



Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Área Departamental de Engenharia Química

Incentivos para a Implementação Alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Cristina Galvão Pinto Ascenço Silva

(Licenciada em Engenharia Química Industrial)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Química e Biológica

Orientador:

Doutor João Fernando Pereira Gomes

Júri:

Presidente: Doutora Isabel Maria da Silva João

1º Vogal (arguente): Mestre António Victor Carreira de Oliveira

2º Vogal (orientador): Doutor João Fernando Pereira Gomes

dezembro de 2019



Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Área Departamental de Engenharia Química

Incentivos para a Implementação Alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Cristina Galvão Pinto Ascenço Silva
(Licenciada em Engenharia Química Industrial)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Química e Biológica

Orientador:

Doutor João Fernando Pereira Gomes

Júri:

Presidente: Doutora Isabel Maria da Silva João

1º Vogal (arguente): Mestre António Victor Carreira de Oliveira

2º Vogal (orientador): Doutor João Fernando Pereira Gomes

dezembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes mais, ao meu orientador, Professor João Gomes, com quem tive a possibilidade de trabalhar nos primeiros anos da minha carreira profissional e cujo constante apoio e orientação me permitiu evoluir profissional e pessoalmente. Passados todos estes anos, agradeço mais uma vez o incentivo, bem como todo o apoio e disponibilidade para comigo na concretização deste projeto académico.

Agradeço ao Ricardo Rato, o meu Diretor no ISQ, não apenas pela confiança que depositou em mim para a coordenação operacional do projeto Alentejo Circular e participação nos projetos SCALER e URSA, cuja experiência obtida e resultados me permitiram realizar a presente dissertação; mas também pelo reconhecimento pelo meu trabalho e por todo o incentivo e apoio, sem os quais seria impossível concretizar esta etapa.

Um especial agradecimento à EDIA, promotora do Projeto URSA, particularmente ao David Catita e à Ana Ilhéu, pela confiança depositada na equipa ISQ, pela possibilidade de colaboração com o Projeto URSA e também por toda a disponibilidade e informações prestadas.

Agradeço também aos meus colegas do ISQ Marco Estrela e Bruno Magalhães. Ao Marco agradeço o apoio na aprendizagem do *software* Umberto, ao Bruno, colega de equipa nos projetos Alentejo Circular e URSA, agradeço a partilha de ideias e o apoio na obtenção de dados.

Dedico este trabalho à minha família. Aos meus pais, que fizeram questão de me proporcionar a educação que infelizmente não puderam ter. Ao meu marido José António, pelo apoio e pela extraordinária forma de ser, sempre relevando o meu mau feitio e teimosia. E ao meu filho, José Maria, para quem eu espero ser sempre um exemplo de que, na vida, nunca nos podemos resignar ao que sabemos e ao que somos, procurando sempre aprender, progredir, ser melhores.

RESUMO

Vivemos num cenário económico caracterizado por um modelo linear de consumo, baseado na extração de recursos naturais, que processamos e transformamos em produtos, que depois vendemos e que, após a sua vida útil, descartamos. As tendências de crescimento da população mundial e de melhoria da qualidade de vida, traduzir-se-ão num aumento da procura de matérias-primas, com conseqüente aumento da escassez, dos preços e da instabilidade no abastecimento. Assim, é urgente a transição para um modelo económico circular assente na maximização do aproveitamento dos recursos por via da sua manutenção, pelo maior tempo possível, no sistema de produção e consumo.

A Simbiose Industrial é um dos modelos de negócio da Economia Circular caracterizada pela cooperação entre duas ou mais indústrias ou organizações, baseada na valorização de recursos subaproveitados, incluindo materiais, energia, água, mas também na partilha de ativos, conhecimento e competências.

A transição para a circularidade é desafiante, pelo que o objetivo deste trabalho foi o de identificar as principais barreiras e conseqüentemente os incentivos mais relevantes à facilitação e implementação de sinergias de simbiose industrial. Sendo fundamental analisar e disseminar casos de sucesso, efetuou-se a quantificação dos benefícios ambientais e económicos associados a um projeto de simbiose envolvendo valorização de resíduos e subprodutos da atividade agropecuária, através da produção de fertilizante orgânico numa unidade de compostagem, para posterior aplicação pelos agricultores locais, com conseqüente redução da aplicação de fertilizantes químicos e melhoria das propriedades do solo.

A quantificação, através de metodologia de avaliação de ciclo de vida, dos benefícios ambientais, no custo prazo, associados ao caso de estudo, i.e., a aplicação, por parte dos agricultores, de composto orgânico em substituição de fertilizantes químicos, traduziu-se, numa análise por hectare cultivado, em impactes ambientais mais reduzidos na generalidade das categorias de impacte analisadas, nas quais se incluíram as “alterações climáticas” e a “depleção de água”.

Na perspetiva económica, constatou-se que o preço de venda previsto para o composto é competitivo face aos valores de mercado. Do ponto de vista do agricultor, o composto terá um conjunto de mais valias no médio ou longo prazo, no entanto, para um cenário de curto prazo, a existência de algum incentivo económico pela utilização de composto, face às atuais práticas de adubação mineral, incentivará ainda mais a utilização, fortalecendo o sucesso da iniciativa.

Palavras-chave: Economia Circular; Simbiose Industrial; Ecoeficiência; Análise de Ciclo de Vida, Sustentabilidade, Criação de Valor

ABSTRACT

We are living in an economic system characterised by a linear consumption model, based on natural resource extraction, processing, transformation into products, which we sell, use and dispose at their end-of-life. The world trends, concerning population growth and life quality improvement, will translate into an increase in raw material demand, with consequent scarcity, price raise and supply disruption. Therefore, it is urgent to go ahead with the transition to a circular economic model, based on the maximization of resource use through its maintenance, for as long as possible, in the production and consumption system.

Industrial Symbiosis is a circular economy business model based on the cooperation between two or more industries or organizations, aiming the valorisation of wastes and or underutilized resources, including not only materials, energy and water, but also sharing of assets, knowledge and competences.

The transition to circularity is challenging, therefore, the objective of this work was the identification of the main barriers and, consequently, the most relevant incentives towards facilitation and implementation of industrial symbiosis synergies. Since it is fundamental to analyse and disseminate success case studies, the work included the quantification of environmental and economic benefits associated to a symbiosis project involving the valorisation of agrofood wastes and by-products, through organic fertilizer production in a composting unit, for subsequent application by local farmers, with consequent reduction of chemical fertilization and soil quality improvement.

The quantification, through life-cycle analysis, of the short term environmental benefits associated with the project case study, i.e., the application, by the farmers, of organic compost in substitution of chemical fertilization, translated into reduced environmental impacts for most of the analysed impact categories, including climate change and water depletion (analysis per cultivated hectare).

In the economic perspective, the previewed selling price for the organic compost to be produced in the composting unit is competitive, comparatively to market values. From the farmer perspective, the compost possesses a set of benefits in the medium to long term, however, in a short term scenario, the offer of an economic incentive for compost application, in the face of the current chemical fertilization practices, will further incentivize compost application, thus strengthening the success of the initiative.

Keywords: Circular Economy, Industrial Symbiosis, Eco efficiency, Life Cycle Analysis, Sustainability, Value Creation.

INDÍCE GERAL

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABELAS	xvii
LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	xix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Estrutura da Dissertação.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA EM SIMBIOSE INDUSTRIAL	3
2.1. Princípios e Fundamentos.....	3
2.2. A importância da SI no contexto da Economia Circular.....	7
2.3. Pioneiros e casos de sucesso.....	10
3. IMPLEMENTAÇÃO NA INDÚSTRIA	14
3.1. Mudar o paradigma: perceber o resíduo como recurso	14
3.2. Ferramentas para implementação de potenciais sinergias.....	15
3.3. Ferramentas e métodos para avaliar a viabilidade económica e ambiental.....	22
4. INCENTIVOS À SIMBIOSE INDUSTRIAL	26
4.1. Auscultação às partes interessadas	26
4.1. Incentivos Económico-Financeiros.....	35
4.2. Políticas, Regulamentação e Normalização	37
4.3. Incentivos Tecnológicos	40
4.4. Incentivos sociais.....	41
4.5. Formação, informação e sensibilização	43
4.6. O papel dos vários agentes.....	43
4.7. Análise SWOT.....	45
5. AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DA SIMBIOSE INDUSTRIAL: O CASO DE ESTUDO DO PROJETO URSA	47
5.1. Abordagem Metodológica	47
5.2. Descrição do problema	48
5.3. Descrição da Solução.....	51
5.4. Caracterização da Unidade URSA.....	53
5.5. Análise de viabilidade -disponibilidade de subprodutos.....	57
5.6. Incentivos à viabilidade do projeto	62
5.7 Avaliação dos benefícios ambientais	64
5.7.1. Avaliação Ambiental de Ciclo de Vida	65
5.7.2. Aumento do teor de matéria-orgânica do solo	80
5.8. Avaliação dos benefícios económicos	82

6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO	89
6.1. Conclusões.....	89
6.2. Perspetivas de trabalho futuro.....	91
7. REFERÊNCIAS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração de uma rede de Simbiose Industrial (Artola et al., 2018)	4
Figura 2 - Ilustração do modelo económico circular (EMF et al., 2015).....	8
Figura 3 - Evolução da produtividade dos recursos em diferentes Estados-Membros	9
Figura 4 - Esquema da rede de SI em Kalundborg, Dinamarca (ECO.NOMIA, 2019).....	11
Figura 5 - Fluxograma de processo da fábrica da British Sugar (dados em toneladas)	12
Figura 6 - Representação Esquemática das empresas localizadas no Eco Parque do Relvão (Costa, 2009)	13
Figura 7 - Transição para a sustentabilidade: o exemplo da British Sugar (Short et al, 2014, adap.)	15
Figura 8 - Balanço mássico prévio dos setores industriais (Quintana et al., 2019)	19
Figura 9 - Fases do Toolkik for Industrial Symbiosis (Holgado et al., 2017).....	21
Figura 10 - Abordagem metodológica do T4IS (Holgado et al., 2017).....	22
Figura 11 - Representação esquemática das etapas processuais de uma ACV	23
Figura 12 - Incentivos à SI referidos por stakeholders inquiridos pelo Projeto SCALER.....	31
Figura 13 - Barreiras identificadas pelos participantes dos eventos do Projeto Alentejo Circular	32
Figura 14 - Resultados EUROBARÓMETRO, audição a PME sobre barreiras à EC (CE, 2016).....	33
Figura 15 - Resultados EUROBARÓMETRO, audição a PME sobre barreiras à EC (CE, 2016).....	34
Figura 16 - Evolução do Índice de suscetibilidade à desertificação (Fonte: ICNF).....	49
Figura 17 - Suscetibilidade dos solos à desertificação (Fonte: DGRF).....	50
Figura 18 - Enquadramento geográfico da primeira URSA (Fonte: EDIA)	53
Figura 19 - Fluxograma Geral do Processo	54
Figura 20 - Layout da unidade de compostagem (Fonte: EDIA)	55
Figura 21 - Esquema resumo das principais operações da unidade de compostagem URSA.....	57
Figura 22 - Mapeamento de agentes económicos e tipologia de subprodutos gerados	60
Figura 23 - Diagrama do processo de cultivo da azeitona	68
Figura 24 - Representação esquemática da metodologia seguida pelo método ReCiPe.	70
Figura 25 - Diagrama de Sankey para o processo AE3-SII (Fertilização Química)	75
Figura 26 - Diagrama de Sankey para o processo AE1-SO (Fertilização Orgânica).....	76
Figura 27 - AE3 SII - Principais fluxos contribuintes para o impacte “alterações climáticas”	77
Figura 28 - AE1 SO - Principais fluxos contribuintes para o impacte “alterações climáticas”	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Bases de dados de apoio à implementação de processos de SI.....	16
Tabela 2 – Barreiras à adoção de modelos circulares	27
Tabela 3 – Incentivos e intervenção dos vários agentes no processo de SI.....	44
Tabela 4 - Análise SWOT	45
Tabela 5 – Área de cultivo das culturas mais representativas na área do EFMA na margem esquerda do rio Guadiana	58
Tabela 6 - Numero de agentes económicos nas proximidades da URSA.....	61
Tabela 7 – Numero de produtores de subprodutos identificado por atividade	61
Tabela 8 – Incentivos à viabilidade do Projeto URSA	62
Tabela 9 – Datasets Ecoinvent utilizados na ACV	72
Tabela 10 - Dados de inventário correspondentes à unidade funcional UF = 1 hectare	73
Tabela 11 - Dados de inventário correspondentes à unidade funcional UF = 1 tonelada de azeitona	74
Tabela 12 - Impactes ambientais referenciados à UF hectare	78
Tabela 13 – Redução de emissões de GEE em área de produção de azeitona.....	78
Tabela 14 - Impactes ambientais referenciados à UF tonelada de azeitona.....	79
Tabela 15 - Plano de amostragem de solos na herdade AE2	81
Tabela 16 - Resultados analíticos obtidos nos solos da herdade AE2	81
Tabela 17 - Recomendações de fertilização para olivais em produção integrada ⁽¹⁾	84
Tabela 18 - Custos estimados para a unidade de azoto no composto	85
Tabela 19 – Análise comparativa de custos de adubação N	86

LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ACV – Avaliação de Ciclo de Vida

AICV - Análise de Inventário de Ciclo de Vida

CEP – *Circular Economy Portugal*

CTU – *Comparative Toxic Units*

DGAE – Direção Geral de Atividades Económicas

DGRF – Direção Geral dos Recursos Florestais

EC – Economia Circular

EDIA – Empresa de Desenvolvimento de Fins Múltiplos do Alqueva

EFMA - Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva

EMF – *Ellen Macarthur Foundation*

ENCPE - Estratégia Nacional para as Compras Públicas Ecológicas

ENEAPAI - Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional

ETA – Estação de Tratamento de Águas

GEE - Gases com Efeito de Estufa

GWP – *Global Warming Potential*

H2020 – Horizonte 2020, Programa-Quadro Comunitário de Investigação & Inovação, para o período 2014-2020

ICNF – Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas

IED (Diretiva) – Diretiva das Emissões Industriais (Diretiva 2010/75/EU)

IPPC (Diretiva) – Diretiva para a Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (Diretiva 2008/1/CE)

ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade

LER – Lista Europeia de Resíduos

MOR – Mercado Organizado de Resíduos

NACE – Nomenclatura de Atividades Económicas

OEN – Organizações Europeias de Normalização

PAYT – *Pay-As-You-Throw*

PIB – Produto Interno Bruto

PME – Pequenas e Médias Empresas

RGGR – Regime Geral de Gestão de Resíduos

SaaS – *Software as a Service*

SETAC - *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*

SI – Simbiose Industrial

SIRAPA - Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente

SPIRE – *Sustainable Process Industry Through Resource Efficiency*

TRL – *Technology Readiness Level* (Nível de Prontidão Tecnológica)

UE – União Europeia

UF – Unidade Funcional (ACV)

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

URSA – Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva

USBCSD – *United States Business Council for Sustainable Development*

VAB – Valor Acrescentado Bruto

WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Projeções do *World Resources Institute* e do Painel Internacional para a Gestão Sustentável dos Recursos da UNEP indicam que em 2030 seremos 5 mil milhões de pessoas no planeta e, em 2050, 9.7 mil milhões. Este cenário de aumento de população mundial, aliado à crescente qualidade de vida, implicará necessariamente um aumento da procura de bens e conseqüente aumento da extração de materiais. Em 2050, em média, cada habitante irá usar mais 70% de materiais do que necessitava em 2005. Esta tendência colide com as projeções para finitude de vários recursos naturais.

É neste contexto de crescente escassez e conseqüentemente de crescente necessidade de utilização mais eficiente dos recursos naturais, que se intensifica, sobretudo na última década, a discussão pública e as estratégias em torno da Economia Circular.

Ciente da dependência externa da Europa de muitos recursos naturais fundamentais à indústria europeia e ao funcionamento da nossa economia, a Comissão Europeia tem vindo a desenvolver estratégias com vista a uma maior autonomia, num contexto de desenvolvimento sustentável. Exemplos paradigmáticos desta estratégia são o Roteiro para uma Europa Eficiente na Utilização de Recursos (2011) e a Comunicação “Fechar o Ciclo – Plano de Ação da UE para a Economia Circular” (2015).

O tema economia circular está na ordem do dia. Nos últimos anos tem sido intensa a discussão pública sobre a necessária transição para este novo paradigma, sobre os desafios e potenciais benefícios para as empresas e para a economia da União. A UE e vários Estados Membros, incluindo Portugal, definiram os seus Planos de Ação para esta transição. Contudo, paralelamente a esta discussão pública, é fundamental implementar projetos concretos no terreno e também aprender com as iniciativas já em curso, por forma a promover um debate informado, com a conseqüente criação de políticas e regulamentação facilitadoras. O progresso far-se-á necessariamente pelo conhecimento e disseminação dos benefícios associados a projetos concretos, por forma a informar e sensibilizar as partes interessadas e gerar *momentum*.

Neste sentido, o objetivo desta dissertação é o de analisar as principais barreiras e conseqüentemente os principais incentivos à implementação alargada de um dos principais modelos de negócio da Economia Circular - a Simbiose Industrial. Através da apresentação, análise e quantificação dos benefícios associados a um projeto concreto de simbiose industrial, o projeto URSA – Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva, pretende-se também contribuir para este debate público e para a criação de novas sinergias de Simbiose Industrial.

1.2. Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos. No presente capítulo, fez-se a introdução ao tema, sua pertinência, bem como a definição dos objetivos da dissertação.

No capítulo 2 realiza-se uma revisão de literatura em simbiose industrial, apresentando-se os princípios e fundamentos deste modelo económico, assim como a sua importância no contexto da necessária mudança para o paradigma económico circular. Apresentam-se igualmente casos de sucesso implementados a nível nacional e internacional.

No capítulo 3 aborda-se a implementação da simbiose industrial na indústria, nomeadamente as diversas ferramentas, métodos e guias metodológicos que recentemente têm vindo a ser desenvolvidos com o objetivo de suportar tecnicamente os industriais e outras partes interessadas (consultores, academia, autoridades) na identificação e análise de oportunidades de simbiose.

No capítulo 4 realiza-se uma análise detalhada às principais barreiras existentes à adoção de projetos de economia circular e simbiose industrial, com base numa forte componente de auscultação às partes interessadas. Com base nas barreiras identificadas, são descritos os principais incentivos de natureza legal, económico-financeira, tecnológica e social assim como descritos os papéis dos vários agentes.

No capítulo 5 apresenta-se um caso de estudo de simbiose industrial recentemente implementado em território nacional, o projeto URSA, efetuando-se o enquadramento da necessidade do mesmo no contexto da região, caracterização da unidade e do modelo de negócio, a análise dos principais incentivos associados, a avaliação dos respetivos benefícios ambientais e económicos, apresentando-se igualmente recomendações para a evolução do projeto e necessidades de futura investigação e desenvolvimento.

Por último, o capítulo 6 sintetiza as considerações finais que emergem da realização da presente dissertação.

2. REVISÃO DE LITERATURA EM SIMBIOSE INDUSTRIAL

2.1. Princípios e Fundamentos

A simbiose industrial (SI) constitui uma abordagem sistémica a um sistema industrial integrado e mais sustentável, que identifica oportunidades de negócio baseadas na valorização de recursos subaproveitados, incluindo materiais, energia, água, mas baseadas também no conhecimento e competências, ativos, entre outros (Lombardi & Laybourn, 2012).

Apesar de os movimentos físicos serem o aspeto central da SI, outros fatores como a partilha de conhecimento, experiência, capacidade e logística são igualmente importantes contributos para a promoção de sinergias entre organizações de diferentes atividades e setores. Com efeito, a transação de um determinado tipo de recurso pode despoletar a colaboração noutras áreas, envolvendo outro tipo de recursos, promovendo-se desta forma a criação de redes colaborativas e uma cultura de eco inovação, com novos destinos de valor acrescentado para resíduos e subprodutos e processos industriais técnica e economicamente mais eficientes (Artola *et al.*, 2018).

De acordo com vários autores e considerando o caso particular do aproveitamento de recursos materiais, a SI pode materializar-se quer no aproveitamento interno de desperdícios pelo próprio produtor (SI interna), quer na troca ou partilha com outras empresas recetoras (SI externa) (Fracascia *et al.*, 2016).

Por outro lado, a atividade de SI pode ser classificada em dois grupos: 1) Resultante da interação direta entre atores industriais (*self-organized*); ou 2) Rede gerida por um intermediário ou terceira parte que promove e coordena a atividade (*managed networks*) (Bass, 2011).

Relativamente às redes geridas ou promovidas por terceiras partes, podemos considerar duas tipologias distintas: 2a) Redes ou entidades que cooperam com as empresas e ou indústrias procurando identificar e promover sinergias (p.ex. o NISP – *National Industrial Symbiosis Programme*, financiado pelo governo do Reino Unido foi o primeiro programa de promoção da SI a nível mundial) e 2 b) Redes de SI planeadas, concebidas e implementadas com base em estratégias de captação de empresas e de investimento para um determinado local, normalmente oferecendo serviços e infraestruturas partilhadas (Artola *et al.*, 2018). Incluem-se nesta tipologia os ecoparques industriais.

A figura seguinte ilustra, de forma simplificada, uma rede de simbiose industrial.

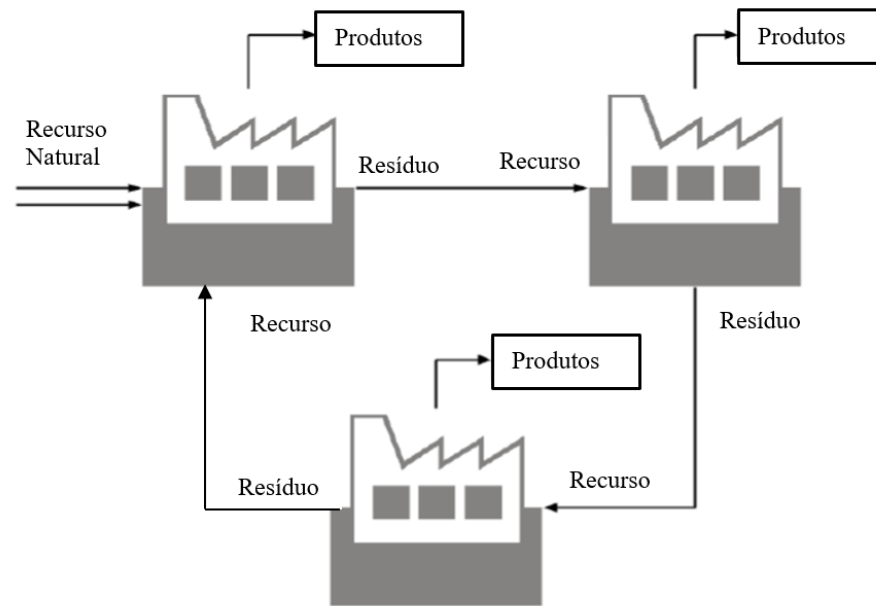


Figura 1 - Ilustração de uma rede de Simbiose Industrial (Artola et al., 2018)

As sinergias associadas a processos de SI podem ser classificadas em três tipologias: (i) substituição; (ii) mutualização e (iii) massificação (Quintana et al., 2019). Uma determinada sinergia pode ser a combinação de duas ou três tipologias.

As sinergias de substituição, por analogia aos ecossistemas naturais, baseiam-se na transformação incremental e/ou no fornecimento de qualquer tipo de recurso (resíduos, subprodutos, energia, etc.) gerado por um dador em recursos com valor para um recetor, ocorrendo transferência da propriedade do recurso e responsabilidades subjacentes. Este tipo de sinergia pode ser direta, se o fluxo em apreço for utilizado diretamente pelo recetor sem qualquer transformação ou recorrendo a pré-tratamento com processos físicos/tecnológicos muito simples (p.ex. trituração, peneiração); ou indireta, se o fluxo ou recurso necessitar de modificação ou tratamento previamente à utilização final (p.ex. extração, separação, purificação, etc.) (Quintana et al., 2019).

As sinergias de mutualização baseiam-se na partilha de recursos materiais, infraestruturas e mesmo recursos humanos. Exemplos incluem a partilha de equipamento, viaturas ou aluguer de espaços.

As sinergias de massificação correspondem a redes colaborativas de vários *stakeholders* criadas para gerar economias de escala e ou massa crítica, incluindo como exemplo, acesso a serviços/tecnologia que de outra forma seriam mais onerosos ou mesmo incomportáveis para cada uma das empresas (manutenção, segurança,

tratamentos de emissões e resíduos, etc.); redução de custos por via da aquisição em quantidade; criação de mercado para novos recursos, tecnologias ou serviços. De facto, a criação de centrais de tratamento “comunitárias” centralizam resíduos e efluentes de várias fontes e de uma maior área geográfica, aumentando a viabilidade das tecnologias de tratamento associadas e a quantidade de subprodutos passíveis de encaminhamento para valorização.

O desenvolvimento de um processo de SI é descrito na literatura como uma sequência iterativa de cinco diferentes fases: (i) identificação da oportunidade; (ii) análise da oportunidade; (iii) remoção de barreiras; (iv) implementação; e (v) monitorização (Maqbool *et al.*, 2019). Detalha-se em seguida cada uma destas fases:

Fase I - Identificação da oportunidade, ocorre através de três principais fatores: (i) descoberta de um novo processo, por via do desenvolvimento tecnológico, permitindo criar valor a partir de um resíduo ou subproduto previamente eliminado, (ii) compatibilidade de recursos entre potenciais produtores e consumidores (quaisquer recursos como sejam materiais, capacidade, logística, etc.) em setores específicos; (iii) relação de mimetismo, que se refere à identificação de uma oportunidade de SI através da análise de casos já existentes documentados que se relacionam com recursos e processos industriais dos atores envolvidos (Grant *et al.*, 2010).

Fase II – Análise da oportunidade, avalia os potenciais benefícios e desafios associados à sinergia em apreço, nomeadamente a análise de viabilidade técnica, económica e ambiental da sinergia entre os atores envolvidos (Chertow & Lombardi, 2005), incluindo uma avaliação de conformidade da atividade com a regulamentação nacional e local, uma avaliação dos ganhos económicos para cada uma das partes envolvidas, uma avaliação da proximidade geográfica, bem como a avaliação do impacto em termos sociais, nomeadamente captação e geração de emprego.

Fase III – Remoção de barreiras: As barreiras à SI têm sido estudadas e enumeradas por diversos autores, destacando-se, como principais fatores, a falta de compromisso com o desenvolvimento sustentável, falta de informação, dificuldade em gerar confiança e cooperação entre parceiros, inviabilidade técnica, incerteza e dificuldades colocadas pela regulamentação, falta de consciência da comunidade e, por fim, inviabilidade económica (Golev *et al.*, 2015). Algumas destas barreiras necessitam de ser tratadas ou resolvidas ao nível interno da organização, outras entre as partes diretamente envolvidas e outras ainda são alheias aos atores envolvidos, sendo que neste último caso o recurso a uma terceira parte poderá alavancar e remover barreiras (Paquin & Howard-Grenville, 2012).

Fase IV – Implementação. Após remoção das barreiras, deverá ser tomada a decisão de implementação da sinergia entre as indústrias envolvidas. A implementação operacional não pode ser dissociada da abordagem de gestão. Assim, deverá previamente definir-se qual o melhor modelo de negócio, i.e., se a sinergia será uma interação direta entre atores industriais (*self-organized*), ou se será facilitada ou gerida por uma terceira parte, como seja um gestor de parque industrial ou um facilitador de SI (consultor), que neste ultimo caso atuará como intermediário promovendo e gerindo a cooperação (Grant *et al.*, 2010).

Fase V – Monitorização: É fundamental a monitorização em contínuo da sinergia para assegurar estabilidade e viabilidade da sinergia, a otimização gradual do processo e quantificação dos benefícios. A disseminação e comunicação de resultados, quer dentro das organizações envolvidas, quer para o exterior ajudará a promover o alargamento de redes de SI, na medida em que permitirá gerar valor, aumentar o conhecimento documentado em SI e implementar de forma alargada a SI através da identificação de oportunidades por parte de outros atores (Grant *et al.*, 2010).

Deve referir-se que a SI não consiste apenas numa troca ou partilha de um recurso. Deve ser considerada como um novo processo de criação de valor, para todas as partes envolvidas (Quintana *et al.*, 2019):

$$V_{\text{sinergia}} > \Sigma V_{\text{independente}}$$

O valor gerado pela implementação de uma sinergia de SI pode ser diferente em função das partes envolvidas ou dos *stakeholders* considerados. Poderá ser positivo (aumento de vendas) ou negativo (perda de atividade), tangível ou intangível e de diferente natureza, i.e, económica (aumento de proveitos ou redução de custos), ambiental (redução de emissões) e social (criação de emprego, novas competências, etc.).

Existem diversos estímulos ou fatores determinantes para a emergência ou implementação de iniciativas de SI. De entre estes destacam-se: (i) A complementaridade das atividades industriais no que se refere à necessidade de recursos; (ii) Um quadro legal adequado e favorável centrado na prevenção da poluição, no princípio do poluidor pagador e em incentivos à SI; (iii) A confiança entre partes envolvidas, na medida em que reduz o risco e incerteza associada à sustentabilidade da parceria e é fator essencial para a criação de estruturas colaborativas; (iv) A reciprocidade que, aliada à confiança, assegura que a cooperação é mutuamente benéfica para todos os envolvidos; (v) A iniciativa e interação direta entre as partes interessadas, na medida em que o envolvimento no processo dos *stakeholders* chave e especialmente da industria é essencial e (vi) A proximidade

dade geográfica, que evita custos de transporte e outros custos associados, para além de permitir uma comunicação mais facilitada (Rahman *et al.*, 2016). Os atuais incentivos à SI são analisados e listados em maior detalhe na secção 4.

2.2. A importância da SI no contexto da Economia Circular

Vivemos há décadas num modelo económico linear baseado na extração de recursos naturais, que processamos e transformamos em produtos, que depois vendemos e que, após a sua vida útil, descartamos. E esta lógica é válida para qualquer produto ou infraestrutura. A economia global funciona à razão de 65 mil milhões de toneladas de materiais extraídos ao ano. Com o PIB global em crescimento, a redução da população em pobreza extrema, as melhores condições de vida e o crescimento da população mundial, estima-se que em 2050 a quantidade de materiais extraídos anualmente seja mais do dobro. Em média, cada habitante irá usar mais 70% de materiais do que necessitava em 2005 (Grupo Interministerial Economia Circular, 2017).

É, pois, urgente a transição do atual modelo económico linear para um novo paradigma, a economia circular, modelo de desenvolvimento sustentável assente no crescimento económico dissociado da extração e consumo de recursos naturais virgens; otimizando fluxos de bens, maximizando o aproveitamento dos recursos por via da sua manutenção, pelo maior tempo possível, no sistema de produção e consumo, simultaneamente reduzindo o impacto ambiental e as pressões sobre o ecossistema.

A economia circular é um modelo que se baseia no desenvolvimento e aplicação de estratégias – tecnológicas, de produto, de serviço, de utilização – que incentivam a reutilização contínua dos materiais no seu potencial produtivo máximo, em ciclos energizados por fontes renováveis (Grupo Interministerial Economia Circular, 2017).

Os princípios deste novo paradigma são (i) a preservação do capital natural e o controlo de *stocks* finitos através do recurso a renováveis; (ii) manter os produtos e materiais em circulação na economia, no seu valor mais elevado, pelo maior tempo possível (iii) identificar e mitigar externalidades negativas, como sejam a poluição e seus efeitos nos ecossistemas e na saúde humana (EMF *et al.*, 2015).

A ideia de fecho de ciclo, traduzida na figura seguinte, está no coração da economia circular. Num ciclo económico (tendencialmente) fechado, o desperdício não existe: os bens são reparados e reutilizados em vez de descartados, as matérias-primas provêm da reciclagem em vez da extração, e assim por diante (CEP, 2019).

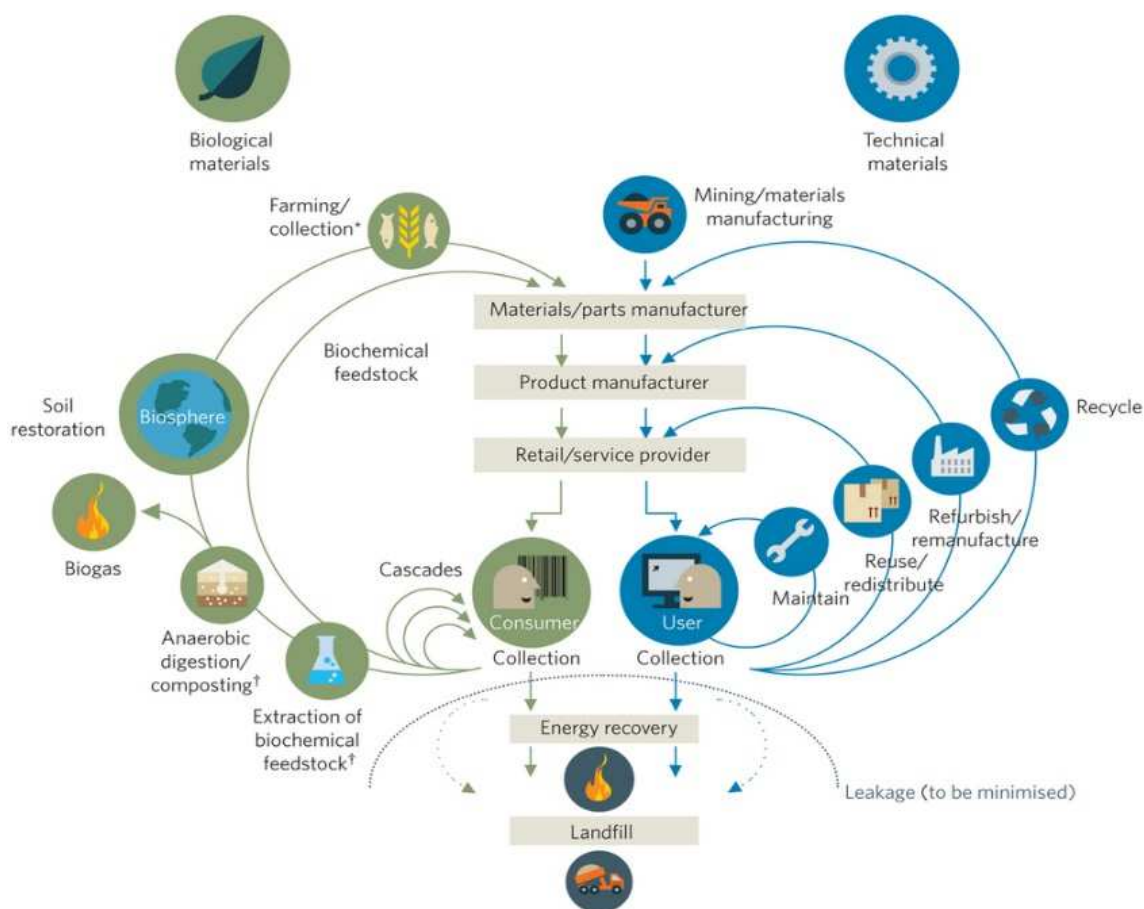


Figura 2 - Ilustração do modelo económico circular (EMF et al., 2015)

A intenção não passa apenas por prolongar o ciclo de vida de produtos e componentes, mas também de abordagens que permitam regenerar recursos (p.e. água, nutrientes) ou utilizar mecanismos biológicos como um serviço (p.e. controlo de pragas). Reduzimos assim a dependência da extração ou importação de materiais não renováveis, as emissões e os resíduos. O conceito da economia circular constitui, portanto, uma oportunidade para desenvolver soluções para lá da reciclagem “tradicional”, ao longo de toda a cadeia de valor e com ganhos transversais: para a empresa, a cidade ou região.

Ciente da sua dependência de importações de matérias-primas, com apenas 9% de capacidade interna para 54 dos materiais essenciais (Comissão Europeia, DG ENTR, 2015) e com a procura sujeita a uma pressão cada vez maior, a União Europeia foi pioneira no desenvolvimento de várias estratégias e políticas com vista à integração dos princípios da economia circular, particularmente no que se refere à eficiência no uso de recursos, gestão de resíduos e política de produto (*ecodesign*, rótulo ecológico, etc.). Exemplos desta estratégia

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

européia são a Iniciativa emblemática da Estratégia Europa 2020 – “*Uma Europa eficiente em termos de recursos*” (Comissão Europeia, 2011) e a Comunicação “*Fechar o ciclo – plano de ação da UE para a economia circular*” (Comissão Europeia, 2015) que estabelece linhas de orientação e medidas para a transição para uma economia circular na Europa.

Tal como já referido, a SI consiste na incorporação de recursos e materiais já mobilizados na economia (desperdícios, subprodutos, resíduos) noutros processos produtivos, com vista a reduzir o consumo de matérias-primas virgens, contribuindo, portanto, para a valorização contínua de materiais, a proteção do capital natural e a ecoeficiência. Assim, a SI é considerada um dos modelos de negócio que materializa o conceito de economia circular.

Em Portugal, a promoção da economia circular e, portanto, da SI, assume particular relevância uma vez que o país apresenta uma baixa produtividade em termos do uso de recursos, quando comparado com os restantes Estados Membros (BCSD Portugal & 3Drivers, 2018). O nosso metabolismo é lento, na medida em que é uma economia tendencialmente cumulativa em materiais: extrai e importa mais matérias-primas do que exporta produto acabado, acumulando o restante em “*stock*”, sobretudo do tipo imobiliário (p.e. edifícios, infraestruturas).

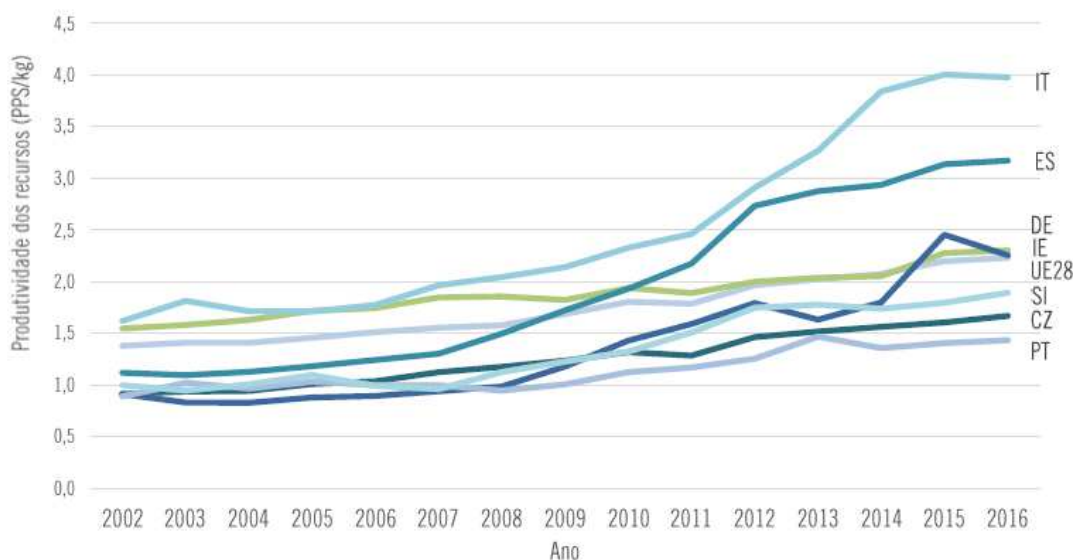


Figura 3 - Evolução da produtividade dos recursos em diferentes Estados-Membros

Em Portugal (2015), as matérias-primas representam 53% dos custos da indústria transformadora, 42% da agricultura, 37% do setor da energia – uma redução em 30% da Entrada Direta de Materiais por via da eficiência e produtividade, ao longo da cadeia de valor, poderia conduzir a um aumento no VAB de €3,3 mil milhões (Grupo Interministerial Economia Circular, 2017).

De acordo com o estudo do BCSD Portugal, Sinergias Circulares, Portugal elimina cerca de um milhão de toneladas de resíduos anualmente (2015). Caso estes resíduos fossem geridos através de SI, obter-se-ia uma redução estimada de 5,5 milhões de toneladas de extração doméstica (materiais extraídos anualmente em território nacional). Na dimensão social e económica, a tradução direta dos consumos intermédios evitados é de 165 milhões de euros, cuja disponibilização para aumento da procura final poderá gerar 32 milhões de euros em VAB e 1300 novos empregos.

Consistente das oportunidades de melhoria com vista a uma maior eficiência no uso dos recursos, e maior circularidade da economia, Portugal tem vindo a desenvolver esforços consideráveis na sua política ambiental, tendo estabelecido várias estratégias e políticas neste domínio, como sejam o Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU 2020), Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR), ou o Compromisso para o Crescimento Verde. Mais recentemente, em dezembro de 2017, é publicado o Plano Nacional de Ação para a Economia Circular (PAEC 2017:2020), que estabelece uma série de objetivos e ações para a promoção de uma maior eficiência no uso de recursos na economia portuguesa e onde o estabelecimento de redes de SI se apresenta como uma das áreas de intervenção prioritária, sobretudo ao nível regional. Com efeito, existe no PAEC uma ação específica que pode envolver a criação de redes de SI (ação 5) com o objetivo de i) aumentar a introdução de matérias-primas secundárias na economia, ii) diminuir a produção de resíduos, iii) reduzir custos de contexto às empresas e iv) reduzir a extração de recursos naturais.

2.3. Pioneiros e casos de sucesso

Kalundborg, na Dinamarca, é considerado o modelo pioneiro, e o exemplo paradigmático, de simbiose industrial que tem vindo a evoluir gradualmente desde 1962 quando se iniciou a parceria entre o município de Kalundborg e a empresa Esso (atual Statoil) no fornecimento de água (ECO.NOMIA, 2019). Desta cooperação inicial foram surgindo ligações mais estreitas. A proximidade física, assim como a volatilidade e custo dos materiais e energia, facilitou os contactos e resultou num espírito colaborativo entre empresas, cooperando, comprando e vendendo resíduos entre si, num ciclo fechado de produção industrial.

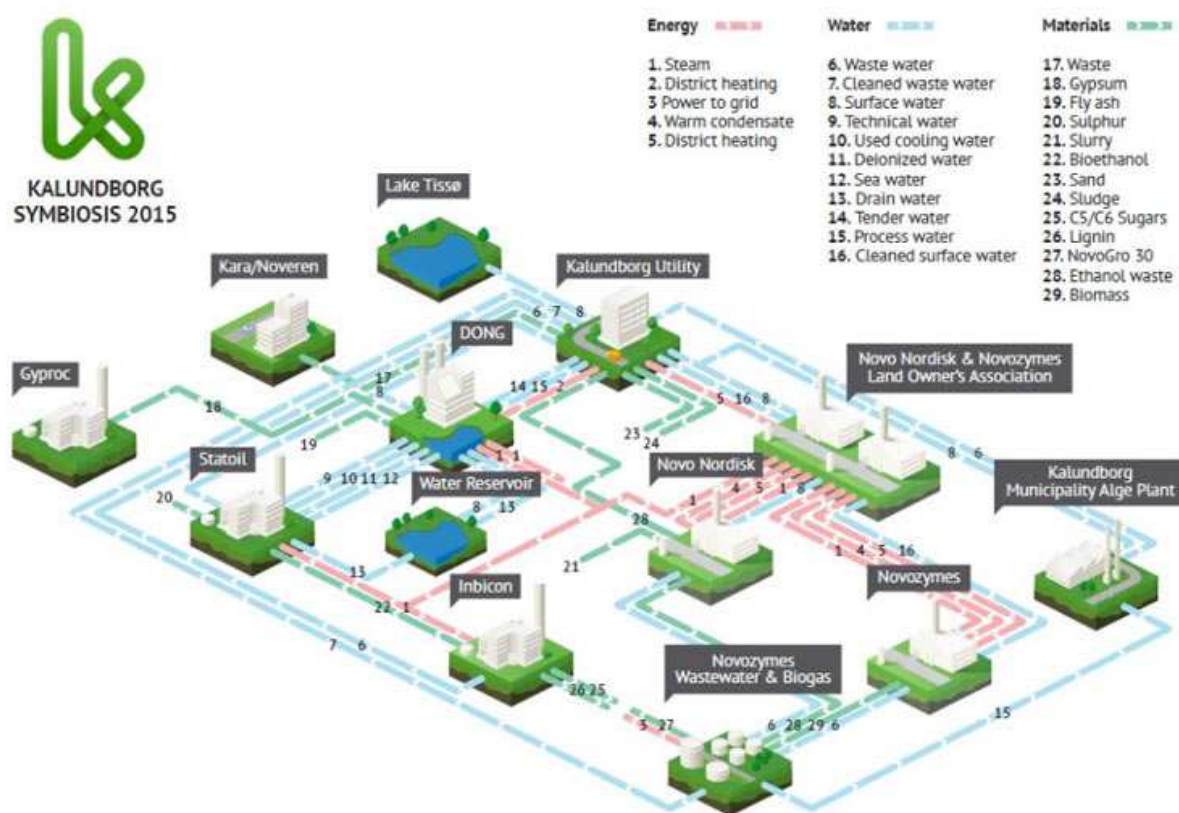


Figura 4 - Esquema da rede de SI em Kalundborg, Dinamarca (ECO.NOMIA, 2019)

Atualmente são identificadas mais de 30 trocas de água, energia e outros subprodutos entre o município de Kalundborg e outras 7 entidades (Novo Nordisk, Novozymes, Gyproc, Dong Energy, Statoil, Kara/Novoren, Kalundborg Forsyning A/S) (ECO.NOMIA, 2019). Após a emergência de Kalundborg, várias sinergias entre indústrias têm sido reveladas e iniciadas em 27 países e mais de 300 eco parques industriais, mostraram já grande potencial de desenvolvimento da SI (Rahman *et al.*, 2016). Alguns exemplos incluem os parques de Estíria na Áustria, o Porto de Roterdão na Holanda, os parques de Kwinana e Gladstone na Austrália e as Áreas de Desenvolvimento Tecnológico e Económico de Fuzhou, Xi'an e Tianjin na China (ECO.NOMIA, 2019).

Outro exemplo emblemático de SI é a *British Sugar*, uma das maiores refinarias de açúcar no Reino Unido que tem crescido apoiada na utilização de práticas de SI e na negociação dos seus subprodutos com várias outras indústrias, como por exemplo empresas no setor da construção, da produção de alimentação animal,

cosméticos, agroindústria, biocombustíveis e bebidas. A Figura seguinte ilustra o modelo simbiótico implementado (Short *et al.*, 2014).

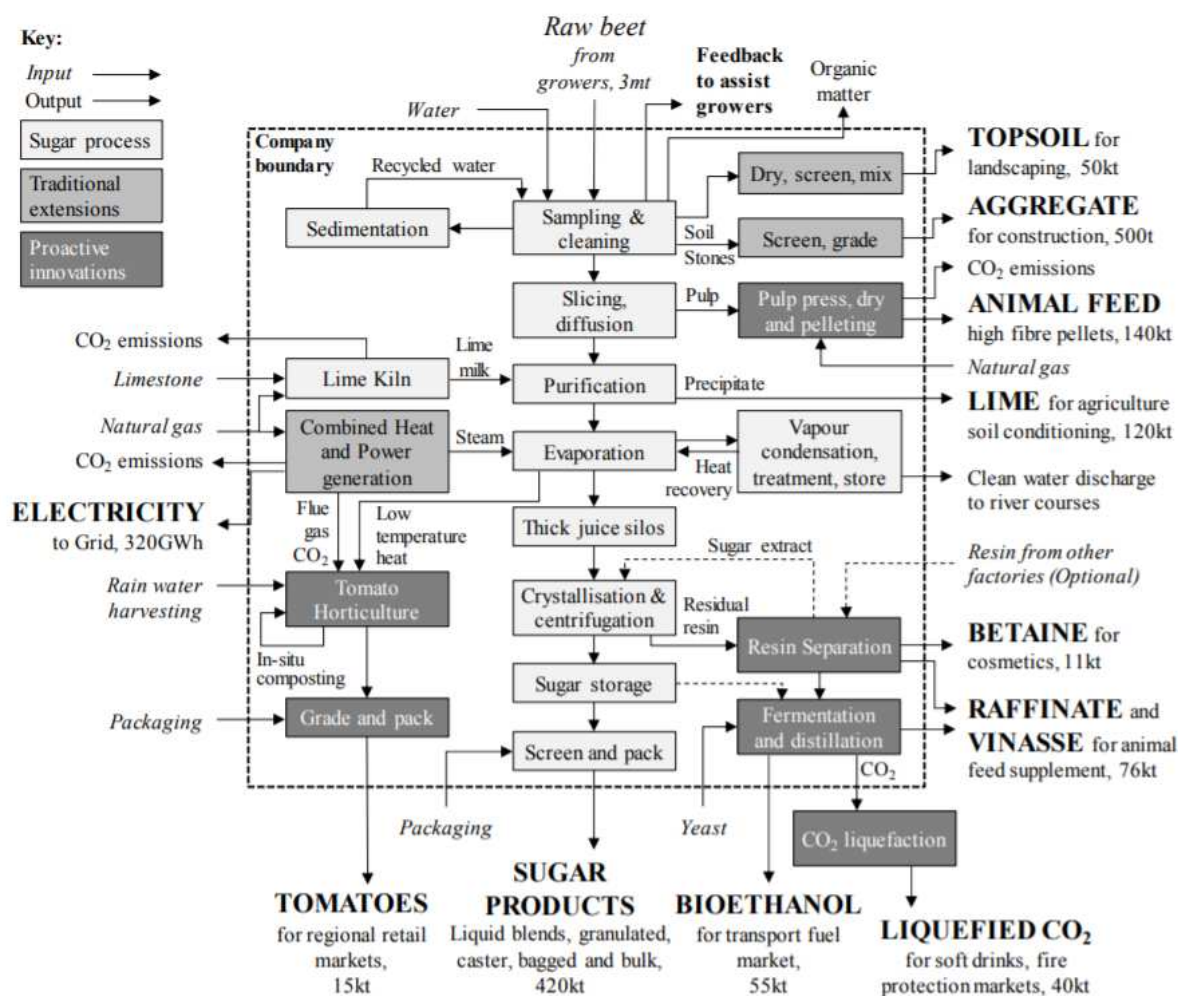


Figura 5 - Fluxograma de processo da fábrica da British Sugar (dados em toneladas)

A estratégia da *British Sugar* foi em parte impulsionada por condicionantes como a gradual abertura do mercado do açúcar do Reino Unido ao mercado global, passando a competir com açúcar produzido a baixo custo por países em desenvolvimento. A proteção ambiental tornou-se um incentivo à SI numa fase posterior. Esta empresa começou por aplicar práticas de SI intra empresa e apenas posteriormente com outras empresas e tem procurado alternativas para os seus resíduos para encontrar possíveis modos para os valorizar.

Em Portugal, os exemplos mais emblemáticos são o Parque Industrial de Estarreja e o Eco Parque do Relvão, na Chamusca. Este último foi criado e desenvolvido em 2005, tendo o respetivo planeamento e dinamização sido apresentado em março de 2007 com o objetivo de capitalizar a experiência técnica local em matéria de

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

gestão de resíduos, o bom enquadramento geográfico assim como oportunidades emergentes de âmbito regional, nomeadamente a localização dos CIRVER.

Em maio de 2015, estavam integradas no projeto do Eco Parque do Relvão 29 empresas, 12 das quais em operação, seis em construção e oito em projeto, distribuídas por quatro fases de expansão, abrangendo cerca de 200 hectares de terreno (BCSD Portugal & 3 Drivers, 2018).

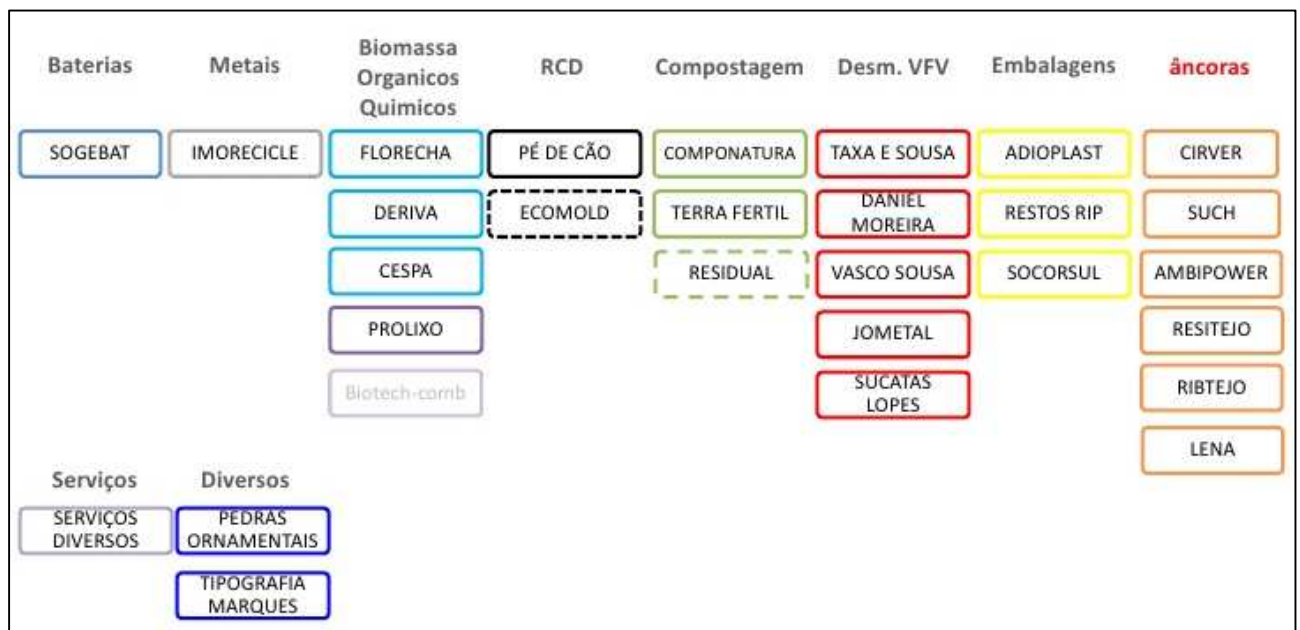


Figura 6 - Representação Esquemática das empresas localizadas no Eco Parque do Relvão (Costa, 2009)

3. IMPLEMENTAÇÃO NA INDÚSTRIA

3.1. Mudar o paradigma: percecionar o resíduo como recurso

O modelo económico linear conduziu à definição de resíduo como algo descartável, que o respetivo produtor se pretende desfazer, assumindo-se como inevitável o respetivo custo de gestão e encaminhamento para destino final, em conformidade com a legislação e sem qualquer preocupação com o seu potencial valor intrínseco enquanto recurso.

Por forma a materializar o conceito de economia circular, é, pois, necessário promover uma cultura empresarial preocupada com a produtividade dos recursos, através do desenho de produtos e serviços que se mantêm em circulação na economia no seu valor mais elevado e por um maior tempo possível, integrando, sempre que tal seja viável, o uso de recursos regenerativos (p.e. biomateriais, fontes renováveis de energia). Por outro lado, é fundamental criar uma cultura de inovação sistémica nas empresas, entendida como a inovação que procura responder a um desafio da sociedade através de uma transformação que afete, simultaneamente, as dimensões económica, social e ambiental.

Por forma a reincorporar recursos ou materiais já mobilizados na economia em processos produtivos, será então necessária uma mudança de paradigma. O resíduo deve ser percecionado como um recurso com valor quer pelo próprio produtor, quer por potenciais utilizadores, devendo estabelecer-se a comunicação entre ambos, por forma a materializar a simbiose industrial. Esta mudança de paradigma nas empresas constitui um processo de transformação e inovação do negócio que é naturalmente gradual.

Tome-se como exemplo a empresa *British Sugar*, exemplo emblemático de simbiose industrial já referido na seção.2.3. O crescimento da empresa nas últimas décadas foi marcado pela diversificação do negócio através do aproveitamento de diversos subprodutos e desperdícios. Tal como em todas as organizações, o processo de incorporação dos princípios da sustentabilidade na estratégia da empresa decorreu de forma gradual, tendo-se baseado num processo de três fases, conforme se ilustra na figura seguinte. A primeira fase corresponde à existência de uma estratégia de negócio baseada na redução de custos por via da eficiência e produtividade; a segunda fase corresponde a uma incorporação gradual dos princípios da ecologia industrial na estratégia da empresa com vista a reduzir a produção de resíduos e procurar criar valor a partir destes; a terceira fase caracteriza-se pelo reconhecimento da sustentabilidade como pilar fundamental e inevitável da estratégia e pela redefinição do atual modelo de negócio no sentido de incorporar os princípios da ecologia industrial, com vista à autossuficiência e zero emissões.



Figura 7 - Transição para a sustentabilidade: o exemplo da British Sugar (Short et al, 2014, adap.)

Por forma a sensibilizar e apoiar as empresas nesta transição, existem atualmente diversos incentivos que são detalhadamente descritos na secção 4. Existem também atualmente diversas metodologias e ferramentas de apoio às empresas na identificação de oportunidades de SI, assim como na análise de viabilidade e impacto das mesmas. Estas metodologias descrevem-se de seguida.

3.2. Ferramentas para implementação de potenciais sinergias

Existem atualmente diversas ferramentas e metodologias que permitem apoiar a indústria e outras organizações nas várias fases de implementação de um processo de SI a saber: (i) Repositórios e bases de dados; (ii) Ferramentas informáticas para identificação de novas sinergias e (iii) Guias metodológicos.

3.2.1. Repositórios e Bases de Dados

Os repositórios de conhecimento constituem bases de dados que estão, muitas delas, disponíveis publicamente e podem ser consultadas por qualquer indústria ou organização interessada em conhecer potenciais destinos finais alternativos para os seus excedentes. Estes repositórios incluem: (i) bases de dados de oferta e procura de resíduos ou recursos numa determinada área geográfica, (ii) bases de dados de serviços de gestão de resíduos disponíveis numa dada área geográfica e (iii) bases de dados contendo informação relativa a sinergias ou processos de SI em curso.

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

No caso das bases de dados de tipo iii, a identificação de potenciais sinergias é assim efetuada pelo mecanismo de “*relationship mimicking*”, que envolve a replicação de sinergias bem-sucedidas por organizações semelhantes (Holgado & Evans, 2016). Estas bases de dados têm, contudo, algumas limitações, uma vez que incluem geralmente sinergias criadas no âmbito de um processo ou localização geográfica muito específica, o que compromete a seu âmbito de abrangência ou aplicação. Na tabela seguinte apresenta-se uma compilação de algumas das mais conhecidas bases de dados atualmente disponíveis para apoio na fase inicial de um processo de SI, a identificação da potencial sinergia.

Recentemente Maqbool *et al.* efetuou uma avaliação das atuais ferramentas disponíveis para suporte às organizações nas várias fases de um processo de SI. As principais ferramentas identificadas e respetiva classificação em termos de aplicabilidade a cada fase do processo (fases já descritas na secção 2.1) apresenta-se na tabela seguinte, adaptada (Maqbool *et al.*, 2019). Como se pode constatar, muitas destas ferramentas encontram-se em desenvolvimento no âmbito de projetos financiados pela União Europeia.

Tabela 1 - Bases de dados de apoio à implementação de processos de SI

Nome	Estado	Público Alvo	Data	Fase do Processo SI ⁽¹⁾				
				i	ii	iii	iv	v
SimbioGIS	Inoperacional (não atualizado)	Responsáveis Planeamento Urbano	2007	3	3	2	1	1
Presteo / LGCD		Indústria	2010	3	1	1	1	1
Nova light		Produtores de resíduos	2010	3	1	1	1	1
eSymbiosis		Indústria	2014	3	1	1	1	1
IT tool (projeto Locimap)		Gestores de parques	2014	1	3	2	1	2
Resource-eXange-Platform (projeto ZEROWIN)		Público	2015	2	1	1	1	2
SMILE Resource Exchange Platform		Operacional	Facilitadores	2013	3	1	2	1
iNex platform	Facilitadores e Indústria		2014	3	2	1	1	2
Italian Platform for IS	Facilitadores e Indústria		2015	2	1	2	1	1
CIRCULATOR	Público		2017	1	1	3	1	1
SymbioSys	Público		2018	3	2	1	1	1
Synergie (projeto SHAREBOX)	Indústria		2019	3	2	2	2	2
Symbiosis 3.0 (projeto SYMBIOSE BE)	Público		2016	3	1	2	1	1
EPOS toolbox (projeto EPOS)	Em desenvolvimento	Indústria de Processo	2019	3	2	2	1	1
Symby-Net (projeto SIMBIOP-TIMA)		Indústria, Gestores de Parques	2019	2	3	1	1	1

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Nome	Estado	Público Alvo	Data	Fase do Processo SI ⁽¹⁾				
				i	ii	iii	iv	v
MAESTRI platform (projeto MAESTRI)		Indústria	2019	1	3	2	1	1
IT tool (projeto FISSAC)		Gestores de Clusters, Indústria	2020	2	3	1	1	1
BISEPS tool (projeto BISEPS)		Gestores de Parques	2020	3	2	2	1	1
ERMAT tool		Público em geral	2010	3	1	1	1	1

(1) 1: sem ou com pouco foco nesta fase; 2: foco moderado, apoiando alguns aspetos particulares desta fase, mas com principal foco noutra fase; 3: ferramentas com um forte foco nesta fase do processo de SI.

A informação apresentada na tabela anterior não esgota o conjunto de bases de dados e repositórios disponíveis com vista a apoiar a implementação de processos de SI. Outras bases de dados disponíveis a nível global incluem:

- *Recycle Blu*: Ferramenta SaaS desenvolvida para o mercado de resíduos e materiais recicláveis. Dispõe de módulos de apoio à atividade de gestão de inventários e processos de venda de resíduos (<https://www.recycleblu.com>);
- *US Materials Marketplace*: Um projeto do USBCSD, WBCSD e do *Corporate Eco Forum*, com vista a escalar o mercado B2B de reutilização de materiais nos Estados Unidos da América. Este *marketplace* facilita oportunidades de reutilização entre empresas, suportando desta forma a transição para a economia circular (<http://materialsmarketplace.org/>);
- *Marketplace* para resíduos industriais: Mercado *online* para produtos e serviços do setor dos resíduos, principalmente focado no mercado do Reino Unido (<http://wasteindustrymarketplace.com/>);
- *IS Data*: Plataforma de livre acesso destinada à recolha e fornecimento de informação estruturada sobre SI. Fornece informação relativa a boas práticas, contendo *links* a casos de estudo concretos. Cada caso é identificado pelo código NACE das empresas envolvidas e o código LER do resíduo transacionado (<http://isdata.org/>);
- *Marketplace HUB*: Ferramenta para empresas, reguladores e autoridades públicas destinada a estabelecer redes de praticantes de iniciativas de economia circular. Permite aos utilizadores identificarem um *Marketplace* de acordo com a sua localização ou por categoria material. O *Hub* permite também a troca de conhecimento através de casos de estudo e encoraja os utilizadores a contribuir para o *website* através da submissão de novos mercados, casos e melhores práticas (<http://marketplacehub.org/>);

- *Materials Innovation Exchange*: website destinado à compra, venda, doação e comércio de materiais, assim como à partilha de soluções inovadoras, melhores práticas, ideias e ferramentas (<http://www.materialsinnovationexchange.com/>);
- *SymbiOPorto*: Portal *online* de identificação e promoção de SI na Área Metropolitana do Porto, que tem por objetivo concretizar a transação de resíduos entre as empresas desta área geográfica (<https://symbioporito.org/symbioporito/portal/>)

Conclui-se assim que nos últimos anos têm sido realizados vários esforços, por diferentes entidades públicas e privadas, incluindo autoridades estatais, academia e consultoras, por forma a criar bases de dados que podem suportar a indústria no seu caminho para a implementação de processos SI.

3.2.2. Ferramentas para identificação de novas sinergias

Se as ferramentas descritas na secção anterior suportam a identificação de potenciais sinergias com base em casos de estudo já identificados ou documentados, existem outro tipo de ferramentas informáticas de última geração que suportam a descoberta de novas sinergias. Estes tipos de ferramentas podem ser divididos em dois grupos (Quintana *et al.*, 2019):

- (i) O primeiro grupo foca-se nos processos industriais e procura identificar sinergias complexas baseadas numa análise técnico-científica, suportando-se em ferramentas de *software* que permitem a modelação de processos, com recurso a algoritmos de correspondência baseados em equações de balanços mássicos e termodinâmica dos processos. Exemplos deste tipo de ferramentas são, por exemplo a BE CIRCLE, EPOS, RECYTER ou PHOENIX.
- (ii) O segundo tipo de ferramentas aborda praticamente qualquer tipo de recurso através de uma abordagem genérica. Estes *softwares* são normalmente plataformas destinadas a intermediários ou especialistas (e nalguns casos a *end users*), que permitem a recolha de dados e sugerem potenciais correspondências. Dentro deste tipo de ferramenta encontram-se por exemplo as ferramentas ACTIF, iNex ou Upcyclea.

De qualquer forma, não existem ferramentas capazes de fornecer correspondências válidas de forma automática, sendo sempre necessária uma análise humana sistemática.

A principal abordagem para a identificação de sinergias baseia-se numa análise dos materiais e recursos, a sua terminologia e composição físico-química (incluindo identificação dos vários elementos constituintes), com vista a identificar potenciais correspondências entre processos e setores.

Refira-se, a título de exemplo, a metodologia desenvolvida no âmbito do projeto europeu SCALER - *Scaling European Resources with Industrial Symbiosis (H2020 SPIRE 2017-2020)*, que teve por objetivo mapear as 100 sinergias com maior potencial na europa. A abordagem sistemática desenvolvida, baseou-se num processo de duas fases. A primeira fase consistiu numa caracterização prévia dos setores industriais alvo de estudo, com o objetivo de caracterizar e quantificar fluxos de entrada e saída de cada setor e processo, por forma a desenvolver uma base de dados robusta, fiável e representativa. Os dados foram obtidos com recurso a literatura científica e sobretudo por análise aos BREF, documentos de referência das Melhores Técnicas Disponíveis, publicados pela Comissão Europeia no âmbito das Diretivas IPPC (2008/1/EC) e IED (2010/75/EU). A figura seguinte apresenta a metodologia e tipo de informação recolhida, com vista a modelar fluxos de entrada e saída de processos industriais e construir a correspondente base de dados de recursos/elementos/materiais.

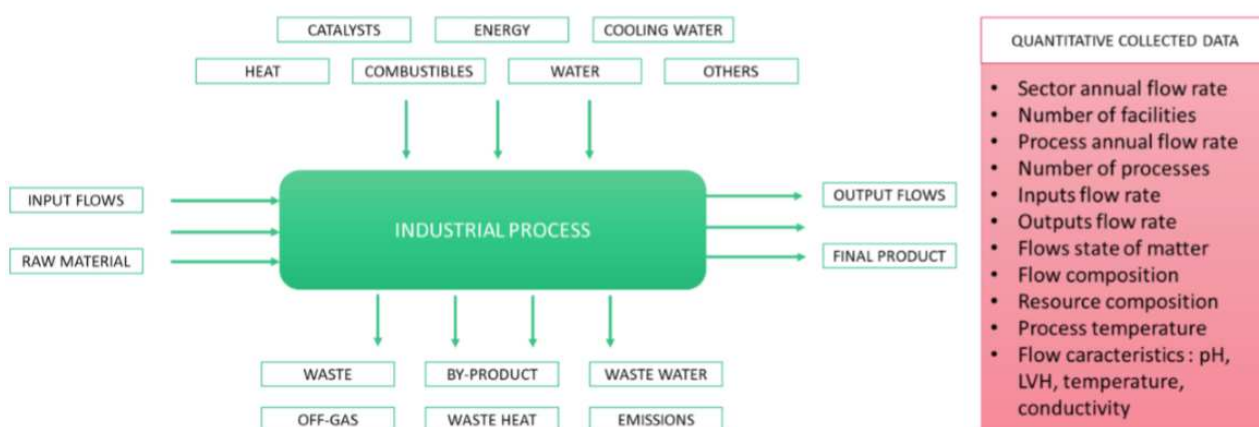


Figura 8 - Balanço mássico prévio dos setores industriais (Quintana et al., 2019)

Após caracterização do balanço mássico dos processos industriais, numa segunda fase foram desenvolvidos algoritmos de correspondência baseados em dados taxonómicos e ontológicos, para a identificação de diferentes tipos de sinergias:

- (i) **CORRESPONDÊNCIA DIRETA DE RECURSOS:** Sinergia diretamente gerada com base no nome de um output (excedente) do setor A e um *input* (matéria-prima) do setor B. Por exemplo, ácido sulfúrico produzido como subproduto do setor industrial A, pode ser utilizado para substituir ácido sulfúrico previamente adquirido no mercado pela indústria do setor B;

- (ii) **CORRESPONDÊNCIA DE ELEMENTOS CONSTITUINTES:** Como se pode observar pela figura, os dados recolhidos para construção da base de dados incluíram a identificação da composição de cada recurso com os seus elementos constituintes. Desta forma, é possível a pesquisa de correspondência por elemento específico. Contudo, esta pesquisa gerou demasiados resultados, pelo que, para o objetivo do projeto (gerar uma lista das 100 potenciais sinergias), a pesquisa focou-se nos elementos críticos, metais de terras raras e outros elementos de elevado valor de mercado;

Existem vários recursos excedentes que são constituídos por vários produtos, como é o exemplo dos banhos dos tratamentos de superfície, constituídos por metais, ácidos e vários outros aditivos químicos. Por outro lado, é comum na indústria o mesmo nome dado a um recurso, referir-se a diferentes materiais/produtos dependendo do setor onde é consumido ou produzido. Estes são desafios para a utilização deste tipo de ferramentas. Uma simples correspondência não irá identificar todas as potenciais sinergias dado este problema de ontologia. Para o efeito, este tipo de ferramentas terá de ser concebido prevendo esta realidade, sendo fundamental que as bases de dados de processos que as suportam sejam o mais detalhadas possível (indo ao nível do elemento constituinte) e representativas dos setores industriais em apreço.

Conclui-se, pois, que estas ferramentas informáticas possuem um grande potencial para identificar oportunidades de SI, numa lógica de *bottom-up*, já que a descoberta de uma potencial sinergia entre dois processos ou setores específicos será naturalmente escalável a todas as indústrias desenvolvendo a mesma atividade. Contudo e como referido, por forma a que este tipo de ferramentas possa ser utilizado em todo o seu potencial, será fundamental harmonizar a ontologia e ou taxonomia dos recursos/materiais entre os diferentes setores de atividade.

3.2.3. Guias metodológicos – o exemplo do T4IS

Recentemente começaram a ser desenvolvidas metodologias e guias de suporte à indústria e organizações com vista a uma orientação estruturada nas várias fases do processo de SI. O *Toolkit for Industrial Symbiosis* (T4IS) desenvolvido no projeto europeu MAESTRI – *Resource and Energy Efficiency for Process Industries* (H2020, SPIRE, 2015-2019), constitui uma abordagem estruturada com vista a perceber o resíduo como recurso, apresentando uma metodologia que permite guiar o utilizador na implementação das fases iniciais de um processo de SI, nomeadamente identificação da oportunidade, análise de viabilidade e construção do modelo de negócio.

O T4IS vem responder à necessidade da existência de métodos e ferramentas de suporte à SI do tipo *self-organized*, ou seja, resultante da interação direta entre atores industriais como referido na secção 1. Constitui um processo autoguiado que as empresas poderão utilizar para identificar resíduos com potencial de exploração e estratégias de criação de valor, conforme se visualiza na figura seguinte.

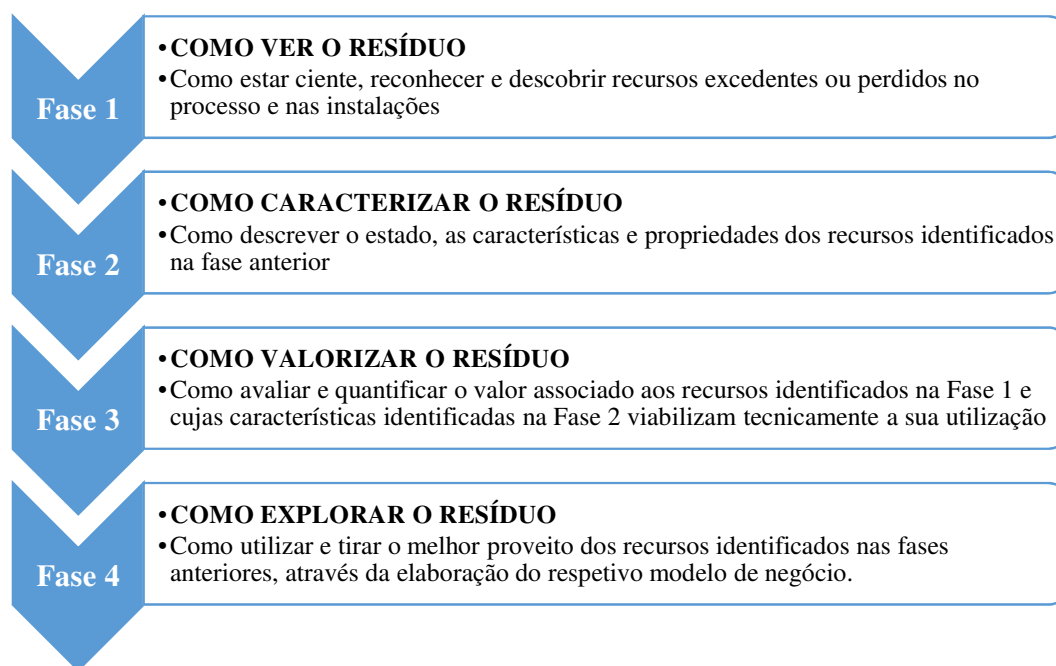


Figura 9 - Fases do Toolkit for Industrial Symbiosis (Holgado et al., 2017)

Esta ferramenta foi desenvolvida tendo como objetivo alterar a forma como as empresas olham para os seus resíduos, passando a reconhecer que tudo tem valor ou potencial para o criar. Desta forma, a metodologia utiliza o termo “*waste resource*” ou recurso excedente, numa tentativa de alterar a perceção de resíduo por parte das empresas e apoiar a mudança de *mindset*.

A metodologia T4IS começa por contemplar um conjunto de resíduos ou subprodutos identificados através de uma análise de valor não aproveitado. O número de recursos em avaliação decrece à medida que se avança nos passos da metodologia. Os recursos mais promissores e os seus potenciais usos são seleccionados ao longo do processo. O último passo é suposto ser realizado individualmente para cada recurso que atinge esta fase. A figura seguinte ilustra como o âmbito de aplicação se estreita, à medida que as decisões são tomadas entre as quatro fases (D1, D2, D3).

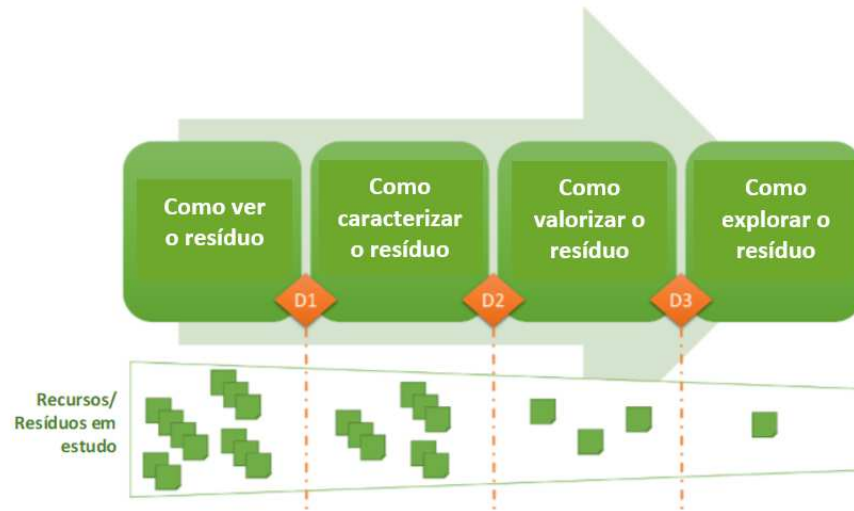


Figura 10 - Abordagem metodológica do T4IS (Holgado et al., 2017)

3.3. Ferramentas e métodos para avaliar a viabilidade económica e ambiental

Nem todas as sinergias de simbiose industrial são sustentáveis, ou mais sustentáveis, relativamente ao cenário *business as usual* dos seus intervenientes. Para a avaliação da viabilidade de um processo de SI, teremos de analisar os aspetos económicos, ambientais e sociais. De facto, tal como já referido anteriormente, a implementação de uma sinergia de SI pode implicar um pré-tratamento simples ou mesmo um processo físico-químico mais complexo, que consumirá recursos (energia, água, outras matérias-primas). Assim, paralelamente a uma avaliação de viabilidade económica, será fundamental avaliar o impacte ambiental da sinergia numa perspetiva de ciclo de vida.

3.3.1. Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

A ACV é uma ferramenta de avaliação que permite caracterizar de uma forma holística os fluxos de materiais, energia e dos potenciais impactes ambientais de um produto em todas as suas fases, desde a extração da matéria-prima, geração de energia, produção de materiais, fabrico, utilização, reciclagem e destino final (*cradle-to-grave*). A norma ISO 14040:2006 define os quatro principais componentes de uma ACV como: (i) objetivo e âmbito; (ii) análise do inventário; (iii) avaliação de impactes; e (iv) a interpretação de resultados, tal como ilustrado na figura seguinte (ISO, 2006).

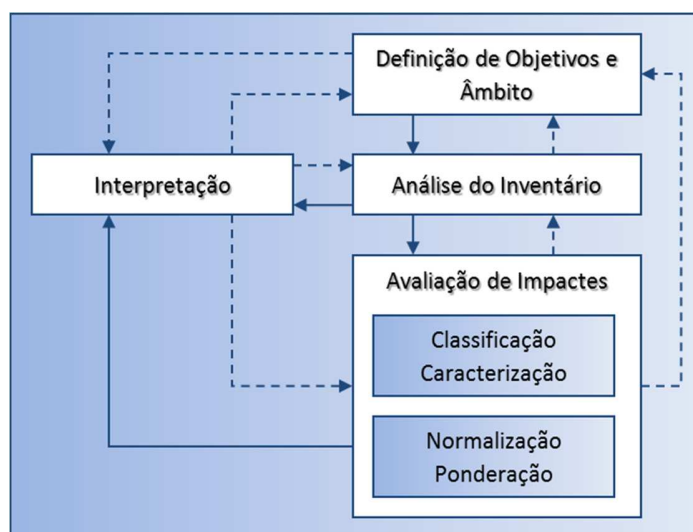


Figura 11 - Representação esquemática das etapas processuais de uma ACV

Uma ACV começa assim com a declaração expressa do objetivo e âmbito do estudo, a unidade funcional, os limites do sistema, os pressupostos e as limitações, os métodos de alocação utilizados, e as categorias de impacto escolhidas. O objetivo e âmbito incluem uma definição do contexto do estudo que explica a quem e como os resultados devem ser comunicados. A unidade funcional é uma unidade quantitativa e corresponde a uma função de referência a que todos os fluxos da ACV estão relacionados. Alocação é o método usado para dissociar a carga ambiental de um processo quando vários produtos ou funções resultam desse processo.

Na análise do inventário um modelo de fluxo do sistema é criado, utilizando dados de entradas e saídas (inputs e outputs). O modelo de fluxo é muitas vezes ilustrado com uma carta de fluxo, incluindo as atividades que vão ser avaliadas, fornecendo igualmente uma imagem clara dos limites do sistema ou fronteiras. Os dados de entradas e saídas necessárias para a construção do modelo (recursos, consumos de energia, emissões para o ar e água ou produção de resíduos), são recolhidos de acordo com o modelo de fluxo definido tendo em conta todas as atividades dentro dos limites do sistema. O processo de cálculo do modelo de fluxo é finalizado com a adaptação dos dados recolhidos à unidade funcional.

Terminada a análise do inventário, sucede a fase de avaliação de impactes que envolve a tradução dos dados identificados em impactes ambientais. A avaliação de impactes é normalmente um processo que envolve a caracterização quantitativa das cargas ambientais e a avaliação dos seus efeitos no ambiente. Na fase de classificação, os parâmetros de inventário são classificados e dissociados pelas categorias de impacto. Segue-se a fase de caracterização, onde os parâmetros de inventário são multiplicados por fatores de equivalência correspondentes a cada categoria de impacto. Finalmente todos os parâmetros incluídos na categoria de impacto são somados e o resultado da categoria de impacto é obtido.

Muitas ACV terminam com este processo de caracterização, pois corresponde ao último estágio obrigatório de acordo com a norma ISO 14040:2006. No entanto, este estudo envolve igualmente uma etapa de normalização, em que os resultados de cada categoria de impacto são comparados com o impacto global das diferentes categorias. Durante a ponderação, os diferentes impactos ambientais são ponderados entre si para obter um número único (indicador) para o impacto ambiental total do produto, processo ou serviço alvo do estudo.

Por fim, na fase de interpretação os resultados das fases de análise do inventário e avaliação de impactos são resumidos e interpretados. Os resultados desta fase de interpretação correspondem a conclusões do estudo e recomendações a ter em conta. De acordo com a norma ISO 14040:2006, a fase de interpretação deve incluir:

- Identificação de questões significativas para os impactos ambientais;
- Avaliação do estudo, considerando a sensibilidade, integridade e coerência do mesmo;
- Conclusões e recomendações.

De referir ainda que o processo de trabalho de uma ACV é iterativo, conforme ilustrado com as linhas a tracejado na Figura 11. A iteração significa que as informações reunidas numa das etapas posteriores podem causar efeitos numa fase anterior. Quando isso ocorre, a fase anterior e, conseqüentemente, todas as seguintes etapas devem ser reformuladas, considerando as novas informações determinadas.

Resumindo, e adotando uma perspectiva geral, uma ACV avalia o desempenho ambiental de produtos, processos ou serviços ao longo do seu ciclo de vida. Geralmente, o modelo de ciclo de vida inicia-se assim com a aquisição/exploração de matérias-primas e energia que são necessárias para a produção do objeto de estudo. Seguem-se as etapas de processamento, transporte, produção, a fase de utilização e, finalmente, o fim-de-vida. Esta avaliação é finalizada com a identificação quantitativa e qualitativa das etapas definidas em termos de requisitos de energia e materiais, bem como as emissões e resíduos provenientes das mesmas.

A ACV constitui uma metodologia adequada para avaliar os impactos ambientais da simbiose industrial. Houve já anteriores estudos que tentaram utilizar abordagens de ACV para mensurar o impacto de sinergias simbióticas. Como exemplo, refira-se Daddi *et al.*, 2017), que mediu os impactos da SI recorrendo a ferramenta de ACV para realizar a comparação de diferentes cenários em indústrias de curtumes em Itália.

Também o projeto H2020 SHAREBOX propõe a avaliação de impactos da SI através de metodologias de ACV. As categorias de impacto consideradas mais relevantes pelo projeto são: (i) emissões de gases de efeito de estufa; (ii) depleção de ozono; (iii) toxicidade humana; (iv) matéria particulada; (v) radiações ionizantes; (vi) formação ozono fotoquímico; (vii) acidificação; (viii) eutrofização; (ix) eco-toxicidade; (x) uso do solo; (xi) depleção de recursos naturais (Sharebox, 2019). Naturalmente que a seleção das categorias de impacto

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

mais adequadas a cada sinergia em particular dependerá das especificidades da mesma e dos respetivos impactes ambientais associados.

Refira-se, contudo, que a ACV não considera outros pilares relevantes da SI, nomeadamente os benefícios económicos e sociais. Este constrangimento poderia ser ultrapassado estendendo o âmbito da ACV por forma a incluir, de forma mais abrangente, impactes sociais e económicos, contudo, a grande limitação desta abordagem reside no facto de requerer um nível de detalhe de dados que é geralmente difícil e oneroso de obter.

A metodologia de ACV foi utilizada para determinação dos impactes ambientais associados ao caso de estudo do projeto URSA, apresentado na secção 5.

4. INCENTIVOS À SIMBIOSE INDUSTRIAL

A presente seção apresenta o resultado da análise aos diversos incentivos de natureza económico-financeira, regulamentar, tecnológica e social, que podem promover a implementação de iniciativas de SI. A criação, disponibilização ou o desenvolvimento das ações correspondentes a estes incentivos está dependente da iniciativa e intervenção articulada dos vários *stakeholders*, desde logo, legisladores, autoridades públicas, academia, associações empresariais e naturalmente, das empresas.

A metodologia adotada consistiu na realização de numa revisão bibliográfica relativamente a literatura recente (últimos quatro anos) sobre barreiras, *drivers* e incentivos à SI; na análise de casos de sucesso e na auscultação a *stakeholders*.

No que se refere à auscultação a *stakeholders*, a análise teve por base os resultados obtidos no projeto europeu *SCALER – Scalling European Resources with Industrial Symbiosis*, financiado pelo Horizonte 2020 (Contrato nº 768748), e no Projeto Alentejo Circular – Promover a Economia Circular nas explorações agrícolas e agroindústria do Alentejo, financiando pelo Programa Operacional Alentejo 2020 (Termo de Aceitação nº ALT20-53-2016-08), ambos coordenados pelo Instituto de Soldadura e Qualidade. Foram igualmente analisados os resultados de um inquérito realizado em 2016 pela DG Ambiente da Comissão Europeia, referente às PME Europeias e a Economia Circular.

4.1. Auscultação às partes interessadas

Ao efetuar uma análise aos incentivos à SI, deverá começar-se por considerar os fatores que se encontram a limitar uma mais ampla adoção e utilização de práticas e modelos de negócio circulares. As barreiras à economia circular, têm sido analisadas e podem dividir-se em quatro grandes grupos: barreiras de âmbito cultural, tecnológico, de mercado e regulamentares. A tabela seguinte, adaptada de Kirchherr *et al.*, 2017, detalha as várias barreiras identificadas em cada um destes âmbitos e o respetivo nível de impacto.

Tabela 2 – Barreiras à adoção de modelos circulares

CULTURAIS	TECNOLÓGICAS	DE MERCADO	REGULAMENTARES
Cultura empresarial	Desenho circular	Elevado investimento inicial	Leis e regulamentos limitadores
Disponibilidade para colaborar com a cadeia de valor	Capacidade para entregar produtos remanufaturados de alta qualidade	Financiamento reduzido para modelos de negócio circulares	Compras circulares limitadas
Interesse e consciência do consumidor	Falta de informação, ie nos impactos associados	Matérias-primas virgens com preços baixos	Falta de consenso global
Operando num modelo económico linear	Poucos projetos piloto a larga escala	Normalização	-

Barreiras de impacto elevado

Barreiras de impacto intermédio

Barreiras de impacto reduzido

Conforme se pode constatar pela análise da tabela anterior, o estudo realizado concluiu que as barreiras mais significativas à adoção de iniciativas de economia circular não são tecnológicas, mas sim culturais e de mercado.

Num estudo realizado pela Comissão Europeia envolvendo intermediários de práticas de SI entre empresas, foram identificadas como principais barreiras às práticas de SI o risco e incerteza associado à dificuldade em identificar o custo-benefício e retorno do investimento, a falta de tempo e questões logísticas como os custos elevados de transporte e a dispersão geográfica. O mesmo estudo identifica como razões para o insucesso de práticas de SI um conjunto de falhas de mercado e de sistema:

- Como falhas de mercado destacam-se: (i) incapacidade das empresas em obter lucros expectáveis nas transações realizadas; (ii) falha na obtenção de informação fiável em termos de tecnologia, oportunidades económicas, custos de recursos, etc.; (iii) falta de competitividade dos processos de SI, face a soluções de gestão de resíduos menos onerosas.
- Quanto às falhas de sistema refiram-se: (i) o insucesso em estabelecer a cooperação, ligações e troca de informação; (ii) Incapacidade de adaptação da empresa a alterações estruturais, novas tecnologias ou conceitos organizacionais; (iii) falta de infraestruturas de apoio, tecnologias e sistema logístico desadequado; (iv) Ausência de quadro legal favorável, barreiras políticas (Artola *et al.*, 2018).

É fundamental prosseguir este esforço de auscultação de todas as partes interessadas no que se refere a barreiras e potenciais incentivos à adoção de práticas de SI, trabalho que deverá contemplar as diferentes tipologias de atores, bem como as diferentes realidades territoriais. Os projetos SCALER e ALENTEJO CIRCULAR contribuíram para esta necessidade, analisando estas diferentes realidades, tendo-se obtido os resultados que se apresentam em seguida.

O Projeto SCALER

O Projeto SCALER iniciou em novembro de 2017 com uma duração total de 30 meses. O projeto tem por missão promover a implementação alargada da SI na Europa através da criação de mecanismos para intensificar a aplicação de práticas de simbiose industrial na Europa, através do desenvolvimento de planos de ação e soluções adaptadas às várias partes interessadas: Indústria, Associações industriais e empresariais, Autoridades regionais e nacionais. Com vista a atingir este objetivo, uma das principais atividades do projeto foi a identificação de casos de sucesso, melhores práticas, barreiras e incentivos para promover a SI. A metodologia adotada consistiu na análise a publicações científicas reportando casos de sucesso a nível mundial, em conjugação com o lançamento de um questionário para auscultação às partes interessadas e realização de um *focus group* com especialistas na área da SI. De referir que o foco do projeto é a indústria de processo europeia, particularmente as indústrias abrangidas pela iniciativa SPIRE, nomeadamente os setores do cimento, cerâmica, químico, metais não ferrosos, aço, minerais, água e engenharia.

O inquérito do projeto SCALER foi pensado numa ótica de natureza exploratória, como forma de complementar a informação recolhida nas outras atividades já referidas, não tendo como objetivo gerar dados de natureza estatística para quaisquer dos temas nele incluídos. O inquérito de cariz anónimo e lançado *online*, incluiu um total de 24 questões, algumas de escolha múltipla outras de resposta livre. As questões foram idealizadas pelos parceiros do projeto, suportados na análise prévia de literatura científica e em casos de estudo, tendo incluindo os seguintes temas: estímulos, *stakeholders*, benefícios, relações, tomada de decisão, facilitadores/intermediários, barreiras, incentivos, desafios e ferramentas e tecnologias. No lançamento do inquérito considerou-se relevante criar um entendimento partilhado em torno do conceito de “simbiose industrial” ou “sinergias de recursos”. Para os efeitos do estudo, define-se como a troca ou partilha de recursos (energia, água, capital, resíduos, materiais reciclados, equipamento e infraestruturas) e serviços (utilidades, transporte, formação) entre diferentes processos industriais de diferentes setores.

Dezassete participantes, representando doze setores e oito países (Portugal, França, Alemanha, China, Itália, Israel, Holanda e Singapura) responderam ao inquérito. O nível de participação manifestou-se abaixo das expectativas do consórcio, contudo, apesar de os resultados não serem obviamente representativos dos setores

em apreço (o objetivo não era, como já referido, a recolha de dados estatísticos), a variedade nos setores e países participantes bem como o facto de a maioria destes estar já envolvida em processos de SI, permite tirar algumas conclusões. Das 24 questões totais, apresentam-se os resultados para as que se consideram mais relevantes para o presente trabalho, a saber (Vladimirova *et al.*, 2018):

1. Há quanto tempo está envolvido em sinergias de SI?
2. Como é que a sinergia iniciou? Quem a iniciou? Que problemas tentou ultrapassar com a sinergia?
3. Que aspetos considera dificultarem a tomada de decisão para a adoção de sinergia?
4. Quais as barreiras que estão a impedir o *scale up* das sinergias?
5. Quais são os principais impulsionadores de sinergias de SI?
6. Quais são os principais incentivos para o desenvolvimento e implementação de sinergias?

A *Questão 1- Há quanto tempo está envolvido em sinergias de SI?*, era de resposta múltipla, havendo quatro possíveis respostas: (i) 0 (nenhuma sinergia); (ii) 0-6 meses (nova sinergia); (iii) 6 meses a 3 anos (sinergia em curso); (iv) > 3 anos (sinergia de longo termo considerada prática comercial normal). A maioria dos participantes (56%) estão envolvidos em sinergias de longo termo (> 3 anos), 38% dos participantes estão envolvidos em sinergias em curso (de 6 meses a 3 anos) e apenas 6% reporta a participação numa nova sinergia. Atendendo aos resultados considera-se que, independentemente do baixo número de participantes, o conhecimento e a experiência dos mesmos confere credibilidade ao estudo.

A *Questão 2- Como é que a sinergia iniciou? Quem a iniciou? Que problemas tentou ultrapassar com a sinergia?* era de resposta livre. A grande maioria dos participantes referiu que foi a própria empresa a dar o primeiro passo, sendo normalmente a entidade que possui excedentes para oferta quem promove a iniciativa. Num menor número de casos foi reportado um outro parceiro ou intermediário (consultora, empresa ou universidade) como tendo sido quem iniciou a sinergia. Os principais fatores ou problemas que estiveram na origem da implementação da sinergia são principalmente de origem económica (crescente preço das matérias-primas, criação de novos produtos e entrada em novos mercados, redução de custos operacionais, partilha de custos) mas também ambiental (redução de resíduos, falta de matéria orgânica no solo) e regulamentar (cumprimento de requisitos legais).

A *Questão 3 - Que aspetos considera dificultarem a tomada de decisão para a adoção da sinergia?* era de resposta múltipla, havendo cinco possíveis respostas: (i) demasiadas entidades envolvidas, (ii) grande incerteza relativamente aos possíveis resultados, (iii) dificuldade em definir o âmbito, (iv) falta de um processo de tomada de decisão *standard* (por ex. alocação de capital), adequado para avaliar a decisão, (v) falta de infor-

mação necessária, (vi) outros. A dificuldade mais referida refere-se à existência de demasiadas entidades envolvidas no processo, seguida pela incerteza relativamente a possíveis resultados. Na categoria “outros” foi referida a incerteza relativamente a benefícios económicos, ambientais e regulamentares.

A *Questão 4 - Quais as barreiras que estão a impedir o scale up das sinergias?* Era também de resposta livre, tendo os participantes identificado um conjunto de aspetos que se detalham de seguida que, na opinião dos mesmos se encontram a limitar o *scale up* de sinergias existentes e o surgimento de novas iniciativas:

- Custos de infraestrutura, logística, distâncias entre potenciais parceiros;
- Incerteza relativamente a novos requisitos, necessidades e regulação;
- Legislação atual, desregulação, alterações legais;
- Questões de confidencialidade;
- Falta de incentivos para aumentar a produção, custos elevados de determinados materiais secundários;
- Barreiras regionais: diferentes políticas em diferentes regiões;
- Limitações do negócio e dos próprios processos industriais em termos de capacidade instalada, nível tecnológico e capacidade de receção;
- Dificuldades em encontrar novas fontes de materiais específicos ou encontra-los a preços competitivos;
- Inexistência de plataformas tecnológicas de informação e suporte à identificação de potenciais novas sinergias.

A *Questão 5 - Quais são os principais impulsionadores de sinergias de SI?* era de resposta livre. Os participantes referiram um conjunto de estímulos internos e externos. Como estímulos internos, a experiência, capacidade técnica e recetividade dos colaboradores, o investimento em inovação e a disponibilidade de capital; como estímulos externos, a existência de parceiros disponíveis (confiança entre parceiros), suporte das entidades locais, incentivos, aceitação do mercado para os novos produtos e ou do seu preço final pelo consumidor.

A *Questão 6 - Quais são os principais incentivos para o desenvolvimento e implementação de sinergias?* Era de escolha múltipla com sete respostas possíveis: (i) *Frameworks* legais e regulamentares (e.g. taxas de deposição em aterro); (ii) Regulamentação de parques industriais (ecoparques), (iii) Fundos para cofinanciamento (estado ou outros programas), (iv) Ganhos económicos (criação de valor, redução de custos, etc.), (v) Parceiros e ou intermediários disponíveis, (vi) Motivação técnica, (vii) Outros. Os principais incentivos reportados pelos participantes foram, como se pode constatar na figura seguinte os ganhos económicos, seguidos da existência de parceiros disponíveis e as “pressões” legislativas e regulamentares.

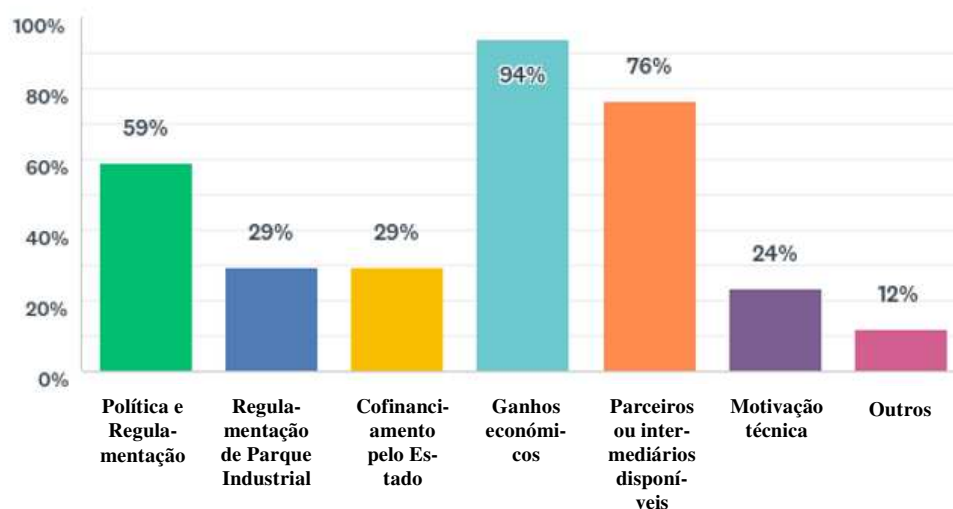


Figura 12 - Incentivos à SI referidos por stakeholders inquiridos pelo Projeto SCALER

O projeto ALENTEJO CIRCULAR

O projeto ALENTEJO CIRCULAR decorreu entre Novembro de 2016 e Outubro de 2018 e teve como objetivo geral sensibilizar e mobilizar os agentes económicos do Alentejo nas fileiras do azeite, vinho e suinicultura para a adoção do modelo da economia circular, procurando promover o interesse e a sensibilização dos agentes para esta temática, empreender uma primeira abordagem às barreiras e oportunidades identificadas e estabelecer as condições de base para a realização de futuros projetos de economia circular nos referidos setores económicos da região.

A par da caracterização das referidas fileiras em matéria de adoção de boas práticas de utilização eficiente de recursos e de valorização de resíduos, da identificação das melhores técnicas e tecnologias e sua ampla disseminação às empresas da região; o projeto procurou identificar barreiras ou constrangimentos à implementação de práticas de economia circular na região. Este objetivo foi concretizado através da auscultação aos agentes económicos e outras partes interessadas no decorrer dos 10 eventos dinamizados pelo projeto em 2018, em oito diferentes locais do Alentejo (Évora, Beja, Portalegre, Moura, Elvas, Santarém, Alvalade do Sado, Reguengos de Monsaraz) e que tiveram um total de 353 participantes, oriundos de empresas (116), entidades do sistema científico (108), entidades públicas (81), associações e núcleos empresariais (36), entre outros (42), nomeadamente estudantes.

A auscultação foi realizada mediante o preenchimento de um inquérito aos participantes dos eventos no qual, entre outras questões relacionadas com a opinião sobre o interesse e utilidade da informação fornecida no

evento, foi colocada a seguinte questão aos participantes: “Na sua opinião, que barreiras (legais, económicas, técnicas, sociais, outras) vê na implementação da economia circular nos referidos setores e particularmente na sua empresa?” A questão era de resposta livre, apresentando-se na figura seguinte os resultados obtidos.

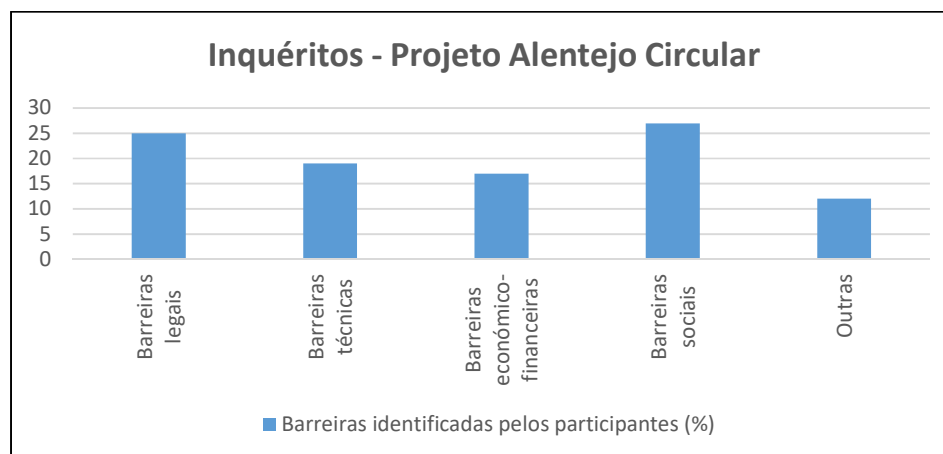


Figura 13 - Barreiras identificadas pelos participantes dos eventos do Projeto Alentejo Circular

Conforme se pode constatar da análise da figura anterior, verifica-se que as barreiras sublinhadas pelos agentes económicos da região são, na sua grande maioria, barreiras transversais aos vários setores económicos e à localização geográfica das empresas. A tipologia de barreiras mais identificadas pelos participantes foram as barreiras de natureza legal e social. Ao nível legal foram referidos maioritariamente aspetos como um quadro legislativo pouco flexível e processos burocráticos associados à valorização de resíduos. Ao nível das barreiras sociais foi dado destaque à falta de informação dos agentes económicos relativamente à temática da economia circular e à cultura social e empresarial ainda muito assente no *status quo* do modelo linear. Paralelamente também foram identificadas outras barreiras como por exemplo inexistência de mercado para alguns subprodutos e de uma certificação que valorize as empresas que implementam práticas circulares.

EUROBARÓMETRO DA COMISSÃO EUROPEIA

A DG Ambiente da Comissão Europeia promoveu a realização de um inquérito nos 28 Estados Membros da UE entre 18 e 27 de abril de 2016, que envolveu entrevistas telefónicas a gestores e decisores de 10.618 PME dos setores da manufatura, serviços e indústria, empregando entre 1 a 250 trabalhadores. O inquérito, subordinado ao tema “As PME Europeias e a Economia Circular”, destinou-se a recolher dados relativos ao nível de implementação de iniciativas de promoção da economia circular nas empresas, nível de investimento, formas de financiamento adotadas e ou disponíveis e respetivas barreiras à implementação. Do universo de 10618 PME inquiridas, 7.771 referiram ter implementado algumas medidas de promoção da economia circular nos

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

últimos 3 anos e 2.847 PME referiram não ter implementado qualquer medida. De referir que, no âmbito deste inquérito, as medidas de promoção da EC referiam-se concretamente a atividades de valorização de resíduos (reutilização, reciclagem, venda); medidas de eficiência energética; *ecodesign* de produto ou serviço; medidas de eficiência hídrica; uso de renováveis (Comissão Europeia, 2016). Apresentam-se de seguida os resultados obtidos no que se refere especificamente às barreiras encontradas na implementação dos projetos ou que impedem a sua realização.

Na resposta à Questão Q3a do inquérito – “Encontrou algum dos seguintes aspetos (problemas) no desenvolvimento das atividades relacionadas com a economia circular? Por favor indique todas as aplicáveis” – foram obtidos os resultados apresentados na figura seguinte, para o universo de respondentes que declarou ter implementado pelo menos uma medida de promoção da EC (7.771 empresas).

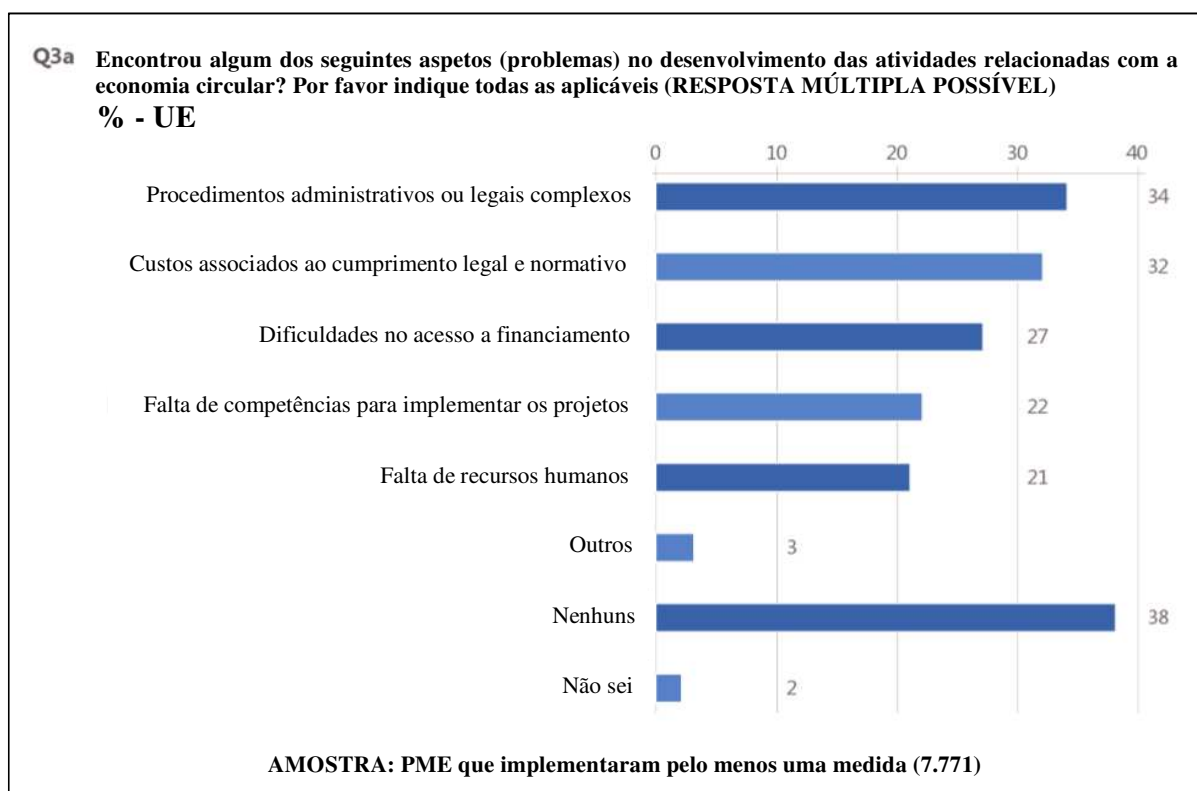


Figura 14 - Resultados EUROBARÓMETRO, auscultação a PME sobre barreiras à EC (CE, 2016)

O inquérito incluiu 400 entrevistas a PME portuguesas que referiram como principais questões ou problemas a complexidade dos procedimentos administrativos ou legais (27%) e as dificuldades no acesso ao financiamento (24%), seguidos dos custos associados (22%) e da falta de competências e recursos humanos (ambos

com 22%). Em todo o caso, 48% destas PME referiram não ter encontrado qualquer problema na implementação, valor superior à média europeia.

Relativamente ao universo de PME que não implementaram quaisquer medidas de EC (2.847 empresas), foi colocada a Questão Q3b do inquérito – “ Por quais destas razões não implementou nenhuma das atividades relacionadas com a economia circular? Por favor indique todas as aplicáveis”. A figura seguinte ilustra os resultados obtidos.

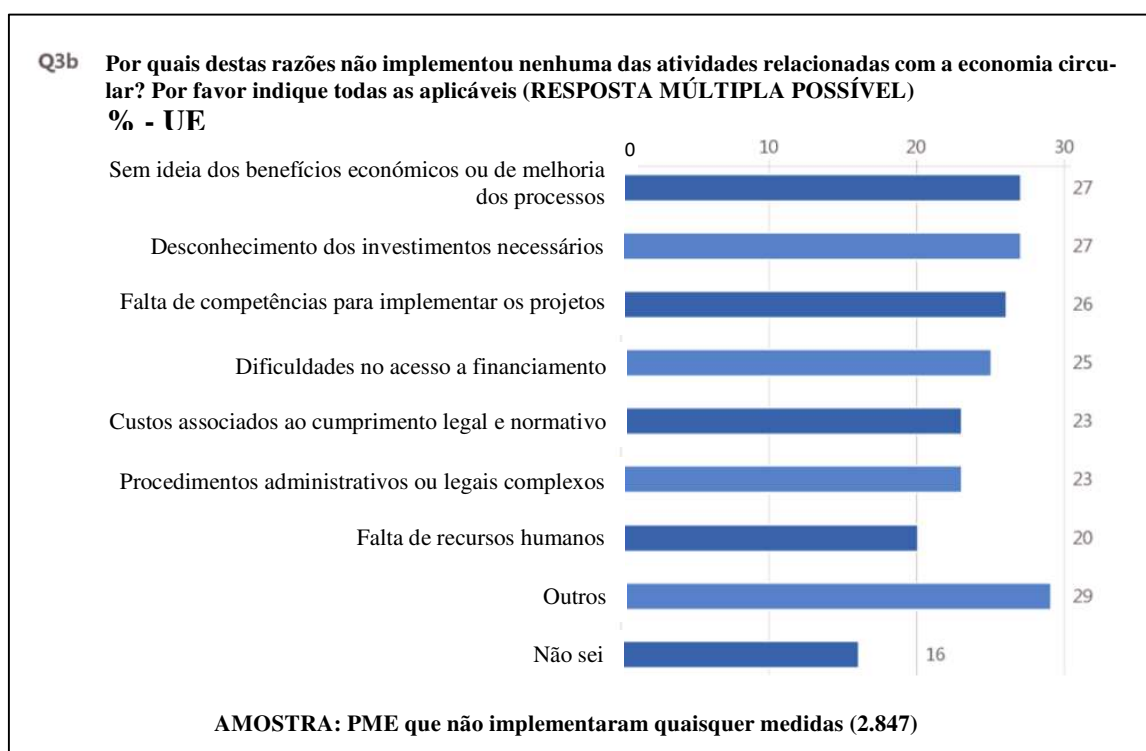


Figura 15 - Resultados EUROBARÓMETRO, auscultação a PME sobre barreiras à EC (CE, 2016)

No caso particular desta questão, o relatório da CE não disponibiliza resultados individuais por país devido ao número reduzido de amostras.

Após a apresentação dos resultados referentes à consulta a *stakeholders* nas várias iniciativas desenvolvidas, podemos concluir que as principais barreiras à implementação de iniciativas de EC e, portanto, de SI, se referem a: (i) Incerteza dos benefícios associados; (ii) Desconhecimento de necessidades, nomeadamente investimentos necessários, (iii) Quadro legal complexo, burocrático e pouco flexível, (iv) Custos associados, (v) Falta de incentivos ou dificuldade no acesso a financiamento e (vi) Falta de competências ou informação. A identificação das principais barreiras é importante para a definição e priorização dos diversos incentivos que devem

ser implementados para as ultrapassar. Na sequência desta análise, nas secções seguintes detalham-se os principais incentivos para a implementação de iniciativas sinergias de SI, apresentando-se, nos casos aplicáveis, exemplos ou casos concretos.

4.1. Incentivos Económico-Financeiros

Programas de financiamento

Os Programas de cofinanciamento emergem como um dos principais incentivos para apoiar a transição da indústria para um modelo mais sustentável por meio da implementação da SI. Existem atualmente diversos programas de financiamento Europeu, com sejam o Horizonte 2020, LIFE, INTERREG, URBAN INNOVATIVE ACTION, entre outros, assim como programas de financiamento nacional tais como o Portugal 2020 ou o Fundo Ambiental, que financiam infraestrutura, equipamento, serviços, recursos humanos e outros investimentos associados à implementação de projetos que dificilmente as empresas conseguiriam cobrir sem apoio externo. Os incentivos financeiros funcionam como desbloqueadores de barreiras económicas acabando por apoiar a implementação alargada da SI. De referir que este foi um incentivo fulcral para a operacionalização do Projeto URSA, caso de estudo apresentado na seção 5.

Mercados Organizados de Resíduos (MOR)

Os MOR funcionam como mobilizador para que as empresas consigam partilhar informações sobre os resíduos que geram, com o objetivo de gerar uma prática alargada de transação de resíduos entre empresas. Estes mercados apoiam-se normalmente em diferentes ferramentas como as plataformas digitais. Um exemplo nacional da implementação deste tipo de iniciativa é o MOR ONLINE -Gestão de Plataformas de Negociação de Resíduos, promovida por entidade gestora reconhecida pela Agência Portuguesa do Ambiente. Nesta plataforma de negociação, podem ser transacionados resíduos de todas as categorias, com exceção dos resíduos perigosos.

O decreto-lei n.º 210/2009, de 3 de setembro, alterado pelo decreto-lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que estabelece o regime de constituição, gestão e funcionamento do MOR, bem como as regras aplicáveis às transações neles realizadas e aos respetivos operadores prevê um conjunto de incentivos financeiros e administrativos destinados tanto às potenciais entidades gestoras quanto aos próprios produtores/detentores de resíduos e entidades de valorização de resíduos, designadamente apoios ao lançamento de plataformas de negociação, reduções de taxas de registo no SIRAPA e a potencial dispensa de licenciamento de operações de valorização de resíduos não perigosos, tendo em vista estimular a criação de plataformas de negociação e fomentar a adesão às mesmas (APA, 2019).

Incentivos fiscais

Diversos países da União Europeia têm implementado incentivos de ordem fiscal para promover a adesão de empresas a iniciativas de SI. Estes incentivos ou taxas são normalmente aplicados nas áreas da energia, resíduos e combustíveis. Existem duas abordagens neste tipo de incentivos: (i) Incentivos ou regimes especiais que premeiam iniciativas de consumo sustentável e (ii) Taxas que penalizam o consumo ou poluição excessiva, i.e, o chamado princípio do poluidor pagador, do qual o sistema PAYT é um exemplo.

No primeiro caso, a incorporação de tarifas especiais em algumas áreas como a da energia pode apresentar benefícios, existindo experiências que demonstram como as empresas procuram a incorporação em regimes especiais onde estas sejam recompensadas por incorporar energias renováveis, gerando lucros significativos (Johnsen *et al.*, 2015). Um exemplo a destacar é o caso da Finlândia, que introduziu vários instrumentos económicos para apoiar a transição para indústrias mais ecológicas e processos mais sustentáveis. A estratégia foi simples, promover a reciclagem e valorização (em alternativa à eliminação), diminuindo o preço que as entidades gestoras pagam por tonelada tratada cujo destino seja a reciclagem ou valorização.

A segunda abordagem em termos de incentivos fiscais é a de penalizar métodos menos circulares como a deposição em aterro. Um exemplo a destacar neste caso refere-se a Gales, Reino Unido, onde, no período de um ano (2016 a 2017), a taxa de deposição em aterro subiu de 26 para 32 libras por tonelada (Dick & Scholes, 2018). Perante um aumento das taxas de deposição, os industriais vêm-se na necessidade de encontrar métodos alternativos para destino final. A implementação de instrumentos similares tem sido observada na União Europeia, com o mesmo princípio, mas noutras áreas, como as emissões de CO₂.

Valor dos subprodutos/resíduos

Se não forem tomadas medidas, o valor, e conseqüentemente a integração na cadeia de valor das matérias-primas secundárias estará sempre dependente do valor de mercado das matérias-primas virgens. Esta situação poderá ser alterada através da criação de incentivos à incorporação de subprodutos nos processos produtivos e através da promoção do consumo de produtos produzidos por empresas que apliquem práticas de utilização eficiente de recursos.

Uma carga fiscal adaptada à utilização de práticas de economia circular poderá aumentar a rentabilidade dos subprodutos tornando-os mais competitivos e conseqüentemente estimular o seu melhor posicionamento no mercado.

O aumento do valor de mercado dos subprodutos e matérias-primas secundárias está invariavelmente associado ao cumprimento de critérios específicos de qualidade e segurança, critérios estes que, à data, são inexistentes ou não estão normalizados para a grande maioria dos materiais secundários. Neste sentido, a criação de normas harmonizadas é fundamental e irá contribuir para melhorar a segurança, qualidade e eficácia destes materiais, permitindo gerar confiança nos utilizadores finais e, portanto, maior potencial para competição com os materiais virgens.

4.2. Políticas, Regulamentação e Normalização

O Estado desempenha um papel crítico na intervenção como promotor do crescimento verde e da economia circular, devendo dar o exemplo, liderando a transição. Ter o apoio do governo cria um ambiente de apoio e credibilidade que atrai a receptividade destas empresas (Johnsen *et al.*, 2015).

O incentivo político é definido como uma ação ou iniciativa que pode modificar as condições políticas atuais superando as barreiras abordadas. Os incentivos políticos são de grande utilidade pois conseguem uniformizar a participação/ envolvimento da sociedade e outros agentes por meio do marco de obrigatoriedade de uma normativa ou regulamento (Henriques *et al.*, 2019).

Alteração do atual Regime Geral de Gestão de Resíduos

À luz do atual regime jurídico de gestão de resíduos, para que um resíduo seja transacionado num processo de SI deverá ou ser desclassificado a subproduto ou então o seu recetor deverá constituir-se como operador de gestão de resíduos. De facto, uma das maiores limitações à adoção de processos de SI é o atual sistema regulamentar. Os processos de desclassificação de resíduos são morosos, burocráticos e dispendiosos. Deverá ser agilizado o procedimento que permita responder de modo eficaz aos critérios a cumprir para a conversão de resíduo a subproduto.

Ao nível local e regional, a criação de zonas circulares com requisitos de licenciamento mais favoráveis para a gestão de resíduos poderá promover a incorporação de resíduos em processos produtivos de empresas. A zona circular corresponderia a uma área industrial delimitada com uma entidade gestora responsável por identificar necessidades, estabelecer os procedimentos com as entidades competentes e monitorizar os resultados dos processos.

O sucesso da utilização de matérias-primas secundárias está também, em parte, dependente da possibilidade de estabelecer simbioses entre empresas de diferentes Estados-Membros, práticas que podem ser agilizadas através de acordos entre países que permitam eliminar barreiras para algumas tipologias de resíduos com a criação de quadros regulamentares próprios.

Apesar de muito estar por fazer, deve, contudo, destacar-se o esforço que tem sido realizado pelo Estado Português para a promoção da EC. A título de exemplo destaque-se a iniciativa da Agência Portuguesa do Ambiente, que têm vindo a rever a Nota Técnica “*Resíduos excluídos do âmbito de aplicação do RGGR - Biomassa na aceção do REI -Conceitos de Biorresíduos e Resíduos Biodegradáveis - Versão 3 de Julho de 2015*” onde se identificam os resíduos excluídos do âmbito de aplicação do RGGR, simplificando o seu processo de valorização. Esta lista tem vindo a ser revista no sentido de incluir novos resíduos, oriundos sobretudo dos setores agrícola, agroalimentar e florestal.

Ainda no sentido do estímulo à aplicação de práticas de economia circular, destaque-se também as alterações em curso à Portaria n.º 631/2009 de 9 junho relativamente à gestão de efluentes pecuários, onde se preveem surgir novos mecanismos e linhas orientadoras para a valorização facilitada dos efluentes pecuários.

Existência de enquadramento legal uniforme

A falta de uma política uniforme em relação aos resíduos na União Europeia e a incerteza quanto à abordagem adotada pela nova e futura regulamentação são fatores que impedem também a implementação alargada da SI no contexto europeu e nacional. É completamente compreensível que, para ultrapassar estas barreiras, a promoção de uma política consolidada de resíduos pela União Europeia se torne um fator determinante. A futura política de gestão de resíduos deve promover a incorporação de modelos de negócios circulares e sustentáveis, como a SI. Esta política deve ser consolidada com três abordagens principais (SCALER D2.1, 2018): (i) a padronização da metodologia e terminologia da SI; (ii) o apoio no investimento e suporte, com caráter duradouro, a iniciativas de SI, especificamente em áreas críticas como as infraestruturas; (iii) a definição clara de objetivos e metas a atingir, em linha com as necessidades de cada indústria.

Estratégias para a economia circular e o desenvolvimento verde

As Estratégias Europeias e Nacionais constituem pilares fundamentais para o desenvolvimento de futura legislação, regulamentação e fundos de apoio ao investimento. Ao nível Europeu destaca-se a Comunicação “Fechar o Ciclo – Plano de Ação da EU para a Economia Circular”, publicada em dezembro de 2015, com vista a apoiar a transição para uma economia mais forte e mais circular, com uma utilização mais sustentável dos recursos. As 54 ações previstas envolvem todo o ciclo de vida: da produção ao consumo, à gestão dos resíduos e ao mercado das matérias-primas secundárias. Estas ações envolvem desde a revisão do quadro legal dos resíduos, matérias fertilizantes, combate ao desperdício alimentar, estratégia para os plásticos, *ecodesign*, normas de qualidade para matérias-primas secundárias, entre outras. De acordo com o Relatório de Execução publicado pela Comissão em março de 2019, o Plano de Ação para a Economia Circular pode considerar-se plenamente concluído, estando todas as ações nele previstas já concretizadas ou em fase de execução.

Destaque-se também a Estratégia da UE para os Plásticos numa Economia Circular, publicada na sequência do Plano de Ação para a EC, e que constitui o primeiro quadro político definido à escala da UE em que se adota uma abordagem para o ciclo de vida de materiais específicos, a fim de integrar as atividades circulares da conceção, utilização, reutilização e reciclagem nas cadeias de valor dos plásticos. A estratégia inclui uma visão clara, com objetivos quantificados ao nível da UE, de modo que, até 2030, todas as embalagens de plástico colocadas no mercado da UE, entre outros produtos, deverão ser reutilizáveis ou recicláveis.

Portugal, como um dos estados membros da UE, tem avançado com ações para promover a transição para uma economia circular, em linha com as ambições da Comissão Europeia. A nível nacional destaca-se a aprovação do PAEC 2017:2020 - Plano de Ação para a Economia Circular, através da Resolução do Conselho de Ministros nº 190-A/2017. O PAEC está assente nos conceitos de reutilização, reparação e renovação de materiais e energia, e é um modelo estratégico que aposta no crescimento e investimento assente na eficiência e valorização dos recursos e na minimização dos impactes ambientais. O plano de ação apresenta três níveis de ações a serem introduzidas e trabalhadas no período 2017-2020, a saber: (i) Ações de cariz transversal, nacionais, que consolidam algumas das ações de várias áreas governativas para esta transição; (ii) Agendas setoriais, sobretudo para setores mais intensivos no uso de recursos e de cariz exportador; (iii) Agendas regionais, que devem ser adaptadas às especificidades socioeconómicas de cada região.

O Estado poderá direcionar as empresas para um caminho ambientalmente mais sustentável através de regulamentação específica também na área da aquisição de bens e serviços com critérios que beneficiem uma maior eficiência ambiental, nomeadamente no que diz respeito à eficiência no uso de recursos. A nível nacional e com o objetivo de estimular a adoção de uma política de compras públicas ecológicas foi aprovada a Estratégia Nacional para as Compras Públicas Ecológicas 2020 (ENCPE 2020). A ENCPE tem como objetivo o aumento da eficiência dos sistemas, nomeadamente através da promoção da redução da poluição e a redução do consumo de recursos naturais, apresentando-se assim como um instrumento complementar das políticas de ambiente.

Normalização

A normalização tem o potencial de constituir um estímulo à adoção de iniciativas de SI e particularmente à incorporação de materiais secundários nos produtos e processos produtivos. Ciente desta realidade a Comissão Europeia, incumbiu as OEN de elaborarem normas genéricas sobre a durabilidade e a possibilidade de reutilização e de reciclagem de determinados produtos, bem como sobre a documentação relativa a aspetos relacionados com a eficiência dos materiais (incluindo a utilização de matérias primas essenciais) de certos produtos (Comissão Europeia, 2019).

A título de exemplo, o novo Regulamento Produtos Fertilizantes, em fase final do processo legislativo, introduz regras harmonizadas para os fertilizantes orgânicos fabricados a partir de matérias-primas secundárias como os subprodutos agrícolas e os biorresíduos recuperados. A criação de normas harmonizadas irá contribuir para melhorar a segurança e a eficácia dos fertilizantes dotados da marca CE. Os produtores terão possibilidade de atrair mais clientes e de aplicar eventuais aumentos de preços graças ao facto de a garantia de qualidade da marca CE ser amplamente reconhecida.

Com vista a suportar a adoção efetiva da SI pelos setores público e privado e por forma a atingir (e documentar) um consenso sobre definições e melhores práticas/metodologias de suporte à implementação da SI na Europa, o CEN iniciou o processo de criação de uma norma europeia, tendo publicado, em dezembro de 2018, um *Workshop Agreement*, o CWA 17354: 2018 – *Industrial Symbiosis: Core Elements and Implementation Approaches*.

4.3. Incentivos Tecnológicos

Digitalização

A crescente velocidade de desenvolvimento e inovação tecnológica conduzirá rapidamente a quarta revolução industrial em curso para a emergência da quinta revolução industrial, que se centrará na interação homem-máquina, com as tecnologias digitais a assumirem um papel preponderante no desenvolvimento de novos modelos de produção suportados em IoT, *big data analytics* e na inteligência artificial para previsão, otimização e gestão da eficiência global dos sistemas produtivos.

Assim, a evolução das tecnologias de informação e comunicação pode suportar a implementação da SI em várias perspetivas, nomeadamente por via de uma utilização mais eficiente dos recursos na indústria; através da melhoria da gestão de fluxos de materiais ao longo da cadeia de valor ou através do desenvolvimento de um conjunto de ferramentas informáticas para apoio à identificação, análise de viabilidade e implementação de sinergias de SI. Efetivamente, nos últimos anos têm sido desenvolvidas diversas ferramentas com este propósito, que vão desde guias metodológicos, até bases de dados e *softwares* dedicados para identificação de potenciais parceiros ou sinergias. Exemplos deste tipo de ferramentas de suporte foram já extensivamente apresentados e analisados na secção 3.2.

Outra das potenciais aplicações das tecnologias digitais em prol da SI é desenvolvimento de aplicações com fins didáticos ou de sensibilização (*gamification*), quer para as empresas, quer para o público em geral.

Inovação nos processos e tecnologias

A investigação, desenvolvimento e inovação (I&Di) são fundamentais para a identificação de novas soluções para valorização de recursos excedentes e para a inovação dos processos e sistemas produtivos. Atualmente existem diversas ferramentas que permitem às empresas identificar potenciais sinergias simbióticas, contudo, estas potenciais sinergias poderão necessitar de prévio investimento em I&Di ao nível dos materiais, das tecnologias ou dos processos. O papel da academia e dos centros tecnológicos é, pois, fundamental neste processo.

Um dos constrangimentos elencados pelos participantes dos eventos do Projeto Alentejo Circular referia-se à existência de variadas iniciativas e projetos de I&Di que testam e desenvolvem soluções inovadoras que, contudo, não chegam ao mercado e às empresas. Este facto pode dever-se, por um lado, à inexistência de comunicação bidirecional e por outro lado, à inexistência dos necessários estudos de mercado e planos de exploração de resultados para as soluções desenvolvidas no contexto académico.

Neste sentido, a academia deverá promover iniciativas de I&D que envolvam, desde a fase inicial dos projetos, uma estreita colaboração com os agentes económicos e focada na resolução de problemas reais, por forma a que os resultados possam ser rapidamente transpostos para a realidade empresarial.

Por outro lado, os projetos de I&Di, sobretudo aqueles que se referem ao desenvolvimento e demonstração de soluções de TRL elevado, deverão contemplar o correspondente modelo de negócio e plano de exploração de resultados.

4.4. Incentivos sociais

O exemplo de *frontrunners* e empresas de referência

As empresas de referência são empresas que, com sua presença corporativa significativa no contexto global ou internacional, representam um ponto de confiança. Estas empresas podem endossar e apoiar as iniciativas e atrair mais empresas para se juntarem a novas iniciativas. Como mencionado anteriormente, a promoção da participação de algumas empresas em iniciativas de SI é um fator crítico que pode ajudar a superar algumas barreiras sociais e dar mais apoio às iniciativas. No contexto mais amplo, pode-se considerar que um incentivo claro é a promoção da participação de empresas de referência em projetos, transmitindo credibilidade e visibilidade, o que incentiva iniciativas de SI. Um bom exemplo deste tipo de incentivos é a iniciativa promovida na Bélgica pela Procter & Gamble e pela Tupperware. Trata-se de um exemplo de simbiose industrial na área da logística que conduziu ambas as empresas, com fábricas e centros de distribuição na Bélgica e ambas expedindo volumes significativos para a Grécia, a desenvolverem um sistema de transporte comum. Transitou-

se assim de um cenário BAU envolvendo 2 expedidores, 2 cadeias de abastecimento de 2 rotas semelhantes, para um cenário simbiótico envolvendo dois expedidores colaborativos, 1 corredor intermodal comum e 1 rota. Esta sinergia resultou na eliminação de 150.000 km de circulação de veículos pesados, redução de 17% nos custos de transporte e criação de uma rede intermodal à qual estão a aderir outras empresas (CO3 Project, 2019).

Networking e clustering

A comunicação entre diferentes atores é essencial nas relações simbióticas. Muitas iniciativas simbióticas não se materializam devido à falta de conhecimento e outras barreiras sociais. Esta responsabilidade não pode ser atribuída apenas à falta de proatividade de alguns agentes, por isso, considera-se que um elemento diferenciador para facilitar a comunicação entre diferentes atores é a criação de redes colaborativas baseada no conhecimento multidisciplinar e envolvendo agentes de toda a cadeia de valor, nomeadamente empresas, academia, centros tecnológicos, setor público e privado.

Responsabilidade Social

A responsabilidade socio-ambiental define-se como um conceito em que as empresas integram preocupações ambientais nas suas operações comerciais e a interação com as diversas partes interessadas, sem comprometer o desempenho económico (Ramli *et al.*, 2014). O envolvimento e compromisso por parte das empresas, comunidade e sociedade é crucial para o sucesso de iniciativas de SI. As empresas divulgam normalmente as suas experiências e benefícios obtidos com a implementação de projetos de sustentabilidade, conseguindo promover a sua imagem junto da opinião pública. Também as autoridades públicas (agências governamentais, CCDRs, municípios) têm um papel fundamental devendo promover programas de sensibilização e conscientização dos cidadãos para a importância do modelo económico circular.

Intervenção de intermediários ou facilitadores

A falta de coordenação e a existência de múltiplos atores surgem como fatores comuns nos casos de insucesso na implementação de SI. Esta falta de coordenação encontra-se diretamente relacionada com outras barreiras sociais e de informação, como falta de motivação, falta de conhecimento sobre as oportunidades de desenvolvimento de simbiose e resistência a novos conceitos (Johnsen *et al.*, 2015). Sendo a falta de coordenação uma barreira intimamente relacionada com as características internas das empresas e relações entre os diferentes elementos envolvidos na iniciativa, é difícil promover um incentivo para erradicar completamente esta problemática. Neste sentido, podemos ter duas abordagens diferentes: (i) Intervenção de intermediários externos que cumprem o papel de facilitadores e coordenadores da iniciativa, apoiando as empresas na implementação de sinergias ou projetos; (ii) As empresas adotam uma abordagem auto-organizacional, onde os objetivos, processos e metas são definidos internamente.

Intervenção do Estado como promotor

A intervenção do Estado surge continuamente como um incentivo crítico para a materialização de sinergias e projetos de SI, não podendo estar limitada simplesmente a um campo específico como seja, por exemplo, os incentivos financeiros. A intervenção do Estado é fator comum em casos de sucesso, por isso fundamenta a importância da intervenção do Estado na transição de modelos convencionais para modelos circulares. Como exemplo, refira-se o compromisso do Governo e da Câmara Municipal de Chamusca que constituiu um fator determinante na criação do Ecoparque do Relvão na Chamusca, tendo promovido a interação direta com agências, agentes de conhecimento, atores industriais e outros representantes do governo (Costa & Ferrão, 2010).

4.5. Formação, informação e sensibilização

Como atrás foi referido, a falta de conhecimento é uma das principais barreiras associadas à implementação de iniciativas de SI. Esta falta de conhecimento refere-se quer à inexistência de competências internas, quer ao desconhecimento de potenciais ganhos ou benefícios e de apoios disponíveis, nomeadamente financeiros. Para exemplificar este facto refira-se novamente o inquérito realizado pelo Eurobarómetro da Comissão Europeia. Quando questionadas sobre o conhecimento de quaisquer incentivos financeiros promovidos por programas governamentais destinados a apoiar iniciativas relacionadas com a EC (Questão Q7), no universo total de empresas inquiridas, 76% responderam não ou não sabe. No universo de PME portuguesas, 61% responderam não ou não sabe.

Assim é fundamental que as autoridades públicas (nacionais, regionais e locais) insistam em programas e iniciativas de informação às empresas não apenas no que se refere a apoios disponíveis, mas também e sobretudo à disseminação de casos de sucesso e respetivos benefícios alcançados. Esta ação aplica-se também às associações, cooperativas ou confederações industriais e empresariais, que inclusive dispõem de instrumentos financeiros para desenvolver este tipo de iniciativas, nomeadamente os Sistemas de Apoio a Ações Coletivas do Portugal 2020 / COMPETE.

4.6. O papel dos vários agentes

De referir que, independentemente de se tratar de um processo resultante da interação direta entre atores industriais (*self-organized*); ou promovido/gerido por um intermediário ou terceira parte, existe um conjunto de atores relevantes que incentivam e, de forma planeada ou espontânea, intervêm ou influenciam o processo em qualquer uma das suas fases. A tabela seguinte detalha o papel destes agentes, resumindo as principais medidas, ações e incentivos que cada um destes atores pode promover para ultrapassar as barreiras.

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Tabela 3 – Incentivos e intervenção dos vários agentes no processo de SI

Agente	Intervenção
Comissão Europeia	<ul style="list-style-type: none"> • Estratégias e Políticas de Âmbito Europeu • Programas de Financiamento (H2020, SME Instrument, LIFE, UIA, INTERREG, outros) • Instrumentos legais: <i>Green Deals</i>
Governo	<ul style="list-style-type: none"> • Planos de ordenamento do território, criação de parques/zonas industriais • Incentivos económicos: Sistemas PAYT, <i>green tax</i> • Regulamentação ambiental • Estratégias e Políticas de Âmbito Nacional (ex: PAEC 2017:2020)
Autoridades Públicas	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos económicos: financiamento ou subsídios • Instituição intermediária para estabelecimento de sinergias • Fornecimento de informação técnica e ferramentas de suporte • Emissão de licenças
Associações industriais e empresariais	<ul style="list-style-type: none"> • Intermediários entre potenciais parceiros • Sensibilização, informação, <i>networking</i> • Mediação entre atores e entidades públicas • Apoio técnico e jurídico
Academia & Centros tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Investigação & Desenvolvimento de novas/potenciais sinergias • Análise de viabilidade técnica e económica: <i>matchmaking</i>, MFCA (<i>Material Flow Cost Accounting</i>), ACV, modelos de negócio, etc. • Desenvolvimento de ferramentas dedicadas para gestão de processos de SI • Promoção de redes e <i>clusters</i>
Empresas	<ul style="list-style-type: none"> • Os <i>frontrunners</i> constituem empresas exemplo e âncoras no desenvolvimento do parque • Fluxos de materiais, energia, desperdícios de elevado valor acrescentado • Criação de emprego e atração de novas empresas para o local • Identificação de oportunidades de negócio na gestão de recursos (diversificação do negócio, novos produtos, novas empresas) • Promoção de redes e <i>clusters</i> • Investigação & Desenvolvimento de novas/potenciais sinergias

4.7. Análise SWOT

Cada potencial oportunidade de SI entre agentes económicos tem as suas particularidades, devendo ser considerados um conjunto de fatores internos e externos às organizações envolvidas, previamente à definição do correspondente modelo de funcionamento ou modelo de negócio. Neste sentido, a tabela seguinte apresenta uma análise SWOT, na perspetiva de uma organização, onde se listam os principais pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças associadas à implementação de práticas de SI, que devem ser consideradas, com base nas barreiras e incentivos descritos ao longo desta seção.

Tabela 4 - Análise SWOT

FORÇAS	FRAQUEZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Maior independência em termos de abastecimento do exterior • Maior ecoeficiência e eficiência produtiva • Redução de custos • Diversificação do negócio • Partilha/redução de custos • Inovação de processos e produtos • Alargamento da rede de parceiros, por via da cooperação entre empresas de diferentes setores (não apenas com o parceiro direto de SI mas com outras entidades de apoio, nomeadamente a academia) • Potencial geração de mais emprego e novos negócios • Predisposição corporativa • Existência de recursos técnicos internos com competência para identificar/quantificar o valor, possíveis sinergias e seus requisitos • Existência de recursos financeiros para implementação e/ou aquisição de apoio técnico externo • Mais sustentabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa diversidade de processos/produtos pode inviabilizar tecnicamente o match • Custos totalmente assumidos pela empresa • A satisfação da procura de novos subprodutos está dependente da quantidade de resíduo disponível • Falta de recursos financeiros para implementação e/ou aquisição de apoio técnico externo • Falta de recursos técnicos para identificar/quantificar o valor dos resíduos, possíveis sinergias e seus requisitos • Intervenientes necessitam de estabelecer acordo económico/partilha de custos • Custos de transação a considerar • Investimento em I&D • Possível dependência económica e estratégica do fornecedor do resíduo • Confidencialidade e falta de confiança • Localização geográfica • Natureza competitiva pode bloquear cooperação

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
<ul style="list-style-type: none">• Crescente informação disponibilizada por bases de dados e plataformas• Existência de intermediários/facilitadores• Programas de financiamento direcionados• Agendas regionais para a EC• Ferramentas analíticas <i>open source</i> para análise de viabilidade de soluções de SI• Programas de sensibilização/informação às empresas• Indústria 4.0, Internet das Coisas• Incentivos fiscais• Normalização em preparação	<ul style="list-style-type: none">• Atual legislação: necessidade de desclassificação para isenção do RGGR; se resíduo, licenciamento de operação de gestão• Procedimentos administrativos complexos, morosos e com custos• Incentivos/isenções fiscais a matérias-primas provenientes de recursos naturais (p.ex. combustíveis fósseis)• Flutuação da procura• Critérios de qualidade específicos/exigentes para determinados <i>inputs</i>• Baixas taxas de gestão de resíduos (por ex. deposição em aterro)

5. AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DA SIMBIOSE INDUSTRIAL: O CASO DE ESTUDO DO PROJETO URSA

5.1. Abordagem Metodológica

Neste capítulo apresenta-se um projeto concreto de simbiose industrial em implementação no sul de Portugal, efetuando-se também uma análise dos respetivos benefícios.

O projeto URSA – Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva, é uma iniciativa inovadora da EDIA que tem por missão a valorização de subprodutos da agricultura e agroindústria da região do EFMA, com vista a promover a economia circular numa escala local e regional, com benefícios para os diversos serviços de ecossistema. Os principais intervenientes na sinergia de simbiose industrial em apreço são os agricultores e agroindustriais da região, que fornecem subprodutos para valorização; e a EDIA, que recebe e valoriza os subprodutos numa unidade de compostagem comunitária. O resultado da sinergia em causa é a produção de fertilizante orgânico a ser disponibilizado aos agricultores numa lógica de permuta ou através de venda.

Neste capítulo, após uma descrição do problema que está na base do desenvolvimento do projeto e da apresentação do mesmo, efetua-se:

- uma avaliação prévia da viabilidade da instalação URSA, através de uma análise da disponibilidade de subprodutos e de canais de recolha/entrega na área de influência;
- a identificação dos principais incentivos à viabilidade do projeto tendo em conta os vários intervenientes;
- uma análise qualitativa e quantitativa dos benefícios ambientais associados ao projeto, i.e., aplicação de fertilização orgânica em detrimento de fertilização exclusivamente química. Esta análise será realizada recorrendo à metodologia de ACV;
- uma análise aos benefícios económicos para o agricultor decorrentes da conversão para fertilização orgânica.

No que se refere à ACV realizada, a cultura selecionada foi o olival. A fronteira de análise corresponde ao cultivo da azeitona (*cradle-to-gate*). Analisam-se dois processos distintos: um processo de fertilização orgânica e um processo de fertilização exclusivamente química. Relativamente ao processo de fertilização orgânica, os dados utilizados correspondem a dois produtores em regime biológico (AE1 e AE2) localizados nas proximidades da URSA e que colaboraram com o Projeto. Relativamente aos dados do processo de fertilização química, por impossibilidade de obtenção de dados junto de produtores locais, recorreu-se a dados da bibliografia correspondentes a um produtor em regime de produção integrada intensiva no Alentejo (AE3).

O *software* utilizado na ACV foi o UMBERTO LCA+, versão 10.0.3., um software de avaliação de ciclo de vida disponível comercialmente pela *ifu Hamburg GmbH*, que incorpora a base de dados Ecoinvent 3 (versão 3.5 com impactes agregados).

5.2. Descrição do problema

O fornecimento contínuo de macronutrientes, azoto, fósforo e potássio é fundamental para a manutenção dos rendimentos das colheitas (Oldfield *et al.*, 2018). Há cerca de 200 anos, a fertilização vegetal altera-se drasticamente em resultado da difusão generalizada da utilização de substâncias minerais como forma de fertilização. Estas substâncias, que apresentam os nutrientes de forma mais concentrada e facilmente absorvível pelas plantas, geraram uma revolução agronómica, com aumento massivo das produções, materializando a agricultura como atividade económica. Neste contexto, a fertilização agrícola, que desde sempre foi uma atividade com circularidade inerente, passou a assumir um comportamento linear após o início da utilização de adubos minerais como forma de fertilização. O baixo custo dos adubos minerais durante as últimas oito gerações de agricultores levou a uma subvalorização dos subprodutos agrícolas e pecuários, potenciando a sua eliminação sumária, designadamente através de queima (EDIA *et al.*, 2017).

As atuais práticas de fertilização das plantas com adubos não respondem corretamente às necessidades nutritivas das culturas (EDIA *et al.*, 2017), possuindo elevados índices de ineficiência na absorção de azoto e fósforo. Efetivamente, as colheitas absorvem apenas entre 30 a 50% do fertilizante aplicado (EMF *et al.*, 2015). Os nutrientes em excesso libertados para o meio ambiente causam impactes ambientais como sejam a eutrofização, acidificação de solos e massas de água e emissões de GEE (Oldfield *et al.*, 2018).

O atual uso excessivo de fertilizantes químicos tem também colocado na ordem do dia o crescente risco de abastecimento de fósforo, incluído na lista das matérias-primas essenciais para a União Europeia, com uma taxa de dependência das importações de 100 % (Comissão Europeia, 2017). Estima-se que de acordo com as atuais taxas de extração e reciclagem, o fósforo disponível na natureza esgotar-se-á num período de 50 a 100 anos (Oldfield *et al.*, 2018).

Face ao exposto é de extrema importância a identificação de formas inovadoras de reciclar macronutrientes dentro dos sistemas agrícolas, minimizando simultaneamente os impactes ambientais, o que vai de encontro aos princípios da economia circular de “fecho de ciclo”, através do retorno de resíduos e subprodutos orgânicos aos solos agrícolas (Mirabella *et al.*, 2014).

Por outro lado, a depleção da fertilidade do solo é uma realidade global com tendência crescente no sul de Portugal, com efeitos potencialmente nefastos a nível económico, mas também a nível ecológico. Os solos de

Alqueva apresentam-se atualmente com valores muito baixos de matéria orgânica, abaixo de 1% (EDIA *et al.*, 2017), apresentando igualmente uma tendência decrescente, uma vez que pouca ou nenhuma reposição é realizada. Deverá também ser tida em consideração a localização geográfica dos solos do EFMA pela sua suscetibilidade à desertificação. Nas figuras seguintes pode observar-se o índice de suscetibilidade à desertificação na sua evolução de 1999 a 2009 e a carta de “Suscetibilidade dos solos à desertificação” que indica que estamos na presença de clima semiárido e solos com muito elevada suscetibilidade.

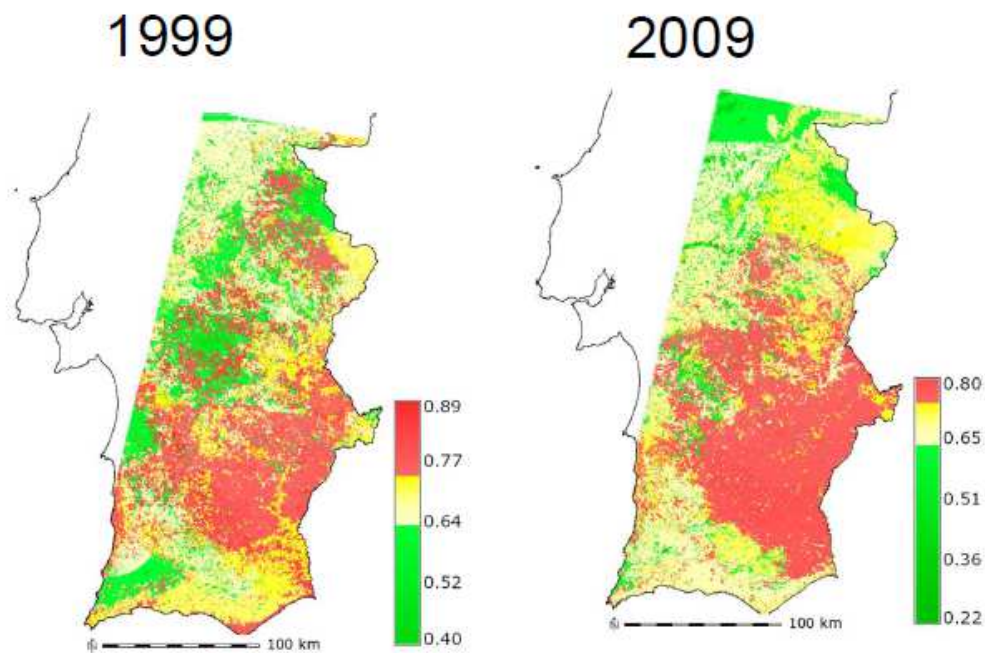


Figura 16 - Evolução do Índice de suscetibilidade à desertificação (Fonte: ICNF)

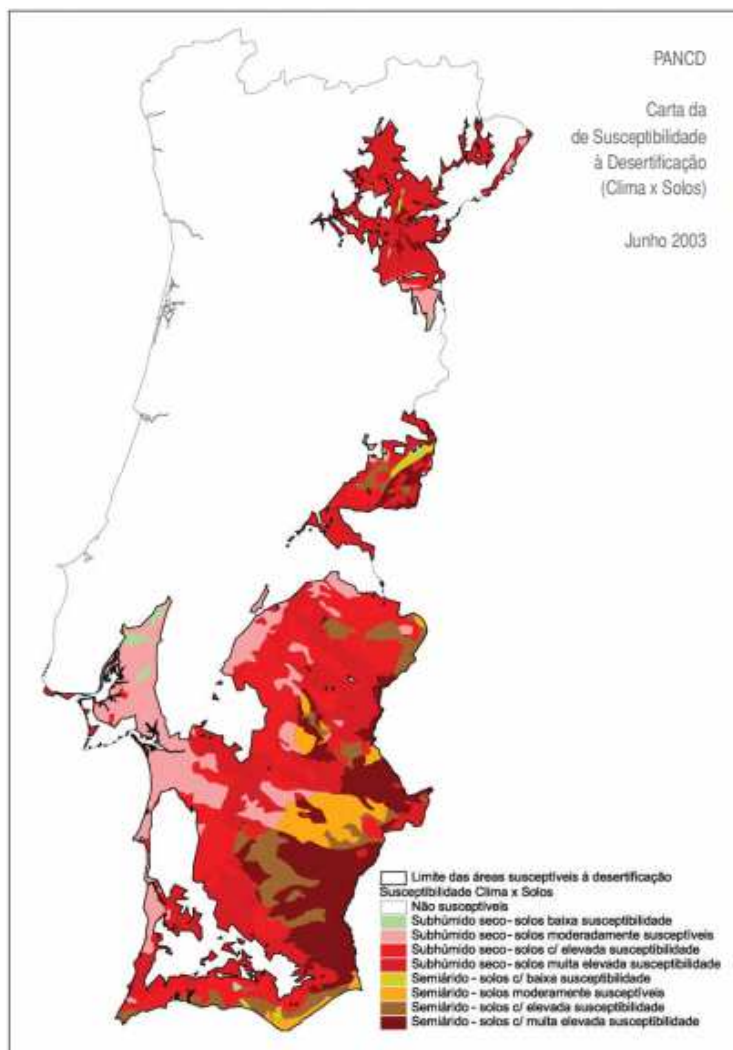


Figura 17 - Suscetibilidade dos solos à desertificação (Fonte: DGRF)

As albufeiras apresentam por sua vez teores crescentes de nutrientes, favorecendo os fenómenos de eutrofização e também de desenvolvimento de espécies aquáticas invasoras.

Assim, o desafio da sustentabilidade na região passa necessariamente pela recuperação da qualidade do solo, uma vez que só assim é possível alcançar a fertilidade e a real rentabilidade, ou seja, sem depleção dos recursos basilares, e em simultâneo promover as funções do solo como elemento ambiental estruturante, protetor das massas de água, filtrador em larga escala perante o advento da poluição difusa de origem agrícola, encarada muitas vezes como um problema sem solução ou com a solucionável apenas com o fim da agricultura.

A promoção da fertilidade do solo e o uso eficiente da água de rega são princípios basilares da EDIA no contexto da gestão ambientalmente sustentável do regadio de Alqueva. Os solos do EFMA, apesar de terem qualidade, são significativamente pobres em matéria orgânica, cuja mineralização se acentuará com o regadio, reduzindo gradualmente a sua capacidade de retenção de água e nutrientes, com aceleração do processo de desertificação e poluição difusa das massas de água (EDIA *et al.*, 2017).

5.3. Descrição da Solução

A existência de uma zona de regadio com a dimensão do EFMA, cerca de 120.000 hectares, cuja monitorização indica teores de matéria orgânica no solo inferiores a 1%, mas da qual poderão resultar anualmente cerca de 500.000 toneladas de subprodutos agrícolas ou agroindustriais (EDIA *et al.*, 2017), robustece a necessidade e viabilidade do processo de valorização orgânica e utilização agrícola de composto como fertilizante para melhoria do desempenho ambiental do regadio.

É neste enquadramento que surge o Projeto URSA – Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva, promovido pela EDIA, cujo objetivo é criar uma constelação de unidades de valorização de subprodutos por compostagem, que produzam um fertilizante orgânico, entregue aos agricultores em troca dos seus subprodutos agrícolas, para aplicação nas suas culturas, contribuindo para o incremento da fertilidade do solo e sua reabilitação como barreira filtrante, que promova a qualidade da água e a sustentabilidade do regadio.

O Projeto URSA consiste na implementação de um modelo de negócio inovador e disruptivo, baseado na permuta de subprodutos agrícolas por fertilizante orgânico para utilização agronómica pelos agricultores, materializando a economia circular e a simbiose industrial no contexto agrícola.

A solução a implementar pelo Projeto URSA baseia-se na agregação dos subprodutos e resíduos agropecuários e agroindustriais ocorrentes neste território, os quais apresentam atualmente uma reduzida ou nula valorização, concretizando a sua transformação de uma forma controlada e tecnicamente adequada, sem custos económicos e ambientais excessivos, num fertilizante sólido ou líquido com elevado valor de mercado para os agricultores.

O Projeto URSA no território do EFMA, numa perspetiva holística, possibilitará a criação de um destino ambientalmente adequado para todos os subprodutos orgânicos produzidos, evitando que contaminem recursos escassos como a água ou que gerem poluição atmosférica através da sua queima, protegendo recursos naturais valiosos como o solo e a sua biodiversidade, reduzindo a vulnerabilidade deste perante fenómenos erosivos, com ocorrência tendencialmente crescente em resultado das alterações climáticas e aumentando a sua resiliência perante a desertificação.

Neste âmbito, a ambição do Projeto URSA consiste na subdivisão das zonas irrigadas em parcelas com cerca de 10000ha tendo como objetivo futuro localizar, em cada uma destas áreas, uma unidade de recirculação de subprodutos de Alqueva, criando assim duas constelações – A URSA menor, localizada na margem esquerda, com quatro unidades e a URSA maior, na margem direita, com oito unidades. O conceito de proximidade às explorações, de 5km, no máximo, potenciará igualmente uma forma de sensibilização dos agricultores para a recirculação de subprodutos e nutrientes, e para as vantagens que daí resultam para o ambiente, numa área que conhecem e que representa a envolvente da sua própria exploração.

Atualmente, encontra-se concluída e em início de operação a primeira unidade, cuja implementação foi realizada no âmbito de um projeto financiado pelo Fundo Ambiental, promovido pela EDIA e em parceria com o ISQ, cujo objetivo foi o de comprovar a viabilidade do modelo de unidade. Esta primeira unidade localiza-se na Herdade da Abóbada, em Serpa, uma exploração propriedade do Estado onde se desenvolvem um conjunto diverso de atividades agrícolas, desde a produção de culturas anuais e permanentes (olival), passando pela pecuária de bovinos, ovinos e suínos, e até à transformação industrial na queijaria existente na exploração. Com a escolha deste local para a unidade piloto, pretendeu-se demonstrar, em escala real, como se processa industrialmente a recirculação de subprodutos agrícolas e pecuários, garantindo-se o acesso a diversidade de matéria-prima e proximidade à fonte.

Tal como já referido, é objetivo do promotor EDIA concretizar, no futuro, outras unidades de recirculação de subprodutos de Alqueva suficientemente robustas e tecnicamente adequadas para processar a quantidade de subprodutos produzidos por uma área com a dimensão do EFMA, mas ao mesmo tempo unidades suficientemente ligeiras e de custos reduzidos que possibilitem a sua dispersão pelo território irrigado (120 000 ha) e assim facilitem a entrega dos subprodutos pelos produtores e no mesmo circuito viabilize o retorno com fertilizante para aplicação no solo (EDIA *et al.*, 2017).

Este enquadramento possibilitará, por um lado, a demonstração efetiva das possibilidades de ligação entre as atividades agropecuárias e agroindustriais e a valorização dos seus subprodutos, preconizada desde a publicação em 2007 da ENEAPAI. Também a dispersão territorial das unidades a criar tem como objetivo a prossecução de um dos objetivos do Plano de Ação para a Economia Circular, que refere como fundamental a implementação de processos de logística inversa, que possibilitem a compatibilização da entrega dos subprodutos pelo produtor, com os seus próprios meios, com a recolha de composto para fertilização, aproveitando o retorno.

A localização das unidades privilegiará as parcerias com os agentes presentes no território, sejam agricultores, industriais, autarquias, cooperativas de produtores, entre outros, de forma a integrar a abordagem URSA no tecido empresarial local, potenciando a adesão dos utilizadores e a obtenção de resultados.

5.4. Caracterização da Unidade URSA

A unidade piloto URSA está instalada na Herdade da Abóbada, localizada em Vila Nova de São Bento, Concelho de Serpa. Nesta Herdade encontra-se instalado o Centro de Experimentação do Baixo Alentejo que tem desenvolvido ações de caracterização, conservação e utilização sustentável de recursos genéticos autóctones. Nas figuras seguintes apresenta-se o enquadramento geográfico da unidade.

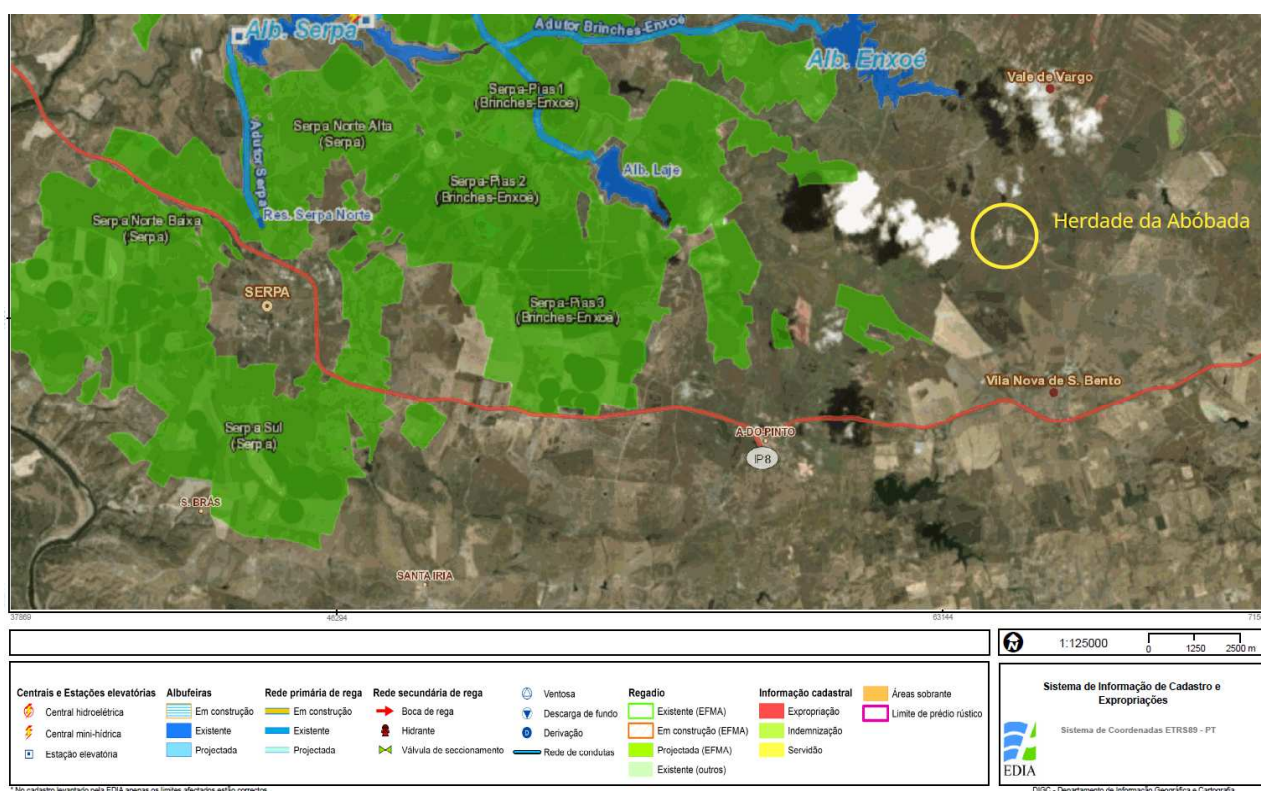


Figura 18 - Enquadramento geográfico da primeira URSA (Fonte: EDIA)

Esta unidade tem em vista a valorização orgânica, através de compostagem em pilha ou parga, dos subprodutos de explorações agrícolas e agroindustriais situadas na proximidade da Herdade da Abóbada. A unidade de compostagem tem uma dimensão de 2 hectares dividida por várias zonas que incluem a receção e acessos, as várias fases de preparação do produto e sua compostagem em pargas, a zona de armazenagem do produto final e a zona do parque de máquinas. A unidade garantirá que todos os subprodutos orgânicos são rececionados,

pesados, caracterizados, armazenados temporariamente, triturados, misturados e submetidos a um processo de compostagem. A figura seguinte apresenta o fluxograma do processo.



Figura 19 - Fluxograma Geral do Processo

A zona afeta às pilhas de compostagem compreende uma área ligeiramente inferior aos 3000 m², com uma distância entre pilhas de cerca de 3 m, destinada à passagem dos equipamentos de trabalho.

A área da unidade apresenta um desnível na zona de descarga dos subprodutos para facilitar a entrega dos materiais a ser submetidos ao processo de compostagem. Por sua vez, a zona das pilhas apresenta-se inclinada de modo a facilitar o processo de drenagem gravítica das frações líquidas e o seu armazenamento e acondicionamento sem bombagem. Na imagem seguinte apresenta-se um *layout* da unidade de compostagem.

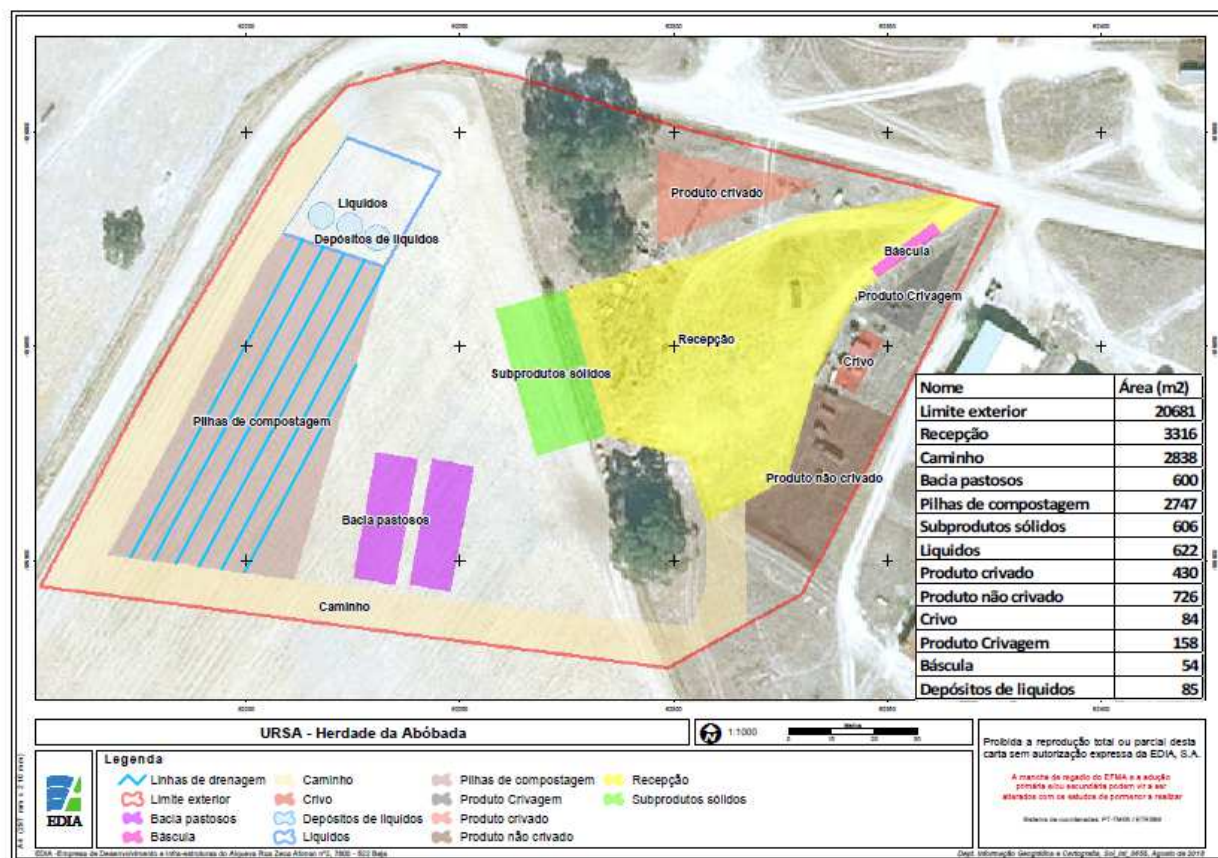


Figura 20 - Layout da unidade de compostagem (Fonte: EDIA)

Na entrada da URSA existe uma báscula de pesagens pela qual deverão passar todos os veículos que entrem na unidade com resíduos ou subprodutos ou saiam com composto orgânico.

Após a pesagem e caracterização na entrada, os subprodutos serão descarregados na zona de armazenamento temporário, na qual existem zonas individualizadas e identificadas para armazenamento das diversas categorias de materiais, podendo o armazenamento ser realizado em compartimentos à superfície do terreno, no caso de subprodutos secos, ou em bacias de retenção, no caso de subprodutos pastosos.

Uma vez separados e classificados segue-se a etapa de trituração, que garante que os materiais que compõem a mistura se encontram com as dimensões adequadas, de modo a garantir as condições para o desenvolvimento dos microrganismos e uma correta oxigenação. A mistura, após trituração dos materiais, é colocada longitudinalmente em camadas sobre a forma de pilhas (ou pargas) e promove-se o processo de compostagem através do controle das variáveis envolvidas no processo.

Cada pilha de compostagem tem uma estrutura semicilíndrica horizontal com um volume de 800 m³, ao que corresponde cerca de 680 toneladas por parga (considerando uma densidade média de 0,85). As pilhas possuem 3 m de largura, por 200 m de comprimento, e uma altura no centro da parga de cerca de 2 m. O processo de compostagem é realizado em pilhas longas a céu aberto, com reviramento mecânico a cada duas a quatro semanas desde o início do processo de compostagem, sendo que apenas o arejamento natural é contemplado.

Está prevista a duração de 110 dias desde a formação das pilhas até ao composto estar finalizado, possibilitando 3 ciclos de produção por ano. De acordo com a área disponível na unidade, considera-se exequível a produção de 16 pargas por ciclo, ou seja, um total de 48 pargas no ano cruzeiro (2021).

Da quantidade de subprodutos a processar até ao material compostado, observar-se-á uma redução do peso entre 30 a 40%, associada não só ao metabolismo do processo, mas também à redução do teor de humidade.

Os subprodutos rececionados serão triturados sempre que necessário, misturados com outros subprodutos no sentido de obter a razão C/N adequada e colocados nas pargas longitudinais de compostagem, as quais serão regadas e revolvidas de acordo com o comportamento térmico monitorizado.

Após uma fase de maturação, obtém-se um composto que será armazenado em local coberto, assegurando assim um maior controlo dos níveis de humidade e qualidade do mesmo, sendo posteriormente crivado previamente à sua entrega aos agricultores. A imagem seguinte apresenta o esquema resumo do processo (EDIA *et al.*, 2017), assim como as suas várias etapas, atividades e períodos de duração associados.

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

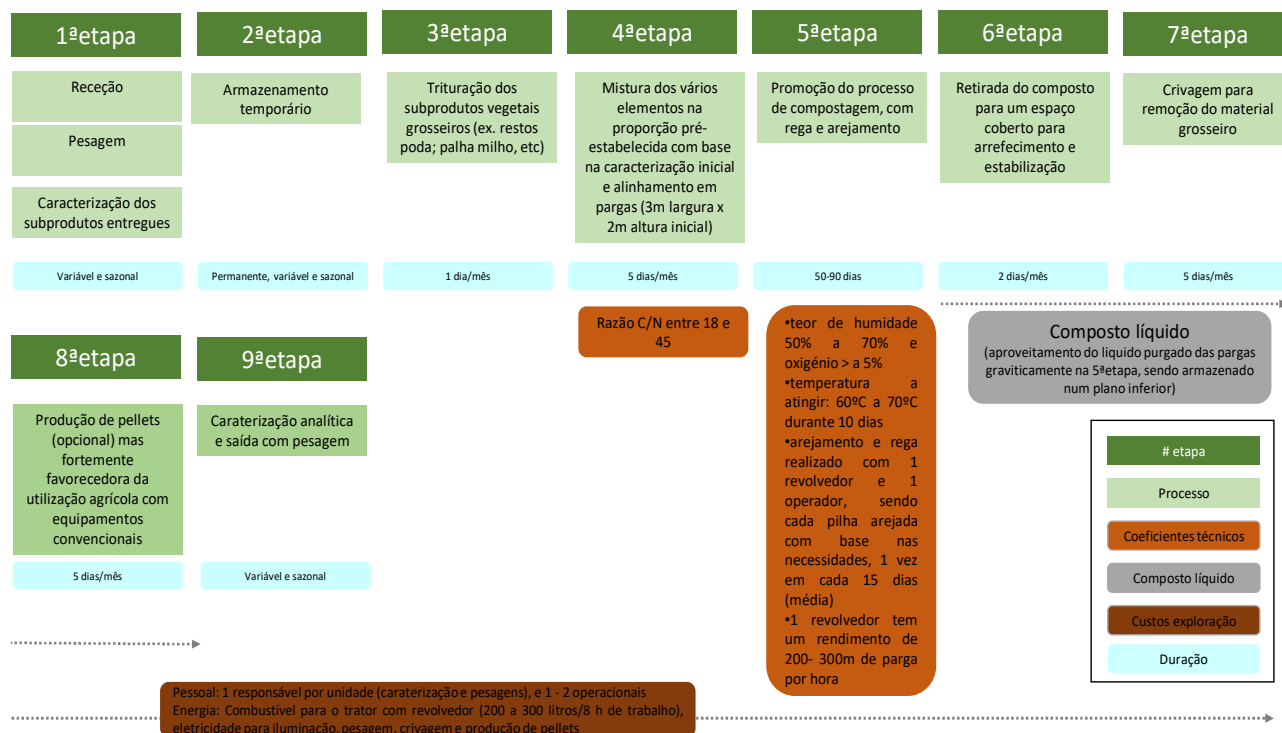


Figura 21 - Esquema resumo das principais operações da unidade de compostagem URSA

5.5. Análise de viabilidade -disponibilidade de subprodutos

A análise de viabilidade apresentada contempla a avaliação da disponibilidade de matéria-prima para a primeira unidade URSA, que servirá os sete perímetros de rega do subsistema do Ardila (Brinches, Brinches-Enxoé, Caliços-Machados, Caliços-Moura, Orada-Amoreira, Pias e Serpa) e que constitui atualmente o aproveitamento do Alqueva que se estende na margem esquerda do Guadiana. Estes sete perímetros de rega cobrem uma área de cerca de 15330 hectares.

De referir que, no arranque da primeira unidade URSA, os subprodutos a utilizar foram selecionados atendendo a vários fatores, nomeadamente a disponibilidade dos mesmos na área de abrangência, a isenção do RGGR (portanto não carecendo de licenciamento) e as respetivas características físico-químicas, necessárias para produzir um composto orgânico adequado para os solos do EFMA. Deste modo, foram identificados os seguintes subprodutos como materiais a trabalhar na fase de arranque: (i) folhas e ramas de olival e vinha; (ii) bagaço de azeitona; (iii) palhas de milho/restolho; (iv) verdes dos municípios; (v) engaço e bagaço de uva e (vi) algas/resíduos de limpeza dos canais da EDIA.

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Numa fase posterior, de acordo com a disponibilidade e tendo em vista o futuro licenciamento da unidade, pretende-se incluir adicionalmente os seguintes subprodutos no processo de compostagem: (i) lamas de queijaria; (ii) camas de bovinos, ovinos e suínos e (iii) lamas de ETA's e desperdícios da horticultura e fruticultura.

Conforme referido na seção 5.4, a capacidade instalada da unidade URSA é de 48 pargas no ano cruzeiro, o que, considerando 680 toneladas por parga, corresponde a 32640 toneladas de matéria-prima necessária para o processo de compostagem.

No subsistema do Ardila, identificaram-se como culturas com maior área de cultivo o olival, o amendoal, a uva para vinho, o milho e o girassol sendo que o olival se destaca das demais culturas referidas com cerca de 70% da área de cultivo. Na tabela seguinte identificam-se as áreas de cultivo correspondentes às culturas mais representativas e as respetivas quantidades médias de subprodutos gerados por cultura (EDIA *et al.*, 2017).

Tabela 5 – Área de cultivo das culturas mais representativas na área do EFMA na margem esquerda do rio Guadiana

Cultura no Ardila	Área (ha)	Quantidade de subprodutos	
		Produção (kg/ha.ano)	Total disponível (ton)
Milho (palhas)	795	26000	20672
Girassol (pés)	633	-	-
Olival (podas e ramas)	10730	1962	21052
Amendoal (podas)	666	763	508
Vinha (podas)	1419	6247	8861
Melão	518	-	-
Azevém	571	-	-
TOTAL	15332	-	51092

De referir a importância da fileira do azeite na quantidade de subprodutos produzidos, nomeadamente pela quantidade de folhas de oliveira e bagaço originado nesta indústria.

O composto deverá ser produzido com base num *mix* de matérias-primas com uma relação C/N adequada, tendo-se considerado que a mistura deverá ser constituída, para além de palhas (33%) e ramas (7%), por estrumes/camas de suínos (33%) e bagaço de azeitona (27%).

Cada hectare de olival dá origem em média entre 9 a 10 toneladas de azeitona no sistema intensivo (EDIA, 2018, Anuário Agrícola de Alqueva) e por cada tonelada de azeitona processada é originado entre 800-950 kg de bagaço em sistema contínuo de duas fases (Azbar *et al.*, 2010). Uma área de aproximadamente 10730

hectares de olival poderá, assim, originar cerca de 89000 toneladas de bagaço de azeitona. Naturalmente assumindo que toda a azeitona é processada localmente para produção de azeite, o que não corresponde à realidade.

Ainda assim, analisando o lado da oferta de matéria-prima, constata-se que existe disponibilidade para o funcionamento da unidade URSA.

Em complemento aos dados acima apresentados, de modo a identificar a disponibilidade de subprodutos orgânicos foi realizado um levantamento da agroindústria e agropecuária existente nos Concelhos de Moura e Serpa através de visitas aos locais, por pesquisa bibliográfica, com o apoio da DRAPAL (Direção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo), Municípios e por auscultação dos agentes económicos presentes no 1º *workshop* URSA, realizado na Escola Profissional de Desenvolvimento Rural de Serpa em janeiro de 2019.

Através deste levantamento, foi possível identificar os subprodutos existentes na área em estudo e perceber a disponibilidade e interesse dos agentes económicos em participar no Projeto.

De acordo com as atividades agrícolas e agroindustriais na área de influência da URSA foi possível identificar as seguintes principais atividades a ter em consideração no que concerne à origem de subprodutos orgânicos: azeite, vinho, cereais, pecuária, queijo, verdes do município/limpeza de canais da EDIA. Na Herdade da Abóboda, onde, como já referido, se encontra instalada a URSA experimental, decorrem atividades de pecuária, agroindustriais e agrícolas existindo a disponibilidade de lamas com origem na produção de queijos, subprodutos do olival, palhas e camas de bovinos e ovinos. Na figura seguinte apresenta-se a localização aproximada de agentes económicos que praticam as referidas atividades.

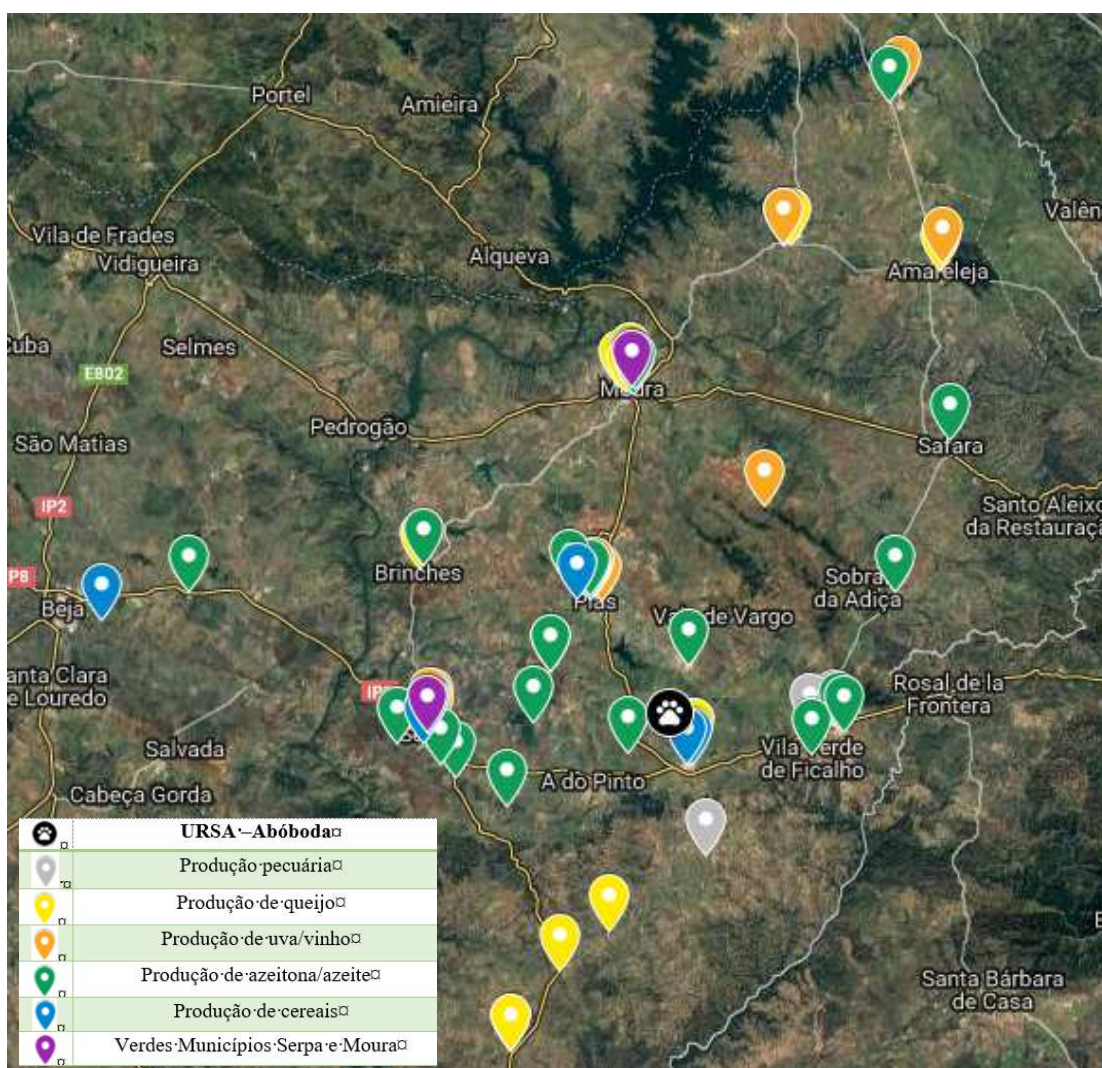


Figura 22 - Mapeamento de agentes económicos e tipologia de subprodutos gerados

No mapa com as localizações e tipologia de subprodutos da figura anterior estão identificadas um total de 72 possíveis origens de subprodutos a encaminhar para a URSA às quais se poderão adicionar os produtos orgânicos com origem nas limpezas dos canais da EDIA. De referir que as localizações identificadas são maioritariamente as localizações dos agentes económicos e que os subprodutos poderão ter origem em diferentes locais de produção para um mesmo agente económico. Como já indicado, a área de influência para a URSA foi alargada englobando os Concelhos de Serpa e Moura. Às origens de subprodutos identificadas também se adicionaram os recetores de azeitona com atividade na região que recebem a azeitona, removem as folhas e encaminham a azeitona para os lagares ficando com este subproduto da fileira do azeite. Na tabela seguinte

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

apresenta-se o número de agentes económicos identificado de acordo com as distâncias destes à unidade de compostagem. Para este estudo as distâncias foram definidas pelo raio ao Monte das Valadas.

Tabela 6 - Numero de agentes económicos nas proximidades da URSA

Distância (km)	Número de agentes económicos
< 5	7
< 10	25
< 15	30
<20	62
<40	72

Na tabela seguinte apresenta-se o número de agentes económicos identificados na área de abrangência, em cada uma das atividades que dão origem às diferentes tipologias dos referidos subprodutos.

Tabela 7 – Numero de produtores de subprodutos identificado por atividade

Atividade	Subprodutos	Nº Agentes Económicos
Produção de azeitona/azeite	Folhas de oliveira	25
	Bagaço de azeitona	
	Podas de oliveira	
Produção pecuária	Camas de bovinos, ovinos e suínos	6
	Chorumes	
Produção de uva/vinho	Bagaço de uva	13
	Engaços	
	Lamas de ETAR	
Produção de queijo	Lamas de queijaria	20
	Soro de leite	
Produção de cereais	Palhas de milho/restolho	6
Verdes do município e limpeza dos canais da EDIA	Materiais da manutenção de espaços verdes	2
	Limpezas do município	
	Algas/resíduos dos canais	1

Analisando agora o lado da procura. Tal como já referido, a capacidade instalada prevista de produção de composto no ano cruzeiro é de 21216 toneladas. Se considerarmos a aplicação de 5 toneladas de composto por hectare (valor considerado, no Relatório de Viabilidade do Projeto URSA como sendo, a quantidade necessária

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

anualmente, por hectare, para aumentar o teor de matéria orgânica em 1% num período de 19 anos), então teremos composto disponível para 4.243 hectares, o que é insuficiente para cobrir as necessidades. Assim, para o subsistema do Ardila, com uma área irrigada de 15332 hectares serão necessárias 4 unidades URSA. Esta conclusão está em linha com a visão global de Projeto da EDIA, que prevê precisamente a implementação futura de mais 3 unidades na margem esquerda do Guadiana (URSA Menor).

5.6. Incentivos à viabilidade do projeto

Atendendo aos vários incentivos existentes para a implementação de projetos de SI já descritos em capítulo anterior, efetua-se nesta secção uma análise dos incentivos que se consideram mais relevantes para o arranque e viabilidade do projeto no longo prazo.

Tabela 8 – Incentivos à viabilidade do Projeto URSA

Condicionante	Incentivo	Tipo	Destinatário
Adesão dos agricultores e agroindustriais	Entrega de composto orgânico contra a entrega de resíduos ou subprodutos de orgânicos na URSA. Para agentes económicos sem necessidade de composto, negociação de preços de água mais vantajosos.	Económico Financeiro	Agricultores Agroindustriais
	Estabelecimento de contratos ou planos de entrega de acordo com a colaboração com a URSA		
	Existem explorações que têm vindo aplicar composto orgânico nos seus solos obtidos a partir dos resíduos e subprodutos gerados pela própria atividade. Os efeitos na evolução da qualidade dos solos (teores de MO) são positivos. Estes casos de sucesso podem constituir exemplo e motivação para outros agricultores	Social	Agricultores
Garantir adequados canais de recolha para viabilizar funcionamento	Estabelecimento de parcerias entre EDIA e associações e cooperativas locais de produtores	Social	EDIA Associações Cooperativas
	Disponibilização de ações de informação e sensibilização aos agricultores locais.	Social	Agricultores

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Condicionante	Incentivo	Tipo	Destinatário
	Recolha de subprodutos no produtor evitando a necessidade de deslocação à URSA	Económico	Agroindustriais
	Pagamento ao produtor, nos casos justificáveis, por exemplo, bagaço de azeitona, para o qual os produtores já recebem uma compensação económica por parte das empresas de extração de bagaço	Económico Financeiro	
	Na fase inicial de operação os subprodutos serão maioritariamente recolhidos pela EDIA através de subcontratação de serviços externos que possuem os meios humanos e equipamentos necessários para a recolha e transporte das várias tipologias de subprodutos. Alguns dos equipamentos e mão-de-obra para a operação da URSA também será inicialmente subcontratada.	Técnico Económico	
Capacidade de receção da unidade	O armazenamento na unidade de compostagem será gerido tendo em consideração o espaço disponível, a disponibilidade/sazonalidade dos subprodutos, os subprodutos pretendidos e o tempo do processo de compostagem. Se necessário serão procuradas outras soluções para armazenamento, nomeadamente em infraestruturas já existentes dentro da Herdade de Abóboda.	Técnico	EDIA
Disponibilidade financeira para implementação do Projeto	Acesso a incentivos financeiros disponibilizados através do Fundo Ambiental, que financiou a primeira unidade. A continuidade do projeto e o <i>scale-up</i> poderá ser financiada por fundos do P2020 ou Fundos Europeus.	Financeiro	EDIA
Atual regulamentação da gestão de resíduos	Simplificação e redução de custos (taxas) e tempo associado aos processos de desclassificação de resíduos. Aumento do número de resíduos excluídos do âmbito de aplicação do RGGR.	Legal	Indústria Agricultores Cooperativas

A primeira unidade de compostagem URSA foi instalada no âmbito de um Projeto cofinanciado pelo Fundo Ambiental Português. No âmbito do referido projeto, que teve como beneficiários a EDIA (beneficiário líder) e o ISQ, foram envolvidas as comunidades de agricultores locais, através da realização de dois *workshops* de apresentação do projeto. Adicionalmente foram realizadas 6 visitas técnicas a agricultores da região que se encontram já a produzir composto orgânico para utilização própria. Em cada uma destas visitas foi preenchido um inquérito que tinha por objetivo caracterizar o tipo de compostagem realizada e matérias/subprodutos incorporados, mas também auscultar os agricultores relativamente às dificuldades sentidas na aplicação de composto orgânico assim como avaliar a disponibilidade em vir a colaborar com a unidade URSA. Da análise dos inquéritos efetuados, como principais dificuldades, foram identificados os seguintes aspetos por parte dos agricultores:

- Enquadramento legal desfavorável: Processos administrativos longos, complexos (burocracia) e onerosos no que se refere à legalização do processo de compostagem;
- Falta de mão-de-obra e de equipamentos adequados, nomeadamente revolvedor e triturador;
- Quantidade de subprodutos disponível para integrar no processo de compostagem é inferior às necessidades;
- Dificuldades no processo de rega das pilhas.

Os constrangimentos acima referidos por parte dos agricultores constituem uma oportunidade para o Projeto URSA, na medida em que o composto produzido pelas explorações que já praticam a valorização dos seus desperdícios não é suficiente para cobrir todas as suas necessidades. A URSA pode ser uma resposta para o fornecimento do composto adicional necessário.

Também o estabelecimento de acordos com os agricultores que incluam a disponibilização/partilha de equipamentos de compostagem (revolvedores, trituradores) constitui um incentivo para a adesão ao projeto, além de que, reforça o caráter circular do mesmo, na medida em que a partilha de bens com vista à maximização do seu uso, constitui uma das estratégias da economia circular.

De qualquer forma, a opinião dos agricultores locais é comum quanto aos benefícios da aplicação de composto orgânico com resultados positivos verificados ao nível do solo e das culturas agrícolas. Este facto constitui em si, um incentivo à futura viabilidade do Projeto.

5.7 Avaliação dos benefícios ambientais

Como já referido na seção anterior, o Projeto URSA beneficiou de apoio do Fundo Ambiental para a instalação da primeira unidade, num período de seis meses que decorreu de setembro de 2018 até fevereiro de 2019.

Neste período de tempo não foi tecnicamente possível obter composto orgânico produzido na própria unidade, uma vez que os primeiros meses de projeto se destinaram à aquisição de equipamentos, preparação das infra-estruturas, instalação, comissionamento e arranque da unidade experimental, sendo que, no final do projeto não existia ainda composto orgânico devidamente maturado para caracterização. Esta situação foi aliás prevista em fase de candidatura, tendo-se avançado, como alternativa, para a caracterização de subprodutos, composto orgânico e solos provenientes de explorações que já se encontram a produzir composto orgânico, a partir dos subprodutos gerados pelas respetivas atividades agrícolas e agropecuárias, como forma de avaliar a qualidade e potencial, quer dos subprodutos disponíveis, quer do próprio composto orgânico produzido no que se refere à presença de micro e macronutrientes relevantes para as culturas.

Neste sentido, no presente trabalho, com vista a avaliar os benefícios do Projeto URSA para a qualidade ambiental da região e para os agricultores locais, não havendo ainda dados disponíveis relativamente ao composto produzido pela unidade, recorreu-se a dados de duas explorações locais, designadas por Agente Económico 1 (AE1) e Agente Económico 2 (AE2), ambos em regime de produção biológica, localizados a menos de 5 km da unidade piloto URSA e portanto, inseridos no perímetro da sua área de abrangência. Recorreu-se igualmente a dados da bibliografia referentes a um produtor em regime de produção integrada, intensiva, na região do Alentejo (AE3), que aplica exclusivamente fertilização química.

5.7.1. Avaliação Ambiental de Ciclo de Vida

De uma forma qualitativa, os potenciais benefícios para o ecossistema associados à aplicação de composto orgânico verificam-se potencialmente ao nível do solo (aporte de nutrientes, sequestro de carbono, redução da erosão, humidade e capacidade de retenção de água, funcionalidade, biodiversidade) e das culturas (supressão de infestantes e doenças, maior rendimento e qualidade nutricional) (Martínez-Blanco et al., 2013).

Por forma a analisar os efeitos no ambiente decorrentes da implementação do projeto URSA, i.e, aplicação de composto orgânico nos solos locais, com conseqüente redução da aplicação de fertilizantes químicos, será adota a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).

A ACV cuja metodologia normalizada foi já introduzida na secção 3.3.1. do presente documento, é considerada adequada para avaliar os impactes ambientais de sistemas agrícolas. Esta metodologia tem vindo a ser utilizada nos últimos anos para investigar os efeitos no ambiente dos vários processos de cultivo e produção de azeite. Estudos anteriores concluíram que o processo de cultivo do olival é o responsável pela maioria dos impactes ambientais associados à produção de azeite pelo que, qualquer esforço para minimizar o impacte global de ciclo de vida da produção deverá incluir a componente de cultivo. Um dos temas mais relevantes na ACV do setor do azeite é a comparação entre o sistema de produção biológico e o convencional.

De uma forma geral, os poucos estudos realizados até à data convergem para um menor impacto dos sistemas de produção biológicos, contudo, a literatura também mostra que nem sempre estes são menos prejudiciais do que os sistemas convencionais (Romero-Gámez et al., 2017).

Realizar uma ACV comparativa detalhada entre processos de cultivo biológico versus convencional (que pode recorrer a qualquer tipo de fertilização) é um processo complexo pois, de facto, existem diversos fatores que podem influenciar os benefícios ambientais atrás referidos associados ao processo biológico, a saber: (i) o processo de compostagem (qualidade e composição dos materiais e da mistura, parâmetros operacionais); (ii) as características do composto obtido (maturidade, relação C/N, presença de metais pesados, atividade microbiana); (iii) Forma de aplicação do composto (dosagens e método de aplicação); (iv) condições locais (tipo solo, condições climatológicas) e gestão da cultura (rotação de culturas, tipo de arejamento, etc.).

Desta forma, procurou-se realizar a ACV comparativa de uma forma simplificada, contemplando apenas os principais *inputs* para o processo de cultivo (fertilizantes, fitossanitários, irrigação e energia) uma vez que, de acordo com estudos de ACV recentes ao setor do azeite, as emissões associadas a estes inputs são as que mais contribuem para as categorias de impacte ambiental (Romero-Gámez et al., 2017).

i) Definição de objetivos e âmbito da ACV

Objetivos

A definição do objetivo do estudo corresponde à primeira fase de qualquer ACV, sendo esta crucial para o sucesso do mesmo pois determina o porquê do ACV estar a ser realizado, bem como a sua intenção geral e público-alvo. Assim, neste estudo o objetivo principal é analisar os impactes ambientais associados à produção de azeitona de um produtor biológico na zona de influência da URSA, que recorre exclusivamente a adubação orgânica, por comparação a um produtor em regime de produção integrada, intensiva, na região do Alentejo, que recorre exclusivamente a adubação química.

Âmbito do estudo

O ciclo de vida de um produto é composto por processos unitários ligados entre si por fluxos de produtos intermediários, que constituem uma ou mais funções definidas. A esta interação de processos unitários dá-se o nome de sistema de produto. O sistema do produto inicia-se com a extração e/ou aquisição dos materiais que inclui as atividades relacionadas com a obtenção de recursos naturais, incluindo materiais naturais e materiais minerais, necessários para os processos de produção, no caso em concreto, da azeitona. De referir que esta etapa inclui não só a extração e/ou aquisição das matérias-primas específicas para o cultivo (fertilizantes), mas

também de todos os materiais naturais e minerais necessários para a produção dos diferentes consumíveis igualmente utilizados no processo, por exemplo, combustíveis, materiais para os sistemas de irrigação ou maquinaria agrícola. A etapa seguinte do ciclo de vida representa o processo de cultivo da azeitona. Esta etapa inclui uma série de vários processos que, de uma forma geral, corresponde à utilização dos diferentes materiais e recursos dando origem ao produto final. Deste conjunto de processos resultam não só o produto final (azeitona), como também subprodutos (podas), emissões (dos fertilizantes e combustíveis) e resíduos (embalagens, telas).

Apesar de se identificarem etapas posteriores, tais como a utilização e fim-de-vida do produto em causa (azeite ou azeitona de mesa), tendo em conta o objetivo da presente ACV, definiu-se como fronteira do estudo o subsistema agrícola de produção da azeitona, considerando todos os inputs e outputs de materiais e energia até à porta da exploração (*cradle-to-gate*).

Este subsistema do cultivo da azeitona envolve: consumo de combustíveis (eletricidade e combustíveis fósseis) usados nas operações de irrigação, mobilização do solo, podas e colheita; consumo de água no processo de irrigação; consumo de fertilizantes; consumo de pesticidas; gestão e transporte de resíduos de podas; transporte e manufatura de materiais usados nos sistemas de irrigação, embalagens utilizadas no armazenamento e transporte de pesticidas e fertilizantes; manufatura e transporte de fertilizantes e pesticidas até ao local de produção; emissões de contaminantes decorrentes das aplicações de pesticidas e fertilizantes; e gestão e transporte dos resíduos gerados durante a produção.

A Figura seguinte apresenta um diagrama correspondente ao sistema agrícola de produção da azeitona, onde se pode observar todos os *inputs* e *outputs* associados ao processo.

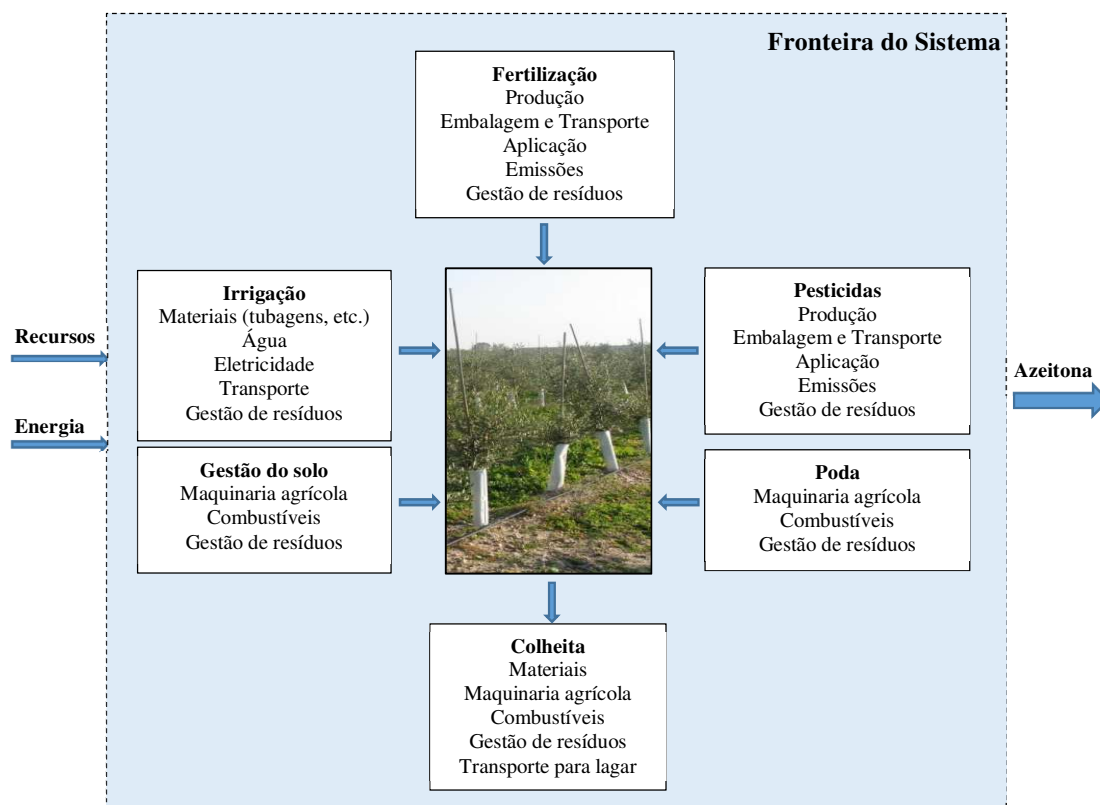


Figura 23 - Diagrama do processo de cultivo da azeitona

Unidade Funcional

Numa ACV os sistemas de produtos são avaliados numa base funcionalmente equivalente. A unidade funcional normaliza os dados com base no uso equivalente e serve de referência para relacionar as entradas e saídas dos diferentes processos que compõem o ciclo de vida, bem como de termo de comparação dos resultados obtidos pelo estudo. Nesta ACV, uma vez que se trata de um sistema agrícola, optou-se por seleccionar duas unidades funcionais distintas: 1 tonelada de azeitona produzida e 1 hectare de olival cultivado, através dos processos anteriormente referidos. A escolha destas unidades funcionais teve por base o facto de serem independentes do tipo de produto final, da configuração dos processos produtivos ou dos fluxos materiais nelas utilizados.

Exclusões gerais

Considerando os processos e etapas anteriormente mencionados, alguns itens foram excluídos desta ACV devido a razões que se prendem fundamentalmente com a inacessibilidade de dados, grande diversidade de fontes heterogéneas ou impossibilidade da determinação dos mesmos. De qualquer forma e tal como já referido, os principais *inputs* para o processo de cultivo que foram contemplados (fertilizantes, fitossanitários, irrigação e

energia) são os que mais influenciam os impactes ambientais do processo, de acordo com a literatura. As principais exclusões efetuadas foram as seguintes:

- Plantação do olival. As culturas analisadas encontram-se em plena produção;
- Produção e transporte dos materiais necessários para operações de irrigação (tubagem, bombas, etc.)
- Operações de gestão de resíduos
- Operações de poda e gestão de resíduos de poda
- Infraestruturas necessárias para suportar o processo de produção, (por exemplo, construção de instalações, equipamentos, máquinas e sua manutenção geral);
- Produção e manutenção dos equipamentos utilizados nos processos de produção;
- Produção e manutenção dos veículos de transporte;
- Distribuição e utilização do produto final;
- Atividades relacionadas com fim-de-vida dos produtos enquanto resíduos.

Recolha de dados e metodologia

Todos os dados recolhidos no âmbito deste estudo foram normalizados de acordo com as unidades funcionais anteriormente descritas e, em seguida, importados para o *software* UMBERTO LCA+ versão 10.0.3., um *software* de avaliação de ciclo de vida disponível comercialmente pela *ifu Hamburg GmbH*, que incorpora a base de dados Ecoinvent 3 (versão 3.5 com impactes agregados). O *UMBERTO LCA+* permite o armazenamento e organização dos dados do inventário do ciclo de vida e o cálculo dos seus respetivos impactes ambientais.

Os resultados deste estudo são apresentados relacionando as entradas e saídas de cada processo e atividade, definidas na análise de inventário, tendo em conta as categorias de impacto ambiental já definidas e aceites pela comunidade científica, nomeadamente pelo UNEP/ SETAC.

Dada a complexidade do processo de avaliação de impactes, várias metodologias têm sido sugeridas e descritas com este objetivo. Depois de uma análise criteriosa aos métodos atualmente disponíveis, o método de avaliação de impactes selecionado para a presente avaliação foi o método ReCiPe Midpoint (H) w/o LT. Este método é orientado por categorias de dano e compreende igualmente indicadores intermédios harmonizados, possibilitando uma melhor perceção das ligações na cadeia de causa-efeito entre as categorias de impacto e as categorias de dano (Goedkoop *et al.*, 2013). Foi desenvolvido pelo RIVM (*National Institute for Public Health and the Environment*, Holanda) e pela Universidade de Radboud, CML, e PRÉ Consultants, sendo também integrado no *software* UMBERTO LCA+.

O método ReCiPe compreende dezoito categorias de impacto (*midpoint*), e três categorias de dano (*endpoint*) interligadas entre si por fatores de ponderação. Conceptualmente, a metodologia começa por implementar a

ligação entre os resultados do inventário e os resultados dos impactes ambientais com fluxos semelhantes. Durante esta fase os resultados do inventário são classificados em categorias de impacto de nível médio, também chamadas categorias de *midpoint*. Para cada resultado do inventário, é então calculado um valor indicador por categoria de *midpoint*, caracterizando o resultado do inventário de acordo com sua contribuição específica para o impacto comum. O termo “ponto médio” indica que este está localizado numa posição intermédia de impacto, entre os resultados do inventário e da categoria de danos (muitas vezes referida como *endpoints*). A figura seguinte apresenta o esquema geral da metodologia seguida pelo método ReCiPe, que interliga todos os tipos de resultados do inventário através das categorias *midpoint* tradicionais às categorias de danos (*endpoints*) (Goedkoop *et al.*, 2013).

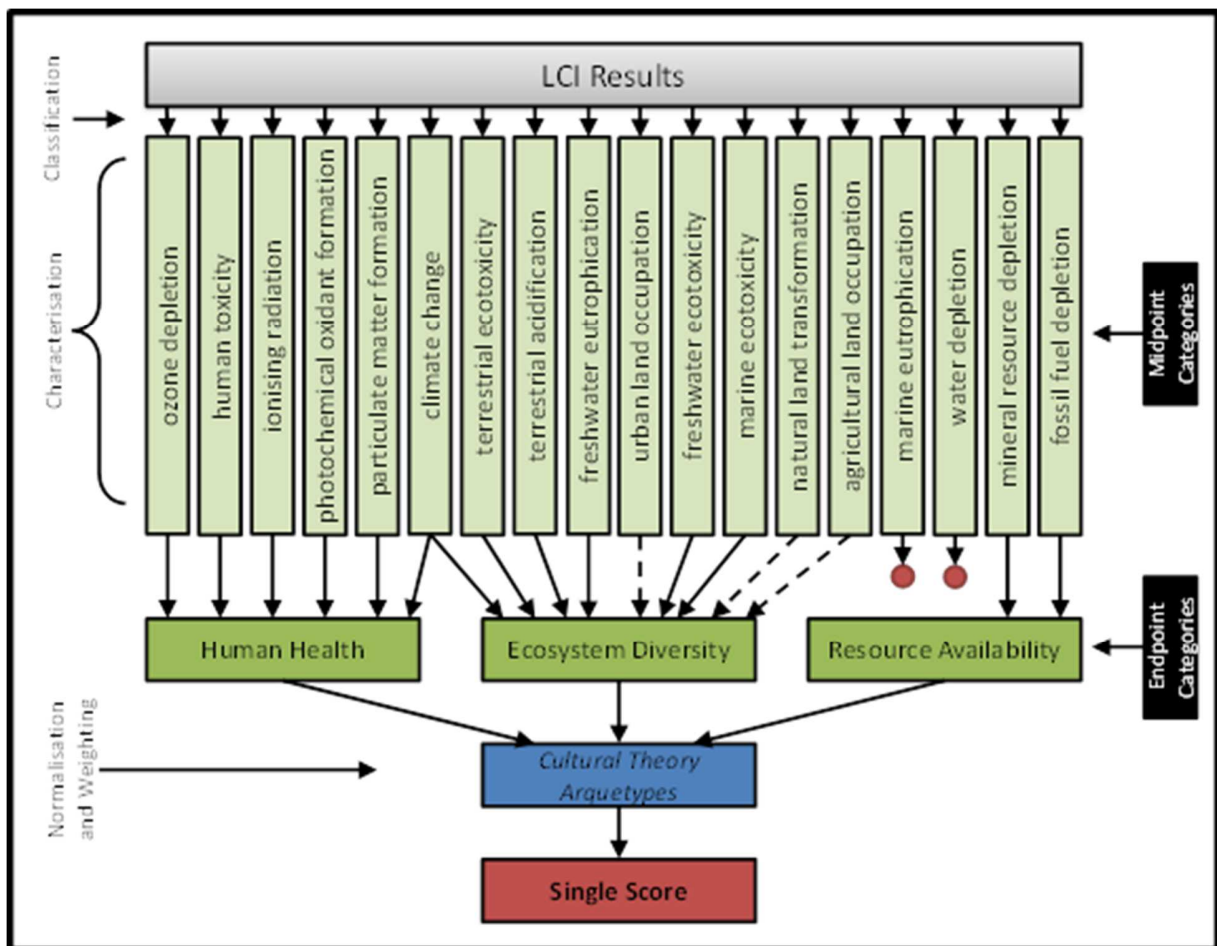


Figura 24 - Representação esquemática da metodologia seguida pelo método ReCiPe.

Numa primeira etapa os parâmetros de inventário e os resultados são ordenados, designados e agregados em categorias de impacto específicas. De todas as categorias de impacto que integram o método ReCiPe, foram selecionadas como mais relevantes para o processo de cultivo da azeitona as listadas em seguida (Envirodec, 2014):

- Alterações climáticas - refere-se aos efeitos resultantes de um aumento das doenças e mortes causadas pelas alterações climáticas (unidades: kg CO₂ eq);
- Eutrofização de Águas Interiores - refere-se aos impactes resultantes de nível excessivamente elevados de nutrientes em águas interiores, conduzindo a mudanças na composição de espécies e aumento da produtividade biológica (unidades: kg P eq);
- Ecotoxicidade de Águas Interiores - refere-se aos impactes na qualidade dos ecossistemas de Água Doce em resultado da emissão de substâncias ecotóxicas para o ar, água ou solo (unidades: kg 1,4-DB eq);
- Depleção de Água - refere-se ao volume total de água utilizado pelo sistema de produto (unidades: m³);
- Ocupação de Solo Agrícola - refere-se aos impactes nos ecossistemas resultantes da ocupação de Solo Agrícola por outras atividades (unidades: m²a);
- Transformação de Solo Natural - refere-se aos impactes nos ecossistemas resultantes da transformação de Solo Natural para atividades antropogénicas (unidades: m²).

A esta agregação de resultados em categorias de impacte é chamada fase de classificação. O próximo passo representa a etapa de caracterização, em que os parâmetros de inventário são multiplicados por fatores de equivalência, de acordo com seu efeito potencial em cada categoria de impacte. Os valores obtidos para os parâmetros incluídos em cada categoria de impacte são então somados e o resultado final da categoria é obtido.

Em seguida, a fim de melhor compreender a magnitude relativa de cada categoria de dano no resultado global do sistema de produto, é efetuada a normalização dos resultados. Na etapa de normalização os resultados das categorias de danos são divididos por um valor "normal" de referência. O resultado é um conjunto de fatores, com ou sem a mesma dimensão, que refletem a influência relativa de cada categoria nos danos totais calculados.

ii) Análise de Inventário

O Inventário de uma ACV é a identificação e quantificação dos materiais, recursos, emissões, resíduos e fluxos de produtos de cada etapa e/ou processo do ciclo de vida de um produto. Neste estudo, os fluxos de entrada, tal como já referido, incluem os principais recursos utilizados na produção de azeitona por cada um dos processos em estudo, nomeadamente fertilizantes, fitossanitários, água e energia irão assim incluir dados de todos os, os materiais de apoio utilizados no seu processamento, bem como a energia. Relativamente aos fluxos de saída, estes incluem as emissões para o ar resultantes da fertilização azotada. Não foram considerados os fluxos

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

de saída associados às podas e aos resíduos de plástico utilizados na apanha da azeitona, por falta de informação associada aos produtores AE2 e AE3. Dada a impossibilidade de prever a fonte concreta de cada um dos materiais e recursos utilizados nos processos, recorreu-se à base de dados Ecoinvent 3 (versão 3.5). Os materiais e recursos considerados, baseados nos materiais definidos, foram os descritos na tabela seguinte.

Tabela 9 – Datasets Ecoinvent utilizados na ACV

Fluxo Definido	Fluxo Atribuído
Composto orgânico	<i>Market for compost [GLO]; Result; Allocation, APOS</i>
Fertilizante, N	<i>Market for nitrogen fertiliser, as N [GLO]; Result; Allocation, APOS</i>
Fertilizante, P	<i>Market for phosphate fertiliser, as P2O5 [GLO]; Result; Allocation, APOS</i>
Fertilizante, K	<i>Market for potassium fertiliser, as K2O [GLO]; Result; Allocation, APOS</i>
Cobre (sulfato)	<i>Copper sulphate production [GLO]; Result; Allocation, APOS</i>
Boro	<i>Market for sodium borates [GLO]; ; Result; Allocation, APOS</i>
Ureia	<i>Urea production, as N [RER]; ; Result; Allocation, APOS</i>
Glifosato	<i>glyphosate production [RER]; ; Result; Allocation, APOS</i>
Água de irrigação	<i>Tap water production, direct filtration treatment [Europe without Switzerland]; Result; Allocation, APOS</i>
Eletricidade	<i>Market for electricity, medium voltage [PT]; Result; Allocation, APOS</i>
Gasóleo agrícola	<i>Diesel, burned in agricultural machinery [GLO]; Result; Allocation, APOS</i>
Gasolina	<i>Petrol, unleaded, burned in machinery [GLO]; Result; Allocation, APOS</i>
Emissões de NH ₃	<i>Ammonia [air/unspecified]</i>
Emissões de N ₂ O	<i>Dinitrogen monoxide [air/unspecified]</i>
Emissões de NO _x	<i>Nitrogen oxides [air/unspecified]</i>
Emissões de glifosato	<i>Glyphosate [air/non-urban air or from high stacks]</i>
Emissões de tebuconazol	<i>Tebuconazole [air/non-urban air or from high stacks]</i>

GLO-Global; RER – Rest of Europe

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Com base nesta correlação, as tabelas seguintes resumem os dados de inventário calculados para os processos em estudo (fertilização orgânica e química). De referir que os dados primários correspondentes aos produtores biológicos AE1-SO e AE2-SO foram obtidos por entrevista (presencial e telefónica) e os dados correspondentes ao produtor intensivo AE3-SII foram recolhidos em referência bibliográfica. Também os dados referentes às emissões resultantes da aplicação de fertilizantes e pesticidas/fitossanitários, foram obtidas através da bibliografia.

Tabela 10 - Dados de inventário correspondentes à unidade funcional UF = 1 hectare

			AE1 -SO	AE2 - SO	AE3 - SII ⁽¹⁾
	Área total regadio	Hectare	30	nd	248.7
	Prod média azeitona	Ton/ano	4	8	2487
Input		Unidade	Valor	Valor	Valor
Fertilização química	N	kg/hectare	0	0	109.6
	P	kg/hectare	nd	nd	48
	K	kg/hectare	0	0	128.8
	Ureia	kg/hectare	0	0	37.5
	Boro	kg/hectare	0	0	0.47
Fertilização orgânica	Estrume bovino	kg/hectare	10000	8000	0
	Bagaço azeitona	kg/hectare	6000		0
	Folhas verdes	kg/hectare	2000		0
	Feno	kg/hectare	2000		0
Fitossanitários	Cobre	kg/hectare	6.5	nd	0
	Oxicloreto de cobre	kg/hectare	0	0	10
	Tubeconazol	g/hectare	0	0	150
	Glifossato	g/hectare	0	0	2900
	Dimetoato	kg/hectare	0	0	3.6
	Etrato de algas	kg/hectare	0	0	2.5
	Sulfato de diamónio	kg/hectare	nd	nd	0
	Bacilos turgências	kg/hectare	nd	nd	0
Energia	Eletricidade	kWh/hectare	106.15	106.15	880
	Gasolina	L/hectare	27	27	14
	Gasóleo agrícola	L/hectare	91	91	86
Água	Água	m3/hectare	1500	1500	2000
Outputs		Unidade	Valor	Valor	Valor
Produto	Azeitona	ton/hectare	0.13	nd	10
Emissões Ar ⁽²⁾	NH ₃ (Fertilização N)	kg/hectare	0.6	0.6	3.67
	N ₂ O (Fertilização N)	kg/hectare	0.16	0.16	0.99
	NO _x (Fertilização N)	kg/hectare	0.42	0.42	2.58
	Glifosato	kg/hectare	0	0	0.0006
	Tubeconazol	kg/hectare	0	0	0.0000405

(1) Figueiredo *et al.* (2014); (2) Romero-Gámez *et al.*, 2017; nd – informação não disponibilizada pelo produtor

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Uma vez que o produtor AE2-SO não disponibilizou informação referente à área total cultivada (apenas forneceu dados por hectare), não foi possível efetuar, para este produtor, o inventário indexado à UF tonelada de azeitona.

Tabela 11 - Dados de inventário correspondentes à unidade funcional UF = 1 tonelada de azeitona

Input		Unidade	AE1 - SO	AE3 - SII
Fertilização química	N	kg/ton	0	10.96
	P	kg/ton	nd	4.8
	K	kg/ton	0	12.88
	Ureia	kg/ton	0	3.75
	Boro	kg/ton	0	0.047
Fertilização orgânica	Estrume bovino	kg/ton	75000	0
	Bagaço azeitona	kg/ton	45000	0
	Folhas verdes	kg/ton	15000	0
	Feno	kg/ton	15000	0
Fitossanitários	Cobre	kg/ton	48.75	0
	Oxicloreto de cobre	kg/ton	0	1
	Tubeconazol	g/ton	0	15
	Glifossato	g/ton	0	290
	Dimetoato	kg/ton	0	0.36
	Etrato de algas	kg/ton	0	0.25
	Sulfato de diamónio	kg/ton	nd	0
	Bacilos turgências	kg/ton	nd	0
Energia	Eletricidade	kWh/ton	796.13	88
	Gasolina	L/ton	202.84	1.4
	Gasóleo agrícola	L/ton	684.93	8.6
Água	Água	m ³ /ton	11250	200
Outputs		Unidade	Valor	Valor
Produto	Azeitona	ton	1	1
Emissões Ar ⁽¹⁾	NH ₃ (Fertilização N)	kg/ton	4.5	0.367
	N ₂ O (Fertilização N)	kg/ton	1.2	0.099
	NO _x (Fertilização N)	kg/ton	3.15	0.258
	Glifosato	kg/ton	0	0.00006
	Tubeconazol	kg/ton	0	4.05E-06

(1) Romero-Gámez et al., 2017; nd – informação não disponibilizada pelo produtor

Os valores de gasolina e gasóleo foram convertidos em MJ, para adequação à unidade do correspondente fluxo atribuído no Ecoinvent 3 (Tabela 9). Para o efeito, os valores de poder calorífico (MJ/kg) utilizados na conversão são os constantes do Despacho n° 17313/2008 de 26 de Junho de 2008. As figuras seguintes apresentam os diagramas de Sankey para os processos AE3-SII e AE1-SO, onde se podem observar os fluxos de materiais e energia mais representativos dos respetivos sistemas.

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

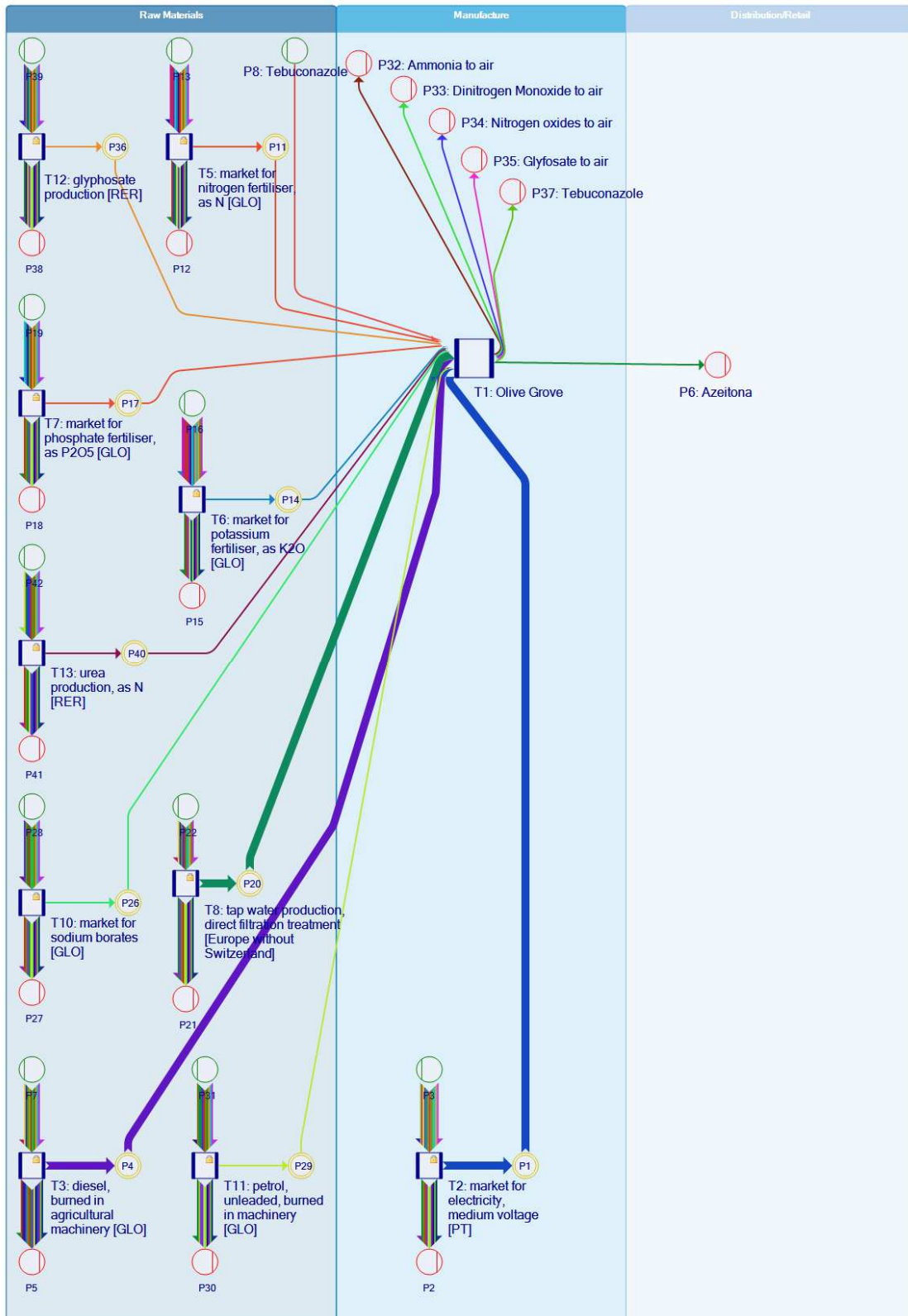


Figura 25 - Diagrama de Sankey para o processo AE3-SII (Fertilização Química)

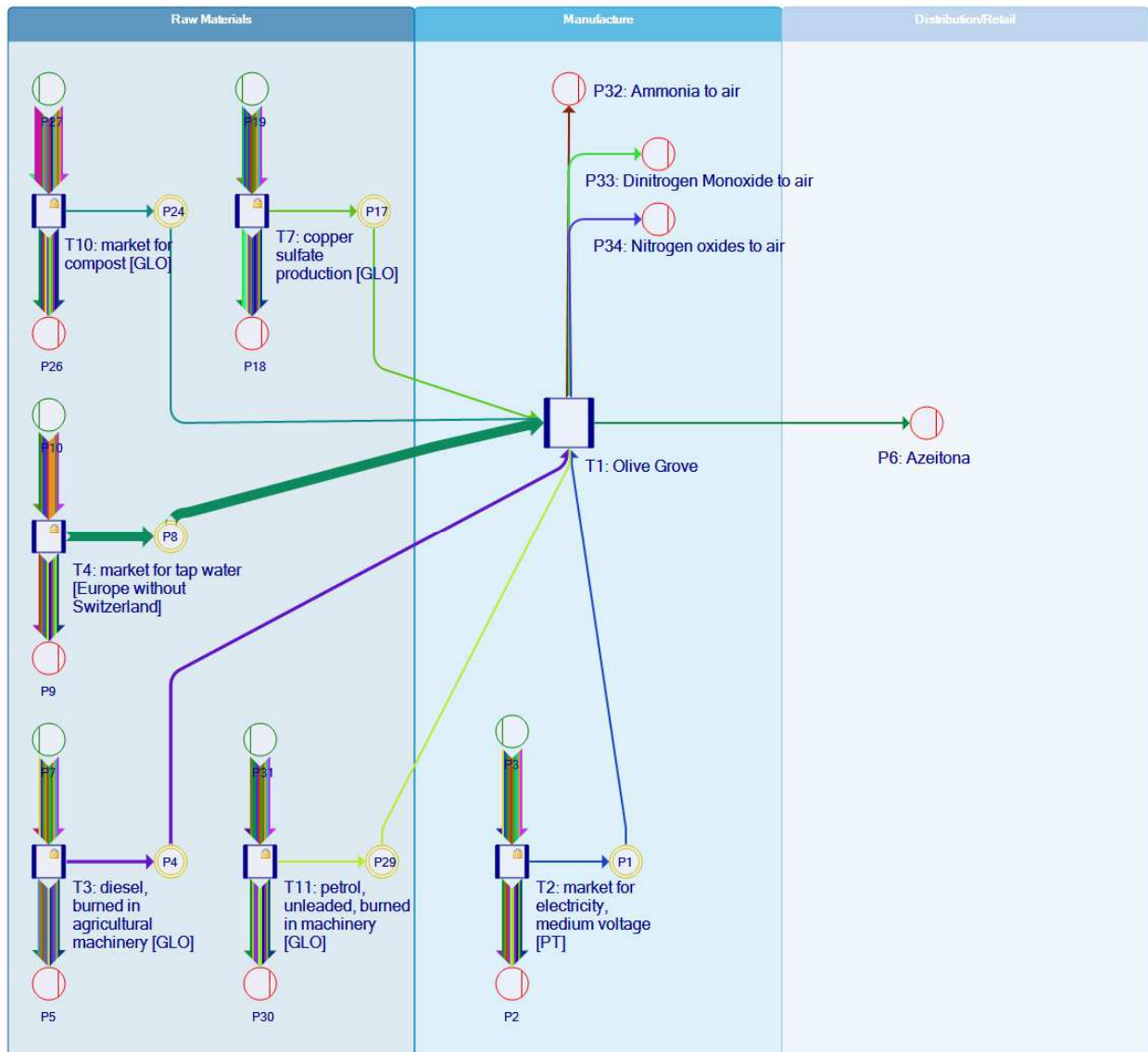


Figura 26 - Diagrama de Sankey para o processo AE1-SO (Fertilização Orgânica)

Avaliação de Impactes e Interpretação

Considerando as premissas atrás enunciadas, os resultados globais refletem os impactes ambientais passíveis de serem verificados durante os processos/cenários considerados, tendo em conta os consumos de materiais, energia e emissões geradas. Neste sentido, apresentam-se em seguida os resultados obtidos para os diferentes cenários (fertilização química vs fertilização orgânica), tendo em conta as unidades funcionais em estudo, i.e., hectare de olival cultivado e tonelada de azeitona produzida.

As Figuras 27 e 28 apresentam o impacto ambiental em termos de emissões de GEE dos vários processos considerados em cada cenário. Conforme se pode observar pela análise da Figura 27, no caso do cenário de fertilização química (AE3-SII), o maior impacto é atribuído à extração, produção e distribuição de fertilizante azotado, seguindo-se a utilização de gásóleo agrícola e consumo de energia elétrica.

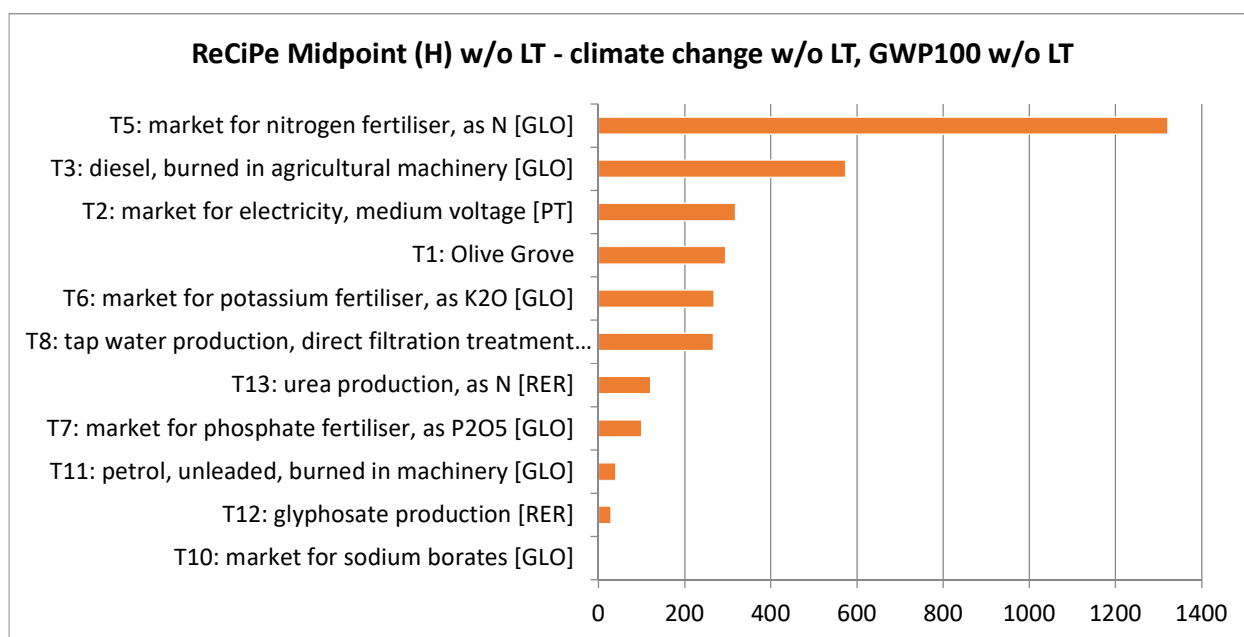


Figura 27 - AE3 SII - Principais fluxos contribuintes para o impacto “alterações climáticas”

[dados em kg CO₂ - Eq, UF = hectare]

No caso do cenário de fertilização exclusivamente orgânica (AE1-SO), o maior impacto é atribuído à produção de composto orgânico, seguindo-se a utilização de gásóleo agrícola e a produção, distribuição e utilização de água para irrigação.

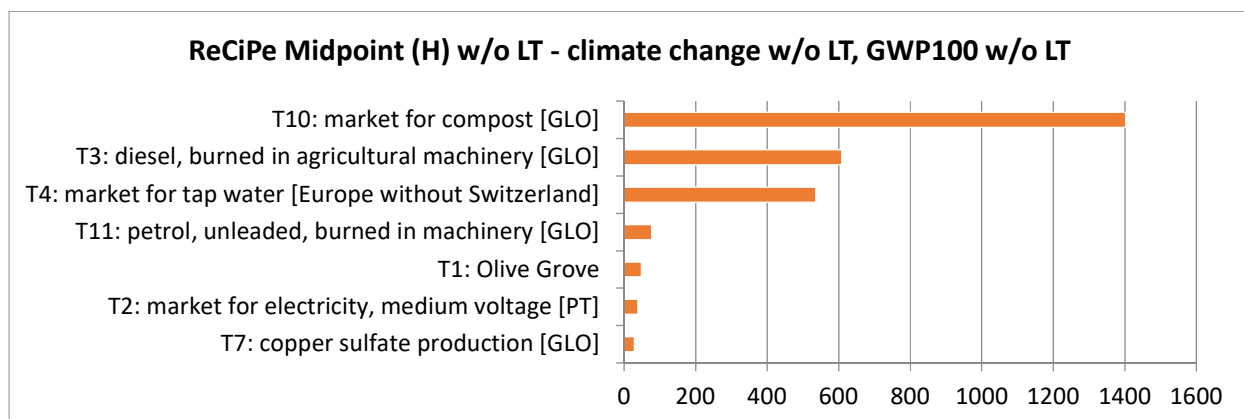


Figura 28 - AE1 SO - Principais fluxos contribuintes para o impacto “alterações climáticas”

[dados em kg CO₂ - Eq, UF = hectare]

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

A tabela seguinte apresenta os resultados comparativos obtidos para o cenário de fertilização química (AE3-SII) versus cenário de fertilização exclusivamente orgânica (AE1-SO e AE2-SO) para as várias categorias de impacte ambiental consideradas e tendo em conta a UF hectare de olival.

Tabela 12 - Impactes ambientais referenciados à UF hectare

Categoria de impacte	Unidade	AE1-SO	AE2-SO	AE3-SII
Alterações climáticas (GWP100)	kg CO ₂ -Eq	2.738,24	1.896,85	3.330,82
Ecotoxicidade de Águas Interiores	kg 1,4-DCB-Eq	10,90	5,82	8,60
Eutrofização de Águas Interiores	kg P-Eq	0,33	0,23	0,29
Transformação de Solo Natural	m ²	0,44	0,33	0,47
Ocupação de Solo Agrícola	m ² a	1.828,28	822,49	625,72
Depleção de Água	m ³	1.940,57	1.829,95	2.078,78

1,4-DCB: 1,4 - Diclorobenzeno

Conforme se pode concluir pela análise da tabela acima apresentada, ao analisar ambos os cenários na perspetiva da UF em área, constata-se que a fertilização exclusivamente orgânica se traduz em impactes ambientais mais reduzidos na generalidade das categorias, com exceção da ocupação de solo agrícola. No caso particular desta categoria de impacte, o valor obtido para o AE2-SO (que aplica uma quantidade de composto por hectare inferior ao AE1) aproxima-se ainda assim do valor obtido para o cenário de fertilização química.

No que se refere às alterações climáticas, a aplicação de composto orgânico traduz-se numa redução de 592,58 kg CO₂-Eq para o AE1 e 1433,97 kg CO₂-Eq para o AE2 relativamente ao cenário de fertilização química. Se se efetuar uma média de ambos os valores, obtêm-se os valores indicados na tabela seguinte relativamente aos benefícios associados à redução das emissões de GEE na produção de azeitona na área do Ardila e para toda a área do EFMA.

Tabela 13 – Redução de emissões de GEE em área de produção de azeitona

Escala	Redução de emissões de GEE (Toneladas CO₂-Eq.)
Hectare de Olival	1,01
Olival no Ardila (10731 hectares)	10.873,45
Olival no EFMA (32972 hectares)	33.409,70

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Também na categoria de impacte “depleção de água” se obtiveram valores mais baixos no cenário de fertilização orgânica. De referir a extrema importância desta categoria de impacte, sobretudo na região do Alentejo, caracterizada por períodos de escassez de água cada vez mais frequentes. Também nesta categoria, a fertilização orgânica trás benefícios ambientais no curto prazo.

Analisemos agora os resultados obtidos para a UF tonelada de azeitona produzida. A tabela seguinte apresenta os resultados comparativos obtidos para o cenário de fertilização química (AE3-SII) versus cenário de fertilização exclusivamente orgânica (AE1 - SO) para as várias categorias de impacte ambiental consideradas.

Tabela 14 - Impactes ambientais referenciados à UF tonelada de azeitona

Categoria de impacte	Unidade	AE1-SO	AE3-SII
Alterações climáticas (GWP100)	kg CO ₂ -Eq	20.536,82	333,08
Ecotoxicidade de Águas Interiores	kg 1,4-DCB-Eq	81,76	0,86
Eutrofização de Águas Interiores	kg P-Eq	2,47	0,03
Transformação de Solo Natural	m ²	3,26	0,05
Ocupação de Solo Agrícola	m ² a	13,712.09	62,57
Depleção de Água	m ³	14,554.27	207,88

Analisando ambos os cenários na perspetiva da UF ton de azeitona, os resultados invertem-se, sendo que se obtêm impactes ambientais mais elevados para todas as categorias, no cenário de fertilização exclusivamente orgânica. De referir que para esta UF não se apresentam os dados do AE2-SO uma vez que não foi possível apurar/confirmar em tempo útil o valor de área total de cultivo orgânico em sistema de regadio.

Os resultados obtidos para esta UF devem-se ao facto de nos sistemas de produção intensivos, como é o caso do AE3-SII, a produtividade em área é muito elevada e os processos de aplicação de fertilizantes, fitossanitários e água beneficiam de economia de escala e estão muito otimizados. Apesar de os valores de impacte ambiental obtidos para a UF ton de azeitona serem inferiores no sistema de fertilização químico intensivo, deve, contudo, referir-se que, dada a elevada produtividade dos mesmos face aos sistemas de produção orgânicos, os respetivos impactes ambientais globais são, naturalmente, superiores. Com efeito, no caso concreto dos produtores AE1 e AE3, olhando em particular para as alterações climáticas, as campanhas de produção a que respeitam os dados geraram globalmente: (i) no caso do AE1, para 4 toneladas de produção anual, 84,4 toneladas de CO₂-Eq emitido; (2) no caso do AE3, para 2487 toneladas de produção anual, 777,9 toneladas de CO₂-Eq emitido.

O processo de simbiose industrial em estudo tem a particularidade de ser um processo agrícola. A realização de ACV nestes sistemas é complexa pois, tal como já foi atrás referido, existem vários outros fatores que influenciam o desempenho ambiental do sistema, nomeadamente o processo de compostagem, as características do composto obtido, a forma de aplicação do composto, as condições locais bem como a gestão da cultura.

Contudo, os estudos de ACV realizados até à data concluem para um menor impacte ambiental dos sistemas de fertilização orgânica. A literatura refere também que, no caso particular de sistemas agrícolas, os benefícios associados à incorporação de composto orgânico se manifestam não no curto, mas sim no médio e longo prazo, como é o caso da melhoria dos teores de matéria-orgânica do solo e consequentes efeitos positivos na sua produtividade (Martínez-Blanco et al., 2013).

5.7.2. Aumento do teor de matéria-orgânica do solo

Olhemos agora aos benefícios associados à captura de carbono no solo, associada à aplicação de composto orgânico e, portanto, à melhoria dos teores de matéria-orgânica. Contigua à herdade do AE1, que à presente data não dispõe de dados de caracterização de solos antes e após a aplicação de composto orgânico, encontra-se também a herdade AE2, também em regime de produção exclusivamente biológico.

A herdade AE2 encontra-se a produzir composto orgânico há quatro anos, a partir dos subprodutos gerados na própria exploração. Contudo, previamente à aplicação do próprio composto, a herdade já se encontrava a aplicar composto orgânico vindo do exterior pelo que, segundo informação transmitida pelo gestor de produção, esta herdade encontra-se a aplicar composto, em determinadas parcelas, há cerca de oito anos. Com o objetivo de quantificar a melhoria das propriedades dos solos locais, no âmbito do Projeto URSA com quem esta herdade colaborou, procedeu-se a uma análise experimental que consistiu na aplicação de composto orgânico numa parcela previamente selecionada, seguindo-se posteriormente a recolha e caracterização analítica dos solos em dois momentos distintos.

O plano de amostragem, i.e., local, datas de recolha e tipologia das amostras é apresentado na tabela seguinte.

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

Tabela 15 - Plano de amostragem de solos na herdade AE2

Amostra	Local	Data de aplicação	Recolha da amostra	Observações
Solo I Sem composto	Parcela designada “olival tradicional” localizada próxima à parcela “junto à vacaria” numa cota mais elevada.	na	26/11/2018	Nunca foi aplicado composto fertilizante nesta parcela
Solo II Com composto	Parcela designada “junto à vacaria” com 3ha	nd	26/11/2018	Cultura – Olival Esta parcela já tinha sido sujeita à adição de composto fertilizante.
Solo III Com composto	Parcela designada “junto à vacaria” com 3ha	24/01/2019	15/02/2019	Aplicação de 8m ³ /ha Amostra recolhida no mesmo local de Solo II.
Solo IV Com composto	Parcela designada “junto à vacaria” com 3ha	24/01/2019	13/05/2019	Amostra recolhida no mesmo local de Solo II e Solo III.

na – não aplicável; nd – não disponível

As amostras identificadas na tabela anterior foram, imediatamente após colheita, transportadas para o laboratório de química e ambiente do ISQ onde foram analisadas. A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos em cada amostra.

Tabela 16 - Resultados analíticos obtidos nos solos da herdade AE2

Parâmetro	Unidade	Solo I 23227_18	Solo II 23226_18	Solo III 05107_19	Solo IV 11272_19
Avaliação Textural Expedita	-	Grosseira	Média	Média	Média
Matéria Orgânica	%	0,8	1,25	1,5	2,6
Necessidade em Cal	CaCO ₃ t/ha	0	0	0	0
pH		7,7	7,7	7,4	7,8
Azoto Total	%	0,084	0,13	0,09	0,19
Potássio	mg/kg MS	2.100	3.900	2.800	2.700
Fósforo	mg/kg MS	<9 (LQ)	29	64	54

LQ – limite de quantificação do método

Os resultados obtidos, apresentados na tabela anterior revelam a evolução positiva do teor de matéria orgânica de 0,8% para 2,6%, o que se traduz num aumento da fertilidade do solo, passando da classe de fertilidade baixa para a classe de fertilidade média, de acordo com a classificação dos teores de matéria orgânica dos solos agrícolas (LQARS, 2006). Quanto aos teores de macronutrientes (N, P, K), à semelhança da evolução de matéria orgânica, também se verifica uma melhoria das concentrações após a introdução de composto orgânico.

Deve, contudo, referir-se que o curto período temporal desta análise experimental esteve limitado à duração do Projeto URSA financiado pelo Fundo Ambiental. Com efeito, seria necessário um período de maior duração por forma a concluir-se de forma mais sustentada relativamente aos efeitos positivos no solo no médio e longo prazo. Para corroborar esta conclusão refiram-se os valores obtidos pela AGROGES que modelou o número de anos necessários para aumento dos teores de matéria-orgânica nos solos locais. De acordo com este estudo, serão necessários 19 anos para aumentar o teor de matéria orgânica de 1,3% (teor médio dos solos da região em estudo) para 2,3%, considerando uma aplicação de composto de 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹. O referido período reduz-se para 8 anos se a quantidade de composto aplicada for de 10 t.ha⁻¹.ano⁻¹ (considerando uma taxa de mineralização do solo de 1% e considerando que a evolução do teor de matéria orgânica do solo é linear com o aumento das adições) (EDIA *et al.*, 2017).

5.8. Avaliação dos benefícios económicos

A visão do projeto consiste, como já referido, em implementar uma logística inversa preconizada nos princípios da economia circular, em que o agricultor irá, numa mesma deslocação, entregar subprodutos e recolher composto orgânico produzido na unidade URSA para aplicação na sua exploração. Esta logística inversa terá como base uma tabela de permuta de subprodutos por composto, que se baseará na razão C/N (teores de carbono e azoto) do subproduto a entregar. De acordo com informações transmitidas pela EDIA, aponta-se para uma conversão baseada na fórmula $10:R_{C/N}$. A título exemplificativo: para quem entregar subprodutos com razão C/N aproximada de 20 terá uma permuta de 1:2 (entrega 2 toneladas de subproduto, recebe 1 tonelada de composto), descontando variações de humidade.

A quantidade de composto a produzir pela unidade não deverá ser suficiente para cobrir as totais necessidades das culturas da área de influência, pelo que, apesar de se privilegiar o princípio da permuta, a unidade disponibilizará também venda de composto, que será aliás uma das formas de viabilizar o funcionamento da unidade, a par da disponibilização de serviços de gestão de resíduos.

Relativamente ao preço de venda do composto, o Plano de Negócio da Unidade URSA em articulação com o Relatório de Viabilidade do Projeto URSA, definiram um preço limiar (*break even point*) de 20€/ton no ano

cruzeiro, que foi determinado com base nas necessidades de financiamento, custos de produção anual e potencial económico de utilização pelo agricultor. De referir que o mercado disponibiliza vários tipos de matérias fertilizantes com diferentes qualidades. No que concerne à oferta de matérias fertilizantes não harmonizados de classe I/II na região, que podem competir com o composto URSA, consultou-se a lista de matérias aprovadas disponíveis no *site* da DGAE.

Para produtos semelhantes (classe I/II), os preços de venda iniciam nos 25€/tonelada. A título de exemplo, o produto disponibilizado pela ALGAR (Nutriverde) possui um preço de venda entre 30 e 45 €/tonelada (algar.com.pt), já o produto disponibilizado pela LIPOR (Nutrimais) é vendido a valores rondando os 70€/tonelada (lojaagropecuaria.pt). Consta-se assim que o produto a comercializar pela URSA tem condições para ser competitivo e atrativo para os agricultores.

Para a quantificação dos benefícios económicos para o agricultor decorrentes da substituição da adubação mineral por fertilizante orgânico, será utilizada a unidade de azoto como indicador. Dos vários macro e micronutrientes fundamentais ao correto desenvolvimento da cultura, foi selecionado o Azoto uma vez que é o elemento fertilizante cujos efeitos são mais evidentes no vigor vegetativo das árvores e na quantidade e qualidade das produções. Por outro lado, é o nutriente que pode causar mais problemas ambientais.

Esta análise comparativa considera o valor de 1,7 €/kg como preço médio da unidade de azoto no mercado (EDIA *et al.*, 2017). A análise terá de ter em consideração, para além do custo de aquisição do adubo e ou composto, outros custos associados, nomeadamente por um lado, o custo acrescido de aplicação do composto no solo (já que a adubação mineral é ministrada através da água de rega) e, por outro lado, a eliminação do custo de destocamento e eliminação ou valorização das podas, que passam a ser entregues diretamente na unidade URSA.

No cenário de aporte exclusivo de adubação mineral

Em produção integrada, a fertilização adequada do olival prevê aportes distintos consoante se trate de fertilização na plantação, fertilização de formação ou fertilização de produção. As dosagens variam também em função da produção esperada e do teor foliar. Para o produtor AE3, cujo olival se encontra em plena produção, para uma produtividade de 10 toneladas por hectare, o aporte de N mineral será de 90 kg/hectare (considerando teor foliar suficiente) conforme tabela seguinte.

Tabela 17 - Recomendações de fertilização para olivais em produção integrada⁽¹⁾

Produção esperada (t/ha)	Azoto (N)		Fósforo (P ₂ O ₅)		Potássio (K ₂ O)		Magnésio (Mg)	
	Teor foliar		Teor foliar		Teor foliar		Teor foliar	
	Insuficiente	Suficiente	Insuficiente	Suficiente	Insuficiente	Suficiente	Insuficiente	Suficiente
< 2	30	0 – 20	20	0 – 10	60	0 – 30	10	5
2 – 4	30 – 60	20 – 40	20 – 40	10 – 20	60 – 90	30 – 45	20	10
4 – 6	60 – 80	40 – 60	40 – 60	20 – 30	90 – 120	45 – 60	20	10
6 – 8	80 – 100	60 – 80	60 – 80	30 – 40	120 – 160	60 – 90	40	20
> 8	100 – 130	80 – 100	80 – 120	40 – 60	160 – 200	90 – 120	40	20

(1) Fonte: DGADR, 2010; Valores expressos em kg/hectare

Atendendo ao preço médio da unidade de azoto, observa-se, para esta unidade, um custo de médio de adubação de 153 €/hectare para o produtor AE3, no cenário de adubação exclusivamente mineral.

No cenário de aplicação de composto orgânico produzido na URSA

Será calculado o custo da unidade de azoto no composto orgânico URSA para comparação com o valor de referência do mercado para a unidade de azoto que é de cerca de 1,70€/kg N, como já referido. O custo da unidade de azoto será calculado em função do preço de venda do composto e da quantidade aplicada no solo, considerando também o custo adicional de aplicação (face à fertirrigação) e a poupança associada ao não destroçamento de podas (entregues na URSA).

Consideremos que o composto orgânico a produzir tem uma relação C/N de 10. Neste cenário, o seu coeficiente isohúmico (percentagem que se humifica ao fim de um ano) será de 50% (EDIA *et al.*, 2017). Neste pressuposto a aplicação do composto libertará 50% dos seus nutrientes sob a forma mineral, sendo que a outra metade contribuirá para o enriquecimento do teor do solo em matéria orgânica. Assim, para o azoto, a quantidade potencial anual de N libertado por cada tonelada de composto aplicado é de 45 kg/hectare, sendo 22.5 kg/hectare (EDIA *et al.*, 2017) libertados sob a forma mineral.

Para o caso do azoto e apresentando o composto uma razão C/N de 10 não é de prever nenhuma imobilização do azoto por parte dos microrganismos do solo, nem a competição entre estes e as plantas pela sua utilização. Assim, todo o azoto que for sendo libertado pela mineralização do composto ficará disponível para a absorção pelas culturas.

Considerando todos os pressupostos, o quadro seguinte apresenta os custos estimados da unidade de azoto no composto, em termos económicos e no curto prazo, ou seja, apenas observando o efeito do azoto libertado e

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

ignorando os efeitos de melhorias trazidos pelo acréscimo de matéria orgânica no solo. Os valores apresentados referem-se ao exercício realizado para quatro diferentes cenários, onde se varia o preço de venda e quantidade aplicada por hectare pelo agricultor, nomeadamente:

- Cenário 1: Preço de venda *breakeven point* (20 €/ton) e quantidade aplicada de 5 toneladas de composto por hectare, que se considera ser a quantidade estimada necessária para, num prazo de 19 anos, acrescer 1% de matéria orgânica do solo (EDIA *et al.*, 2017);
- Cenário 2: Preço de venda com 30% de margem de lucro e quantidade aplicada de 5 toneladas de composto por hectare,
- Cenário 3: Preço de venda *breakeven point* (20 €/ton) e quantidade aplicada de 10 toneladas de composto por hectare, que se considera ser a quantidade estimada necessária para, num prazo de 8 anos, acrescer 1% de matéria orgânica do solo;
- Cenário 4: Preço de venda com 30% de margem de lucro e quantidade aplicada de 10 toneladas de composto por hectare.

Tabela 18 - Custos estimados para a unidade de azoto no composto

Aplicação de composto URSA	Cen 1	Cen 2	Cen 3	Cen 4
Preço de venda esperado no ano cruzeiro (€/ton)	20	26	20	26
Aporte de N do composto (kg/hectare) ⁽¹⁾	112.5	112.5	225	225
Aplicação por hectare (ton)	5	5	10	10
Custo do composto (€/hectare)	100	130	200	260
Custo da aplicação (€/hectare) ⁽²⁾	27	27	27	27
Poupança destroçamento podas (€/hectare) ⁽²⁾	-50	-50	-50	-50
Custo da adubação orgânica (€/hectare)	77	107	177	237
Custo médio da unidade N (€/kg)	0.68	0.95	0.79	1.05

(1) Considerando que cada tonelada de composto liberta 22,5 kg/hectare.ano de N mineral (Relatório de Viabilidade URSA, 2017)

(2) Relatório de Viabilidade URSA, 2017)

Conforme se pode constatar pela análise da tabela anterior, o preço para a unidade de azoto nos vários cenários considerados é inferior ao preço de mercado de 1,7 €/kg. Mesmo considerando que o destroçamento de podas (a entregar na unidade URSA) será um serviço pago pelos agricultores, ainda assim os valores para o custo médio da unidade de azoto são inferiores (1,13; 1,40; 1,01 e 1,28 €/kg para os 4 cenários, respetivamente).

De referir que, de acordo com a literatura, é conveniente, nos primeiros anos, recorrer a um cenário de adubação mista, ou seja, aplicação de composto conjugada com adubação mineral. Isto porque, por um lado,

em resultado das diferentes velocidades de libertação, especialmente nas primeiras fases de adição de composto orgânico, não é de proporção direta a redução da adubação azotada que a aplicação do composto pode permitir, particularmente se for utilizado como fonte única de nutrientes para as culturas (adubação exclusivamente orgânica). Por outro lado, a sua taxa de libertação instantânea será muito lenta nos períodos de crescimento ativo das culturas, pelo que independentemente da quantidade total libertada durante o ciclo da cultura haverá necessidade de adicionar formas de azoto rapidamente disponíveis, ou seja, de adubos minerais. Na adubação mista, que permite compensar a diferença entre os ritmos de mineralização do azoto do composto e as elevadas necessidades iniciais das culturas, será admissível considerar que as diferenças serão atenuadas se se aplicar 25 unidades de N mineral (EDIA *et al.*, 2017). Neste cenário de adubação mista, considerando o valor de 1,7 €/kg por unidade de azoto e uma adição de 25 kg N por hectare, os valores da adubação crescerão 42,5 €/hectare relativamente à adubação exclusivamente orgânica. A tabela seguinte apresenta os dados comparativos para o produtor AE3.

Tabela 19 – Análise comparativa de custos de adubação N

Comparação de custos adubação mineral vs mista (fertilização N)	AE3
Adubação exclusivamente mineral	
Aporte de N recomendado (kg/hectare)	90
Custo médio da unidade de N (€/kg)	1.7
Custo médio da adubação mineral (€/hectare)	153
Adubação mista (recomendado)	
Aplicação composto (ton/hectare)	4
Aporte de N do composto (kg/hectare)	90
Preço venda do composto (€/tonelada)	26
Custo do composto (€/hectare)	104
Custo da adubação orgânica (composto + aplicação) (€/hectare)	131
Custo médio da unidade N (€/kg)	1.46
Aporte de N mineral adicional recomendado (kg/hectare)	25
Custo da adubação mista (€/hectare)	173.5

Os valores apurados traduzem um custo adicional de 20€/hectare no cenário de adubação mista, contudo este é um cenário conservador, já que contempla um preço de 26€/ton de composto (preço URSA com 30% de margem de lucro) e não considera a poupança por não destroçamento (optou-se por não incluir esta poupança já que a poda não é realizada todos os anos).

Por outro lado, os cálculos apresentados consideram que o agricultor terá de pagar a totalidade do composto adquirido na unidade URSA, o que não corresponderá à realidade, já que o princípio do projeto será a permuta de subprodutos por composto, na razão de $10/R_{C/N}$ como já referido. De acordo com a bibliografia, são geradas 990 kg de folhas por hectare.ano no decorrer da apanha da azeitona. Tendo em consideração que a Razão C/N das folhas é de, em média 22.5 (média obtida nas análises laboratoriais realizadas a folhas de oliveira verdes e com um ano, no Projeto URSA) então por cada tonelada de folhas entregue na URSA o agricultor irá receber gratuitamente 0,44 ton de composto. No caso do produtor AE3, a área de cultivo corresponde a 248.7 hectares o que se traduz numa produção anual de 246 toneladas de folhas verdes. Esta quantidade de folhas, aplicando a taxa de permuta prevista, daria direito a 105 toneladas de composto orgânico, o que se traduziria numa poupança de €2.730, compensando parte do custo adicional de adubação misto ($20.5€/hectare \times 248.7 \text{ hectares} = 5.098€$). Para além das folhas, poderão ser também entregues podas (972 kg/ha.ano) ou bagaço de azeitona (875 kg/ton de azeitona), caso o olivicultor produza azeite, o que se traduz numa maior quantidade de composto obtido por permuta.

De referir, contudo, que a disponibilização de composto orgânico por permuta terá uma capacidade limitada, na atual fase do Projeto URSA em que apenas se encontra em funcionamento uma unidade. Com efeito, a primeira unidade URSA instalada na Herdade da Abóboda está limitada a uma produção de 21216 toneladas de composto por ano, para servir uma área de cultivo de 15332 hectares, correspondentes à área de cultivo do Ardila e dos quais só o olival ocupa 10731 hectares.

Na presente data a EDIA não definiu ainda as condições de permuta de composto, nomeadamente a razão C/N dos vários subprodutos a receber ou a quantidade limite a fornecer a cada agricultor.

Face ao exposto, o composto terá um conjunto de mais valias no médio longo prazo, no entanto para um cenário de curto prazo, terá que existir algum incentivo económico para o agricultor para a utilização de composto, face às atuais práticas de adubação mineral através da água de rega.

Independentemente dos resultados obtidos no curto prazo com a adubação mista, as mais valias económicas a médio e longo prazo decorrentes da aplicação de composto orgânico irão traduzir-se:

- (i) na redução gradual dos teores de adubo mineral a aplicar. Efetivamente, num cenário de adubação mista e para culturas perenes como o olival, a redução da aplicação de azoto mineral resultante da aplicação de uma tonelada de composto/hectare.ano, é de 22,5 kg/hectare.ano;
- (ii) no acesso a um composto com um valor de unidades de Azoto mais reduzido face à média dos valores de mercado;

Incentivos para a Implementação alargada da Simbiose Industrial e Avaliação dos Respetivos Benefícios

- (iii) no aumento do teor de matéria orgânica, o que resultará em menor quantidade de água a fornecer à sua cultura,
- (iv) na eliminação dos custos para tratamento, eliminação ou valorização dos resíduos ou subprodutos;
- (v) numa maior produtividade futura devido a um solo mais rico.

Ao nível macro, com as externalidades previstas para o projeto URSA, será possível diminuir a dependência da região e do país no que se refere a importações de recursos e consequente exposição a mercados instáveis.

6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO

6.1. Conclusões

Num cenário global de crescente procura de materiais resultante do aumento da população mundial e da melhoria da qualidade de vida, aliado à escassez de muitos recursos essenciais à nossa economia, é fundamental a transição do modelo linear de produção e consumo para um modelo circular, baseado na desmaterialização, na ecoeficiência dos processos produtivos, e na manutenção dos materiais já mobilizados na economia. Este modelo permitirá dissociar o crescimento económico da extração de recursos naturais e da consequente degradação dos indicadores ambientais.

A Simbiose Industrial constitui um dos modelos de negócio da economia circular que assenta na cooperação entre indústrias, empresas e serviços de diferentes sectores e com proximidade geográfica que cooperam entre si de forma eficiente, partilhando e trocando recursos, energia, água e serviços, resultando em vantagens económicas competitivas, na conservação do meio ambiente e numa maior qualidade de vida para todas as partes interessadas.

A implementação de projetos de Simbiose Industrial é uma realidade há várias décadas com pioneiros a nível internacional como Kalundborg e a British Sugar, ou o EcoParque do Relvão e o Parque Industrial de Estarreja, a nível nacional. Apesar desta realidade, é nos últimos anos que a Simbiose Industrial tem ganho um crescente interesse e protagonismo na comunidade industrial, técnico-científica e política, como modelo de circularidade, em resposta às estratégias e políticas europeias e nacionais. A título de exemplo, refira-se o Plano Nacional de Ação para a Economia Circular onde o estabelecimento de redes de SI se apresenta como uma das áreas de intervenção prioritária, sobretudo ao nível regional.

A pesquisa realizada no âmbito deste trabalho permitiu identificar e reunir informação relativa a um conjunto de ferramentas que recentemente foram e continuam a ser desenvolvidas como forma de apoiar a indústria e outras organizações nas várias fases de um processo de SI, desde a identificação da oportunidade, até à avaliação de viabilidade económica e ambiental. Destaque-se as várias ferramentas de *mimicking* e *matchmaking*, algumas disponíveis *online* e com livre acesso, e o guia metodológico *Toolkit 4 Industrial Symbiosis* que orienta as organizações na identificação da oportunidade, até à elaboração do modelo de negócio.

Sendo reconhecida a relevância deste modelo circular, outro dos objetivos da presente dissertação foi o de analisar as várias barreiras e consequentemente os incentivos que poderão desbloquear a sua ampla implementação no terreno. A consulta a *stakeholders* nos vários projetos identificados permitiu concluir que

que as principais barreiras à implementação de iniciativas de EC e, portanto, de SI, se referem à incerteza dos benefícios associados; ao desconhecimento de necessidades, nomeadamente investimentos necessários; também a um quadro legal complexo, burocrático e pouco flexível; elevados custos associados; falta de incentivos ou dificuldade no acesso a financiamento e por último, a falta de competências ou informação.

A identificação das principais barreiras é importante para a definição e priorização dos diversos incentivos que devem ser implementados para as ultrapassar. Neste sentido, o presente trabalho fez também uma análise aos diversos incentivos existentes e ou que deverão ser implementados. Atendendo às barreiras identificadas, conclui-se que os incentivos com maior impacte serão: (i) incentivos de cariz económico-financeiro, nomeadamente a criação de incentivos ou taxas que beneficiem práticas de valorização de matérias secundárias e utilização de renováveis, no sentido oposto, o aumento das taxas de deposição em aterro ou a implementação eficaz de medidas como o sistema PAYT serão também um incentivo à procura de alternativas mais sustentáveis por parte das empresas; (ii) os mecanismos de cofinanciamento de projetos ou iniciativas de simbiose industrial, como sejam, as várias iniciativas do Portugal 2020; (iii) a criação de um quadro-legal mais facilitador, nomeadamente no que se refere à desburocratização de processos de desclassificação de resíduos e de licenciamento industrial e ambiental; (iv) o desenvolvimento de projetos de informação e suporte técnico às empresas, quer por parte da administração pública, quer por parte das associações empresariais e academia.

Nesta dissertação efetuou-se a apresentação de um caso de estudo concreto de SI implementado recentemente na região do Alqueva, o Projeto URSA, promovido pela EDIA, cujo objetivo é criar uma constelação de unidades de valorização de subprodutos por compostagem, que produzam um fertilizante orgânico, entregue aos agricultores em troca dos seus subprodutos agrícolas, para aplicação nas suas culturas, contribuindo para o incremento da fertilidade do solo e sua reabilitação como barreira filtrante, que promova a qualidade da água e a sustentabilidade do regadio.

Foram identificadas as principais condicionantes à implementação do projeto URSA e identificados os respetivos incentivos com vista à sustentabilidade da unidade e do modelo de negócio. Assim, será fundamental assegurar: (i) a adesão dos agricultores ao projeto, através de sistema de permuta de subproduto por composto ou outro tipo de benefícios (créditos de água), estabelecimento de contratos ou planos de entrega e disseminação de casos de sucesso de empresários que já recorrem à aplicação de composto (regime de produção biológico); (ii) garantir adequados canais de recolha através do estabelecimento de parcerias cooperativas locais, recolha no local, pagamento ao produtor nos casos justificáveis (produtos que já possuem uma valorização económica); (iii) garantir a capacidade de receção e processamento da unidade, procurando, se necessário, outras soluções para armazenamento e (iv) disponibilidade financeira para consolidação e *scale-up* do projeto, através do acesso a incentivos financeiros, nomeadamente programas de cofinanciamento.

A quantificação, através de metodologia ACV, dos benefícios ambientais, no custo prazo, associados ao projeto URSA, i.e., a aplicação, por parte dos agricultores de composto orgânico em substituição de fertilizantes químicos, traduziu-se, numa análise por hectare cultivado, em impactes ambientais mais reduzidos na generalidade das categorias de impacte analisadas, nas quais se incluíram as “alterações climáticas” e a “depleção de água”. De referir a importância desta categoria de impacte, sobretudo na região do Alentejo, caracterizada por períodos de escassez de água cada vez mais frequentes.

Em termos económicos, constatou-se que o preço de venda previsto para o composto a produzir na unidade é competitivo face aos valores de mercado. Quanto à análise comparativa de benefícios económicos na aplicação, realizada com base no custo da unidade de azoto como indicador, constatou-se que o preço para a unidade de azoto nos vários cenários considerados (diferentes preços de venda de composto e diferentes quantidades aplicadas no solo) é inferior ao preço de mercado.

A particularidade deste exemplo de simbiose industrial reveste-se do facto de se tratar de um sistema agrícola, no qual, muitos dos benefícios ambientais e económicos se acentuarão no médio e longo prazo, como o comprovam vários estudos recentemente realizados. Com efeito, para além da promoção da melhoria da fertilidade do solo resultante da aplicação gradual de composto orgânico, resultarão outras externalidades positivas e benefícios mensuráveis ao nível da redução dos custos de produção, nomeadamente com menores necessidades de água e nutrientes, levando ao aumento da produtividade e rentabilidade agrícola sem comprometer a sustentabilidade.

Do ponto de vista do agricultor, o composto terá um conjunto de mais valias no médio ou longo prazo, no entanto para um cenário de curto prazo, terá que existir algum incentivo económico pela utilização de composto, face às atuais práticas de adubação mineral através da água de rega.

6.2. Perspetivas de trabalho futuro

A iniciativa do tecido industrial e da academia, que tem resultado na crescente implementação de sinergias de simbiose industrial no terreno e na disponibilização de diversas ferramentas de apoio, constitui uma lógica *bottom-up* que permitirá alargar as práticas de simbiose industrial, mas que não deixa de constituir uma forma desarticulada de ação. Esta lógica deverá ser complementada com uma análise macro ao nível do território, i.e., identificar os fluxos de materiais mais críticos para a nossa economia ao nível regional e nacional, atendendo à necessidade de importações, ao impacte ambiental associado ao seu processamento, entre outros fatores para, desta forma, priorizar e concertar ações que tenham impacto positivo no território ao nível da crescente independência em termos de abastecimento, maior produtividade dos recursos, redução da extração de

materiais e correspondente impacte ambiental. Para esta estratégia *top down*, será fundamental a iniciativa e envolvimento das autoridades locais, regionais e nacionais.

Relativamente ao Projeto URSA, a experiência obtida no decorrer dos trabalhos, permitiu identificar um conjunto de ações futuras e oportunidades de investigação e desenvolvimento, com vista ao aprofundamento do conhecimento técnico-científico do processo e seus efeitos na evolução da qualidade dos solos, fertilidade das culturas e serviços de ecossistema que, em última análise, permitirão também conhecer de forma mais sustentada os benefícios no médio e longo prazo deste modelo de simbiose industrial. Assim, as ações futuras a desenvolver incluem:

- Monitorização da evolução das propriedades dos solos do EFMA no médio e longo prazo tendo em consideração a incorporação sistematizada de composto orgânico produzido na unidade;
- Monitorização, no longo prazo, dos efeitos da redução de aplicação de fertilizantes químicos na evolução da qualidade das águas subterrâneas e superficiais e sua relação com os restantes serviços de ecossistema, nomeadamente ao nível do solo e da biodiversidade;
- Monitorização da evolução da qualidade e consumos de água nas culturas, tendo em consideração a superior capacidade filtradora e de retenção dos solos enriquecidos em matéria orgânica;
- Análise do desenvolvimento das culturas em solos mais ricos em matéria orgânica e nutrientes;
- Alargamento do estudo dos materiais a compostar a novos subprodutos orgânicos;
- Optimização do processo de compostagem realizado na URSA, através da seleção de melhores técnicas disponíveis e subprodutos a utilizar;
- Estudo do *mix* de subprodutos mais adequados para determinado tipo de cultura;
- Alargamento das unidades de compostagem às restantes áreas do EFMA, no sentido de garantir uma maior adesão dos agricultores, o aumento de subprodutos disponíveis para compostagem e consequentemente a quantidade de composto orgânico disponível para permuta e ou comercialização.

7. REFERÊNCIAS

- APA (2019). Agência Portuguesa do Ambiente. Disponível em: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=670>. Consultado em: 11 de agosto de 2019
- Artola, I., Doranova, A., Domenech, T., Roman, L., [Smith, M.](#) (2018). Cooperation fostering industrial symbiosis: market potential, good practice and policy actions. Comissão Europeia. Disponível em <https://doi.org/doi:10.2873/346873>
- Azbar, N., Bayram, A., Filibeli, A., Muezzinoglu, A., Sengul, F., Ozer, A. (2010). A review of waste management options in olive oil production. *Critical Reviews in Environ. Science and Technology* 34 (3): 209-247. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1080/10643380490279932>
- Baas, L. (2011). Planning and Uncovering Industrial Symbiosis: Comparing the Rotterdam and Östergötland regions. *Business Strategy and the Environment*, Volume 20, Issue 7, 428-440. Disponível em <https://doi.org/10.1002/bse.735>
- BCSD Portugal, 3DRIVERS. (2018). Sinergias Circulares, Desafios para Portugal, Relatório Técnico. Disponível em https://www.bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2018/03/Sinergias_Circulares_RELAT%C3%93RIO-N%C3%83O-T%C3%89CNICO-1.pdf
- CEP (2019). Circular Economy Portugal. Disponível em <https://www.circulareconomy.pt/sobre-economia-circular/>. Acedido em 09 de agosto de 2019
- Chertow, M.R., Lombardi, D.R. (2005). Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. *Environmental Science & Technology*, 39,17, 6535 - 6541. Disponível em <https://doi.org/10.1021/es050050+>
- Comissão Europeia. (2011). COM (2011) 21 final. Uma Europa eficiente em termos de recursos – Iniciativa Emblemática da Estratégia Europa 2020. Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0021&from=EN>
- Comissão Europeia, DG ENTR. (2015). Report on Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials
- Comissão Europeia. (2015). COM (2015) 614 final. Fechar o ciclo – Plano de Ação da UE para a Economia Circular. Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX%3A52015DC0614>

Comissão Europeia. (2016). Flash Eurobarometer 441 - “European SMEs and the Circular Economy”. Disponível em: <https://doi.org/10.2779/397947>

Comissão Europeia. (2017). COM (2017) 490 final. Lista de 2017 das matérias-primas essenciais para a União Europeia. Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Disponível em <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/PT/COM-2017-490-F1-PT-MAIN-PART-1.PDF>

Comissão Europeia. (2019). COM (2019) 190 final. Aplicação do Plano de Ação para a Economia Circular. Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2019:0190:FIN:PT:PDF>

Costa, I. (2009). Simbioses Industriais. IN+ Centro de Estudos em Inovação, Tecnologias e Políticas de Desenvolvimento. Disponível em https://pt.slideshare.net/icosta_44779/presentation1-1203862

[Costa, I., Ferrão, P. \(2010\). A case study of industrial symbiosis development using a middle-out approach. Journal of Cleaner Production 18\(10\): 984 - 992. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.03.007](#)

CO³ Project. (2019). Disponível em <http://www.co3-project.eu>. Acedido em 09 de agosto de 2019.

Daddi, T., Nucci, B., Iraldo, F. (2017). Using Life Cycle Assessment (LCA) to measure the environmental benefits of industrial symbiosis in an industrial cluster of SMEs. Journal of Cleaner Production 147, pp. 157-164

DGADR. (2010). Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Produção integrada do Olival ao abrigo do Decreto-Lei nº256/2009 de 24 de setembro, 2ª edição

Dick, H., Scholes, P. (2018). Comparing the costs of alternative waste treatment options. Waste and Resource Action Program (WRAP) of UK. Gate Fees Report (11th edition). Disponível em: <http://www.wrap.org.uk>

ECO.NOMIA. (2019) <https://eco.nomia.pt/pt/exemplos/kalundborg-symbiosis> Acedido em 20 de abril de 2019

EDIA, ISQ, AGROGES (2017). Plano de Implementação do Projeto URSA - Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva

EDIA, ISQ, AGROGES (2017). Relatório de Viabilidade do Projeto URSA - Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva

EDIA. (2018). Anuário Agrícola de Alqueva 2018. Disponível em https://www.edia.pt/wp-content/uploads/2019/05/anuario_agricola-alqueva_2018.pdf

Ellen Macarthur Foundation, SUN, McKinsey Centre for Business and Environment. (2015). Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe. Disponível em https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf

Environdec. (2014). Product Category Rules - Virgin Olive Oil and its Fractions. PCR 2010:07 Version 2.0 2014-04-01. The International EPD System. Disponível em www.environdec.com

Figueiredo, F., Castanheira, E., Marques, P., Ramos, A., Almeida, A., Ramalhosa, E., Peres, F., Carneiro, J., Pereira, J.A., Feliciano, M., Gomes, P., Freire, F. (2014). Avaliação de Ciclo de Vida do Azeite e Óleos Vegetais. Projeto Ecodeep – Ecoeficiência e Eco gestão no Setor Agroindustrial

Fraccascia, L., Maurizio, M., Vito, A. (2016). Business Models for Industrial Symbiosis: A Guide for Firms. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management* 3 (2) 83-93

Goedkoop, M.J., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., Van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition Report I: Characterisation, 6

Goedkoop, M.J., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., 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

Golev, A., Corder, G.D., Giurco, D.P. (2015). Barriers to Industrial Symbiosis: Insights from the Use of a Maturity Grid. *Journal of Industrial Ecology*, 19, 141 - 153

Grant, G.B.; Seager, T.P.; Massard, G.; Nies, L. (2010). Information and Communication Technology for Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 14, 740–753

Grupo Interministerial Economia Circular. (2017). Liderar a Transição: Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal: 2017-2020

Henriques, J., Ascenço, C., Domingues, J., Estrela, M. (2019). Deliverable 2.3 - Incentives Assessment – How to incentive IS preventing and mitigating implementation risks. Projeto SCALER - Scalling European Resources with Industrial Symbiosis (projeto financiado pelo programa da União Europeia H2020, com o Grant Agreement n° 768748)

Holgado, M., Evans, S. (2016). Deliverable 4.1 - Report on challenges and key success factors and gap analysis for industrial symbiosis. Projeto MAESTRI - Total Resource and Energy Efficiency Management System for Process Industries (projeto financiado pelo programa da União Europeia H2020, com o Grant Agreement n° 680570). Disponível em <https://maestri-spire.eu/downloads/technical-materials/>

Holgado, M., Evans, S., Benedetti, M. (2017). Deliverable 4.3 - Toolkit for industrial symbiosis. Projeto MAESTRI - Total Resource and Energy Efficiency Management System for Process Industries (projeto financiado pelo programa da União Europeia H2020, com o Grant Agreement n° 680570). Disponível em <https://maestri-spire.eu/downloads/technical-materials/>

International Organization for Standardization. (2006). ISO 14040:2006. Environmental management - Life Cycle Assessment – Principles and Framework, 2nd ed.

[Johnsen, I., Berlina, A., Lindberg, G., Mikkola, N., Olsen, L. S., Teräs, J. \(2015\). The potential of industrial symbiosis as a key driver of green growth in Nordic regions. Nordregio Report 2015:1. Disponível em <https://www.nordregio.org/publications/the-potential-of-industrial-symbiosis-as-a-key-driver-of-green-growth-in-nordic-regions/>](#)

Kirchherr, J., Hekkert, M., Bour, R., Huibrechtse-Truijens, A., Kostense-Smit, E., Muller, J. (2017). Breaking the Barriers to the Circular Economy. White Paper. Deloitte & Utrecht University. Disponível em <https://www.uu.nl>

Lombardi, D. R., Laybourn, P. (2012). Redefining Industrial Symbiosis: Crossing Academic-Practitioner Boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 28–37. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x>

LQARS. (2006). Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Manual de Fertilização das Culturas. Classificação dos teores de matéria orgânica dos solos agrícolas.

[Maqbool, A. S., Alva, F. M., Van Eetvelde, G. \(2019\). An Assessment of European Information Technology Tools to Support Industrial Symbiosis, *Journal of Sustainability*, 11, 131. Disponível em <https://doi.org/10.3390/su11010131>](#)

Mirabella N., Castellani, V., Sala, S. (2014). Current Options for the Valorization of Food Manufacturing Waste: a review. *Journal of Clean Production* 65, 28-41. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.051>

Martínez-Blanco, J., Lazcano, C., Christensen, T., Muñoz, P., Rieradevall, J. (2013). Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2013, 33 (4), pp.721-732. <10.1007/s13593013-0148-7>. <hal-01201397>

Martínez-Blanco J., Lazcano, C., Boldrin, A., Muñoz, P., Rieradevall, J., Möller, J., Antón, A., Christensen, T.H. (2013). Assessing the environmental benefits of compost use-on-land through an LCA perspective: a review. *Sustainable Agriculture Reviews* 12, 255-318

Oldfield, T.L., Sikirica, N., Mondini, C., López, G., Kuikman, P.J., Holden, N.M. (2018). Biochar, compost and biochar-compost blend as options to recover nutrients and sequester carbon, *Journal of Environmental Management*, 218, 465-746. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.061>

Paquin, R.L., Howard-Grenville, J. (2012). The Evolution of Facilitated Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16, 83 – 93

Quintana, J.B., Oge, S., Sockeel, C.X., Bredimas, A. (2019). Deliverable 3.1. Short list of the 100 most promising synergies. Projeto SCALER - Scalling European Resources with Industrial Symbiosis (projeto financiado pelo programa da União Europeia H2020, com o Grant Agreement nº 768748)

Rahman, M.F., Islam, K., Islam, K.N. (2016). Industrial Symbiosis: A Review on Uncovering Approaches, Opportunities, Barriers and Policies. *Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences* 2(1), 011 – 019. Disponível em

<https://pdfs.semanticscholar.org/bfa3/33879f2664ff9c4ef23bb0e6ba9de55b97e7.pdf>

Ramli, N., Rashid, N.A., [Rahman](#), N.I.A., [Khalid](#), S.A. (2014). Environmental Corporate Social Responsibility (ECSR) as a Strategic Marketing Initiatives, *Procedia - Social and Behavioural Sciences* 130, 499 - 508. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.04.058>

Romero-Gámez, Castro-Rodríguez, J., Suárez-Rey, E. (2017). Optimization of olive growing practices in Spain from life cycle assessment perspective, *Journal of Cleaner Production* 149, 25-37. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.071>

Sharebox Project. (2019). <http://sharebox-project.eu/>. Acedido em 23 de maio de 2019

Short, S.W., M.P. Bocken, N., Barlow, C.Y., Chertow, M.R. (2014). From Refining Sugar to Growing Tomatoes: Industrial Ecology and Business Model Evolution, *Journal of Industrial Ecology*, 18, 5. Disponível em <https://doi.org/10.1111/jiec.12171>

Vladimirova, D., Miller, K., Evans, S. (2018). Deliverable 2.2. The role of intermediaries and enabling technologies for industrial symbiosis initiation and implementation. Projeto SCALER - Scaling European Resources with Industrial Symbiosis (projeto financiado pelo programa da União Europeia H2020, com o Grant Agreement nº 768748)