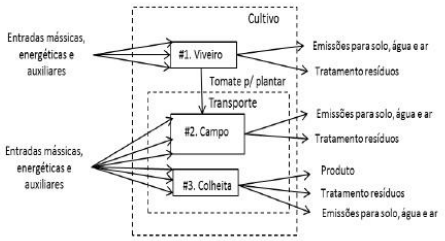

Fig. 4: Fluxograma do processo de cultivo do tomate, dividido nos 3 subprocessos representados.

NB: Linha a cheio representa processo unitário. A linha a tracejado as fronteiras do sistema. As setas as entradas/saídas.

xiii - Modelo dos inventários do cultivo do tomate, parte 2.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

5. Cultivo da tomate - (Inquérito determinístico)

5.1. Caracteristicas da exploração

	Unidades	2010	2011	Informações adicionais
Dimensão do viveiro	ha			
Dimensão exploração agrícola	ha			
Quantidade produzida viveiro				
Quantidade produzida exp. Agrícola				

5.5.1. Notas para preenchimento:

1. Nas principais práticas de gestão agricola indicar tipo de sementeira, preparação do solo, etc.

		Viveiro tomate		
	Unidade	2010	2011	Informações adicionais
Densidade				
Classificação do solo				
Principais práticas de gestão agricola				
Representatividade cenário em Portugal continental				

		Tomate (plantação)		
	Unidade	2010	2011	Informações adicionais
Densidade				
Classificação do solo				
Principais práticas de gestão agricola				
Representatividade cenário em Portugal continental				

5.2. Entradas e saídas globais do processo de cultivo (processo unitário "cultivo")

5.2.1. Notas para preenchimento:

Preencher os dados de entrada/saída em termos totais (ano de 2010 ou 2011) em função da quantidade total produzida preenchida em 5.1.

Viveiro

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas energéticas					
Entradas auxiliares					

Saídas (produto principal)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Saídas (co-produtos/resíduos)	**Unidade**	**Ano 2010**	**Ano 2011**	**Informações adicionais** (especificar destino/função)

Plantação

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas energéticas					
Entradas auxiliares					

xiv - Modelo dos inventários do cultivo do tomate, parte 3.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Saídas (produto principal)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

Saídas (co-produtos/resíduos)	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	**Informações adicionais** (especificar destino/função)

5.3. Entradas e saídas para 3 processos unitários (3 subdivisões da fase de cultivo)

5.3.1. Notas para preenchimento:

1. Além das notas descritas anteriormente, para os processos agricolas indicar nas informações adicionais o tipo de combustivel.

2. Os dados referentes ao consumo de enrgia podem ser preenchidos na totalidade nas entradas energéticas ou descriminadamente por cada operação agricola.

#1: Viveiro

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas energéticas					

Entradas		Unidade	Ano 2010		Ano 2011		Informações adicionais
			Nº de horas de trabalho	Consumo total	Nº de horas de trabalho	Consumo total	
Operações agricolas							

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

#2: Campo

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas Energéticas					

Entradas		Unidade	Ano 2010		Ano 2011		Informações adicionais
			Nº de horas de trabalho	Consumo total	Nº de horas de trabalho	Consumo total	
Operações agricolas							

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

xv - Modelo dos inventários do cultivo do tomate, parte 4.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

#3: Colheita

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas mássicas					
Entradas energéticas					

Entradas		Unidade	Ano 2010		Ano 2011		Informações adicionais
			Nº de horas de trabalho	Consumo total	Nº de horas de trabalho	Consumo total	
Operações agricolas							

Entradas		Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2010	Ano 2011	Informações adicionais

6. Transporte (externo às fronteiras do sistema cultivo)
O transporte externo, representa o transporte que é feito da exploração agricola para o local de transformação do tomate.

A titulo de exemplo

Ano 2010					
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não	
Camião	28	24	10	Sim	Destina-se exclusivamente ao transporte do tomate
Camião	16	14	15	sim	No caso em que o viveiro se encontra fora da exploração agricola terá de ser contabilizado o transporte

* No caso de o consumo de combustível do transporte externo tiver sido incluido nas tabelas da secção 5.2 e 5.3, preencha na mesma esta informação, no entanto indique essa situação para evitar duplicação de dados recolhidos

Ano 2010					
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não	

Ano 2011					
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não	

7. Outras informações/comentário geral

Adicionar informações consideradas relevantes para o processo de cultivo

xvi - Modelo dos inventários do processamento do tomate, parte 1.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Inventário de ciclo de vida[1]

O processo de recolha de dados é iterativo. À medida que os dados são recolhidos e se aprende mais sobre o sistema, poderão ser identificados novos requisitos de dados ou limitações que exijam alterações nos procedimentos de recolha de dados de forma a que os objectivos do estudo possam ainda ser alcançados. Para cada processo unitário dentro das fronteiras do sistema podem ser classificadas grandes categorias como: entradas de energia, matérias primas, auxiliares, outras entradas fisícas, produtos, co-produtos e resíduos, emissões para o ar, descargas para água e solo e outros aspectos ambientais

[1] Adaptado da norma ISO/TR 14049:2000

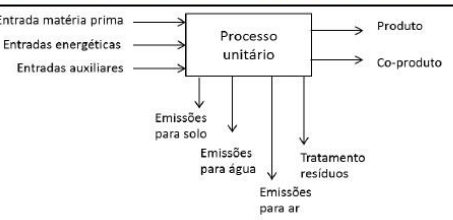

Fig. 1 – Exemplo descritivo de um processo unitário.

4. Notas para preenchimento:

1. Colocar os valores e informações nas células sombreadas a cinzento.

2. Se necessário acrescentar mais linhas ou colunas.

3. A cada linha corresponde apenas uma único entrada (input): e.g electricidade.

*4. Nas **entradas mássicas** considerar todas as entradas, nomeadamente água, materiais necesssários ao embalamento. Outras informações relevantes devem ser incluídas nas **"Informações adicionais"**.*

*5. Nas **entradas energéticas** considerar todas as entradas, nomeadamente combustiveis, electricidade, ...,especificando o tipo. Qualquer outra informação relevante deve ser incluída nas **"informações adicionais"**.*

*6. Nas **entradas auxiliares** considerar todas as restantes entradas não incluídas nas entradas mássicas e energéticas (e.g. lubrificantes, filtros)*

*7. Nas **saídas** considerar o produto principal, co-produtos e resíduos. Nas **"informações adicionais"** especificar o tipo de produto, função (produto, co-produto e resíduos) e outras informações consideradas relevantes.*

4.1. A título de exemplo, alguns dados relativos à podução de concentrado de tomate (inquérito determinístico)

	Unidades	2012	2013	Informações adicionais
Quantidade total produzida	t	125	175	total de tomate processado para concentrado

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Entradas mássicas	Água	l	10000	14000	água utilizada em toda a produção do concentrado de tomate
Entradas energéticas	energia electrica	kWh	15000	28000	Energia total para produção concentrado

5. Produção de Concentrado de tomate - (Inquérito determinístico)

5.1. Quantidade produzida

	Unidades	2012	2013	Informações adicionais
Quantidade total produzida				

5.2. Entradas e saídas globais do processo de produção de polpa de tomate (processo unitário "Concentrado de tomate")

5.2.1. Notas para preenchimento:
Preencher os dados de entrada/saída em termos totais (ano de 2012 ou 2013) em função da quantidade total preenchida em 5.1.

Concentrado de tomate

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Entradas mássicas	Tomate				
	Outras:				

	Água	Unidade	Origem	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Entradas energéticas	Electricidade				
	Outras:				
Entradas auxiliares	Lubrificantes				
	Óleos				
	Outros				

Saídas (produto principal)	Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Concentrado tomate				
Saídas (co-produtos/resíduos)	Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais (especificar destino/função)

xvii - Modelo dos inventários do processamento do tomate, parte 2.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

6. Produção de Polpa de tomate- (Inquérito determinístico)

6.1. Quantidade produzida

	Unidades	2012	2013	Informações adicionais
Quantidade total produzida				

6.2. Entradas e saídas globais do processo de produção de polpa de tomate (processo unitário "Polpa de tomate")

6.2.1. Notas para preenchimento:
Preencher os dados de entrada/saída em termos totais (ano de 2012 ou 2013) em função da quantidade total preenchida em 5.1.

Polpa de tomate

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Entradas mássicas	Concentrado tomate				
	Outras:				

		Unidade	Origem	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
	Água					

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Entradas energéticas	Electricidade				
	Outras:				
Entradas auxiliares	Lubrificantes				
	Óleos				
	Outros				

Saídas (produto principal)	Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Polpa de tomate				

Saídas (co-produtos/resíduos)	Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais (especificar destino/função)

7. Notas para preenchimento:
Como o tipo de embalagem poderá variar significativamente os resultados, seria importante para esta situação preencher os dados relativos a esta fase individualmente.

Embalamento

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Tipo de embalagem	Garrafa de vidro (1 kg)				ADAI-UC: Se possível indicar o peso da embalagem
Entradas mássicas	Polpa de tomate				
Entradas energéticas					
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Garrafa de vidro (1 kg)				

xviii - Modelo dos inventários do processamento do tomate, parte 3.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Tipo de embalagem	Garrafa de vidro (0.5 kg)				ADAI-UC: Se possivel indicar o peso da embalagem
Entradas mássicas	Polpa de tomate				
Entradas energéticas					
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Garrafa de vidro (0.5 kg)				

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Tipo de embalagem	Pacote cartão (0.2 kg)				ADAI-UC: Se possivel indicar o peso da embalagem
Entradas mássicas	Polpa de tomate				
Entradas energéticas					
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Pacote cartão (0.2 kg)				

Entradas		Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Tipo de embalagem	Bisnaga tomate concentrado (0.145 kg?)				ADAI-UC: Se possivel indicar o peso da embalagem
Entradas mássicas	Concentrado tomate				
Entradas energéticas					
Entradas auxiliares					

Saídas	Unidade	Ano 2012	Ano 2013	Informações adicionais
Bisnaga tomate concentrado (0.145 kg?)				

xix - Modelo dos inventários do processamento do tomate, parte 4.

Inquéritos preparados pelo Centro para Ecologia Industrial- ADAI, Uni Coimbra (www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology) no âmbito do projecto Ecodeep

8. Distribuição dos produtos

8.1. Notas para preenchimento:

Caso não saiba as caracteristicas dos veiculos de transporte, indicar nas informações adicionais os locais para onde é feita a distribuição do produto.

A titulo de exemplo

Ano 2012					
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não	
Camião	16	24	20	Sim	Distribuição até à plataforma logistica (Santarém)
Camião	28	24	2000	Não	Exportação para Alemenha

Ano 2012						
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Consumo (l)	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não		

Ano 2012						
Transporte/veículo			Distância percorrida (km)	Regresso sem carga	Consumo (l)	Informações adicionais
Tipo	Capacidade (t)	Capacidade usada (t)		Sim/Não		

9. Outras informações/comentário geral

Adicionar informações consideradas relevantes para o processamento de tomate