



ValorNatural – Valorização de Recursos Naturais através da Extração de Ingredientes de Elevado Valor Acrescentado para Aplicações na Indústria Alimentar

Entregável nº 8.4.5

Versão do Documento: 1

Data de Submissão: 31/08/2020

Responsável: ISQ

Nome do Documento: Definição da abordagem metodológica para caracterização da ecoeficiência dos novos aditivos alimentares de origem natural e novos produtos alimentares

Histórico de Revisão

Revisão	Data	Parceiros Envolvidos	Descrição

Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (SI & DT)

Programas Mobilizadores

Lista de autores

Margarida Gonçalves

Helena Monteiro

Sara Campos

José Atilano

Luís Oliveira

Sara Pinto

Cofinanciado por:



Sumário

No presente Entregável 8.4.5 – Definição da abordagem metodológica para caracterização da ecoeficiência, apresentam-se 1) os cenários em estudo para cada aditivo alimentar de origem natural (identificados pelos parceiros com base no *Technology Readiness Level* (TRL) mais elevado e caracterizados a nível produtivo à escala laboratorial); e a 2) abordagem metodológica a ser utilizada para a avaliação de ecoeficiência. Entre os bioativos naturais foi selecionado o extrato enriquecido em micosteróis, nomeadamente ergosterol, e o extrato enriquecido em vitamina D2. Os corantes naturais identificados com maior potencial de aplicação foram os extratos corantes à base de *Hibiscus sabdariffa L.*, *Sambucus nigra L.* e *Gomphrena globosa L.* O extrato de aroma identificado com maior potencial foi o extrato de aroma *Rosmarinus officinallis L.* A avaliação da ecoeficiência será metodologicamente realizada segundo a norma ISO 14045:2012 e compreende duas dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiental e económica). O estudo de ecoeficiência assenta na quantificação de rácios e de indicadores específicos que serão obtidos com base nas tarefas T8.4.3 e T 8.4.5 para cada uma destas dimensões. A aplicação desta metodologia tem assim dois objetivos: 1) traduzir a relação entre o benefício económico do processo de produção dos novos aditivos alimentares em estudo no projeto Valor Natural, e os respetivos impactes ambientais; e 2) auxiliar na implementação de estratégias que suportam o aumento da ecoeficiência dos aditivos alimentares (identificar soluções com maior valor gerado por impacto ambiental causado).

Índice

1. Introdução	9
2. Descrição do Sistema em Estudo	13
3. Abordagem e Metodologia	16
I. Estrutura e Componentes da Avaliação de Ecoeficiência	19
i. Objetivo e Âmbito	20
ii. Avaliação Ambiental.....	20
iii. Avaliação de Valor do Sistema de Produto	21
iv. Quantificação da Ecoeficiência	21
v. Interpretação.....	23
4. Conclusão	24
5. Referências	26
6. Anexos	27
I. Questionário Enviado.....	27
II. Respostas dos Parceiros do PPS4. Aromas naturais e modelos de aromas.....	29

Identificação

Entregável	8.4.5, Definição da abordagem metodológica para caracterização da ecoeficiência dos novos aditivos alimentares de origem natural e novos produtos alimentares
Tipo de entregável	Relatório
Nível de disseminação	Confidencial
PPS	PPS8 – Disseminação de informação e exploração de resultados

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Identificação dos aditivos alimentar de origem natural em estudo.	15
Tabela 2 - Abordagem organizada em categorias, aspetos e indicadores proposta pela WBCSD para a quantificação e comunicação da ecoeficiência	17
Tabela 3 – Exemplo de lista de inventário (por ingrediente).	28

Índice de Figuras

Figura 1 – Fases do ciclo de vida da produção dos aditivos naturais considerados na avaliação da ecoeficiência.....	14
Figura 2 - Sistema em estudo para a produção de extrato de aroma à base de Rosmarinus officinallis L.	15
Figura 3 - Dimensão ambiental, económica e social do desenvolvimento sustentável (adaptado de BCSD Portugal, 2005).....	16
Figura 4 - Fases de uma avaliação de ecoeficiência (ISO 14045:2012).....	19
Figura 5 – Exemplo de representação gráfica da avaliação de ecoeficiência.	23

Índice de Equações

Equação 1 – Rácio de ecoeficiência proposto pela WBCSD	18
Equação 2 – Rácio de ecoeficiência proposto na ISO 14045:2012	21
Equação 3 – Rácio de ecoeficiência utilizado para avaliação da ecoeficiência dos aditivos alimentares em estudo no Projeto ValorNatural.....	22
Equação 4 – Fator de comparação das medidas de melhoria na avaliação de ecoeficiência.....	22

1. Introdução

A crescente associação de efeitos negativos ao consumo de alimentos com aditivos artificiais propulsionou a procura de novos aditivos alimentares de origem natural, tanto pela indústria alimentar como por parte dos consumidores. Os aditivos sintéticos conduzem a efeitos negativos, quer para o ser humano, principalmente relacionados com doenças crónicas como hipertensão e diabetes, quer para o ambiente, uma vez que estes aditivos são constituídos por substâncias químicas, podendo levar à contaminação das águas e dos solos e perda de biodiversidade. Neste enquadramento é importante o desenvolvimento de aditivos com base em produtos naturais, menos nocivos para a saúde e para o ambiente, sendo por isso essencial assegurar que a produção dos novos ingredientes naturais seja competitivamente mais sustentável.

A ecoeficiência é um conceito inovador que visa traduzir a relação entre o benefício económico de determinada atividade ou processo de produção e os impactes ambientais que lhe estejam associados, estando diretamente relacionada com o desenvolvimento sustentável. É um complemento fundamental para a gestão equilibrada dos recursos naturais na medida em que permite a quantificação, através de indicadores de ecoeficiência, dos valores económicos e ambientais envolvidos em determinada atividade. Esta permite estudar alternativas economicamente rentáveis que simultaneamente reduzam o consumo dos recursos.

A avaliação da ecoeficiência da produção de aditivos alimentares encontra-se ainda numa fase embrionária, nomeadamente no que concerne aos aditivos desenvolvidos neste projeto. Apresentam-se de seguida dois estudos onde a ecoeficiência é aplicada ao setor alimentar.

Saling [1] utilizou um instrumento de análise de ecoeficiência desenvolvido pela empresa BASF. Este método compara as vantagens e desvantagens económicas e ambientais de cada processo alternativo ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Deste modo, as soluções ecoeficientes são aquelas que proporcionam ao cliente uma decisão informada, do ponto de vista financeiro e ambiental. Cada análise de ecoeficiência passa por várias etapas, tais como a determinação dos impactes ambientais através do método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e o cálculo dos dados económicos, garantindo parâmetros de qualidade como reprodutibilidade, consistência e

a comparabilidade dos diferentes estudos. Saling considerou vários casos de estudo, nomeadamente, corantes índigos (um corante natural utilizado para dar cor às calças de ganga), produção de vitamina B2 (que desempenha um papel central na libertação de energia dos alimentos) e produção de astaxantina (um carotenoide que fornece um tom rosado aos alimentos). A partir do estudo concluiu-se que os produtos derivados de recursos renováveis apresentam, potencialmente, uma maior competitividade de mercado, desde que demonstrem uma qualidade de produto e preço semelhante às alternativas produzidas sinteticamente. Existe ainda uma significativa oportunidade de crescimento à medida que estas tecnologias se vão desenvolvendo e os consumidores se tornam mais conscientes no que respeita aos impactes ambientais dos produtos que utilizam na vida quotidiana.

Pagan [2] descreve a forma como o projeto de ecoeficiência na transformação de alimentos no estado de Queensland, na Austrália, procurou ultrapassar algumas barreiras ligadas à quantificação e avaliação da ecoeficiência. O projeto focou-se em estabelecer as principais preocupações ambientais para o setor, identificar oportunidades realistas de ecoeficiência e desenvolver e disponibilizar ferramentas e recursos de apoio à avaliação da ecoeficiência. Queensland abriga a terceira maior indústria de alimentos da Austrália, tanto em termos de volume de negócios como de emprego gerado. Os impactes ambientais da transformação de alimentos incluem o recurso a fontes de energias não renováveis e a produção de gases com efeito de estufa. Simultaneamente, a escassez e o abastecimento de água estão a tornar-se críticos para muitas empresas de transformação de alimentos, na medida em que o consumo excessivo de água implica um maior consumo energético associado a uma enorme libertação de CO₂ para a atmosfera. Assim, o projeto desenvolveu um *toolkit* aplicado através de uma série de *workshops* e seminários ministrados às empresas envolvidas. Esse *toolkit* consiste em 7 capítulos (Introdução, Guia de autoavaliação da ecoeficiência, Água e Águas Residuais, Energia, Embalagem, Resíduos Sólidos e Químicos) e 2 anexos (Recursos e CD ROM). Uma das empresas incluídas no estudo, a *Harvest Fresh Cut* economizou aproximadamente 10 000,00 \$ AU anuais através da racionalização do uso da energia. A racionalização do consumo passou pela alteração do sistema de ar condicionado, melhoria no sistema de ventilação e instalação de um novo compressor de ar. A par com a energia está o consumo de água, com uma redução de 28% o que se traduz numa poupança de 18 000,00 \$ AU anuais.

10

Cofinanciado por:



Para além da *Harvest Fresh Cut*, o *toolkit* foi também aplicado noutras 4 empresas, evidenciando numerosas vantagens ambientais (redução da utilização de recursos e desperdício) e económicas (redução dos gastos/ custos) provenientes da avaliação da ecoeficiência. Assim sendo, este projeto demonstrou que empresas multissetoriais do setor alimentar podem identificar e beneficiar de oportunidades proveitosas ligadas à diminuição do desperdício, promovendo com isso o aumento da eficiência e minimizando o consumo de energia e água.

Após revisão bibliográfica, não se identificou literatura variada sobre a integração de avaliação da ecoeficiência na área dos corantes naturais, o que tem que ver com o cariz inovador deste projeto. Isto estabelece uma janela de oportunidade para que os resultados obtidos neste projeto possam enriquecer substancialmente a literatura relativamente à integração da avaliação da ecoeficiência na indústria alimentar, especificamente na análise de aditivos alimentares naturais.

Os objetivos da Tarefa 8.4.5 – *Avaliação da ecoeficiência* são o de suportar a tomada de decisão relativamente a boas práticas da ecoeficiência isto é reduzir o consumo de recursos, bem como os impactes ambientais gerando produtos com o máximo valor acrescentado. Com esta avaliação pretende-se identificar tecnologias e/ou métodos que possibilitem melhorias ao nível da ecoeficiência dos sistemas utilizados nas diferentes fases dos processos, i.e., otimizar a ecoeficiência das tecnologias de processamento, extração e estabilização para a obtenção dos extratos em estudo no projeto. Desta forma, o interesse é o de primeiramente quantificar a ecoeficiência dos aditivos alimentares naturais desenvolvidos no Projeto ValorNatural e, numa segunda fase, identificar possíveis medidas de melhoria que incrementem a ecoeficiência dos aditivos naturais em estudo.

O presente entregável (E8.4.5) estrutura-se da seguinte forma:

Descrição do Sistema em Estudo: Identificam-se os aditivos alimentares naturais em estudo, nomeados pelos parceiros como tendo o *Technology Readiness Level* (TRL)¹

¹ TRL – É um método, desenvolvido na NASA na década de 70, para estimar a maturidade das tecnologias durante a fase de desenvolvimento de um dado produto. Uma abordagem por TRL permite discussões consistentes e uniformes da maturidade técnica em diferentes tipos e estágios de tecnologia.

mais elevado. Remete-se o leitor para os entregáveis E8.4.3 e E8.4.4 para a descrição dos principais processos envolvidos na produção dos extratos obtidos do PPS3 e PPS5. No presente relatório é descrito o processo de obtenção do extrato identificado no PPS4. Com isto, é definido o objetivo e âmbito do estudo, nomeadamente os casos de estudo, os cenários, a unidade funcional e as fronteiras dos sistemas em estudo.

Abordagem e metodologia: São abordados os conceitos de desenvolvimento sustentável e avaliação de ecoeficiência, segundo a ISO 14045:2012. Referem-se as metodologias existentes selecionadas para determinar a componente ambiental e económica da ecoeficiência, respetivamente a ACV e o *Material Flow Cost Accounting* (MFCA).

Conclusão: Enumeram-se as principais conclusões quanto ao objetivo e âmbito do estudo de ecoeficiência. Identificam-se os indicadores a considerar futuramente na avaliação da ecoeficiência.

2. Descrição do Sistema em Estudo

O presente estudo incidu na análise e caracterização da ecoeficiência dos novos aditivos alimentares de origem natural em desenvolvimento no projeto mobilizador Valor Natural[®], tendo o propósito de selecionar apenas os aditivos com maior potencial e estado de desenvolvimento mais avançado. Para isso recolheu-se informação junto dos parceiros inseridos no PPS3 (Corantes naturais), PPS4 (Aromas naturais e modelos de aromas), PPS5 (Bioativos naturais) e PPS6 (Inovação em processos de extração, refinação e técnicas de conservação) acerca dos sistemas em estudo através da preparação e partilha de um questionário (Anexo I). Obtiveram-se dados relativamente aos aditivos alimentares do PPS3 (Corantes naturais), PPS5 (Bioativos naturais) e PPS4 (Aromas naturais e modelos de aromas) todos eles à escala laboratorial (Anexos II).

Relativamente ao PPS6, este poderá vir a ser integrado no estudo após a obtenção atempada de resposta dos parceiros envolvidos. Por conseguinte, poderão ser elaborados novos cenários, a incorporar no sistema em estudo (e nos próximos entregáveis: atividades 8.4.3 - *Avaliação ambiental do ciclo de vida*, 8.4.4 - *Avaliação económica do ciclo de vida* e 8.4.5 - *Avaliação da ecoeficiência*) desde que o seu nível de desenvolvimento e a sua caracterização de inventário possibilite a modelação da respetiva ACV permitindo a execução temporal do seu estudo. Com o desenrolar do projeto espera-se que novos dados quantitativos de inventário, relativos a utilização de equipamentos piloto de extração e refinação (a fornecer pelos parceiros do projeto), permitam comparar a produção dos aditivos (inicialmente modelados à escala laboratorial) com uma escala mais próxima da industrialização (piloto).

A unidade funcional, que permite a comparação equitativa do desempenho de ecoeficiência entre os vários cenários em estudo para cada aditivo, será uma quantidade mássica do respetivo aditivo alimentar obtido (extrato inventariado e caracterizado pelos parceiros), por exemplo 1g.

Paralelamente, se possível, tomar-se-á também como unidade funcional a quantidade necessária para obter a mesma funcionalidade de um cenário alternativo (i.e.: um aditivo sintético que se visa substituir), uma vez que a correspondência de substituição mássica poderá não ser a mesma. Caso esta quantidade não seja claramente identificável, por inexistência de informação ou de alternativa sintética com função equivalente, a

unidade funcional para os aditivos alvo de estudo será a quantidade mássica de extrato obtido (rico numa ou em várias determinadas substâncias ativas com as concentrações identificadas pelos parceiros).

Neste projeto foi considerada uma abordagem *gate-to-gate* para a avaliação da ecoeficiência, que considera as etapas de receção da matéria-prima (substrato de origem vegetal) e o processamento até à etapa de produção do aditivo alimentar, incluindo entradas e saídas de energia, materiais e consumíveis (Figura 1). Excluem-se da análise as etapas associadas à produção agrícola ou obtenção dos resíduos de origem vegetal e as associadas à incorporação dos aditivos nos produtos alimentares, uma vez que ambas envolvem grande incerteza nesta fase do projeto. O principal interesse do estudo é o de avaliar e otimizar as tecnologias de processamento, extração e estabilização dos aditivos alimentares em estudo no projeto, informando sobre alternativas com menor impacto ambiental.

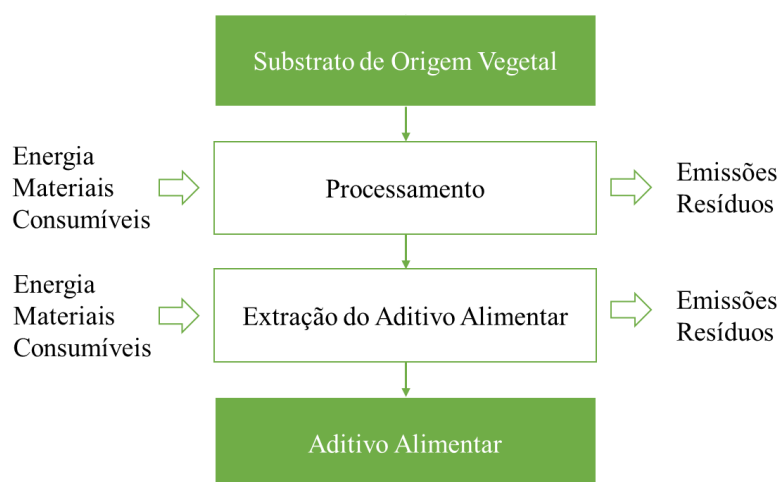


Figura 1 – Fases do ciclo de vida da produção dos aditivos naturais considerados na avaliação da ecoeficiência.

Nos entregáveis anteriores, nomeadamente E8.4.3 e E8.4.4, descreveram-se as etapas associadas à obtenção dos aditivos alimentares relativos aos PPS3 e PPS5. No ponto seguinte descrevem-se as etapas associadas à obtenção do aditivo alimentar relativo ao PPS4, cuja resposta ao questionário foi entretanto recebida (Anexo II).

PPS4. Aromas naturais e modelos de aromas

Dos extratos identificados no PPS4 foi selecionado o *Rosmarinus officinallis L.*, por ser aquele que à data apresenta um TRL mais elevado. O processo de obtenção do extrato é esquematizado na Figura 2.

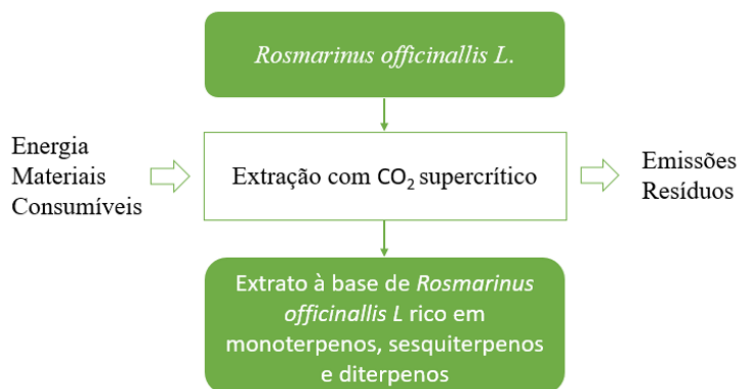


Figura 2 - Sistema em estudo para a produção de extrato de aroma à base de *Rosmarinus officinalis L.*

Através do método de extração com CO₂ supercrítico, foram obtidos 2 extratos aromáticos à base de *Rosmarinus officinalis L.* rico em monoterpenos, sesquiterpenos e diterpenos: um que utiliza *R. officinalis L.* fresco como matéria-prima e outro que utiliza *R. officinalis L.* desidratado. Estes extratos foram identificados como os extratos mais promissores. As amostras sofrem o processo de extração com dióxido de carbono supercrítico (SFE-CO₂), onde é também incluído o processo de refinação. O processo SFE-CO₂ substituí métodos de extração convencionais, nomeadamente extração com solvente orgânico em refluxo (Sohxlet), maceração, hidrodestilação e destilação a vapor, por exemplo. Este processo tem como resíduos: material sólido orgânico, os filtros descartados, e como emissões a perda do CO₂ utilizado na extração.

Aditivos alimentares selecionados

Em suma, os aditivos alimentares de origem natural, de acordo com o TRL mais elevado e selecionados pelos respetivos parceiros, identificam-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação dos aditivos alimentar de origem natural em estudo.

Classe de Aditivo Alimentar	Identificação do Aditivo Alimentar
Bioativos Naturais	Ergosterol
	Vitamina D2
Corantes naturais	Extratos de corante à base de <i>Hibiscus sabdariffa L.</i>
	Extrato corantes à base de <i>Sambucus nigra L.</i>
	Extrato corantes à base de <i>Gomphrena globosa L.</i>
Aromas naturais e modelos de aromas	Extratos aroma à base de <i>Rosmarinus officinalis L.</i>

3. Abordagem e Metodologia

Segundo o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) para que seja possível alcançar o conceito de desenvolvimento sustentável é necessário conciliar o crescimento económico com a exploração/preservação equilibrada do meio ambiente (Figura 3) [3]. As atividades industriais e os fatores ambientais devem ser quantificadas através do conceito de ecoeficiência [4], relacionando o desempenho ambiental com o económico [5]. A ecoeficiência pretende descrever e identificar as sinergias entre o valor de um produto ou serviço com o seu impacte ambiental, tendo como principal objetivo apoiar desenvolvimentos que maximizem o valor e reduzam o impacte ambiental gerado. Maiores índices de ecoeficiência são geralmente atingidos através da redução na utilização de recursos e matérias-primas e da emissão de poluentes e resíduos, ou seja, através da criação de mais valor com menos impacte. Para isso a ecoeficiência não se limita a fomentar melhorias na eficiência dos processos produtivos existentes, estimulando também a criatividade e inovação na procura de novas formas de atuar [6].

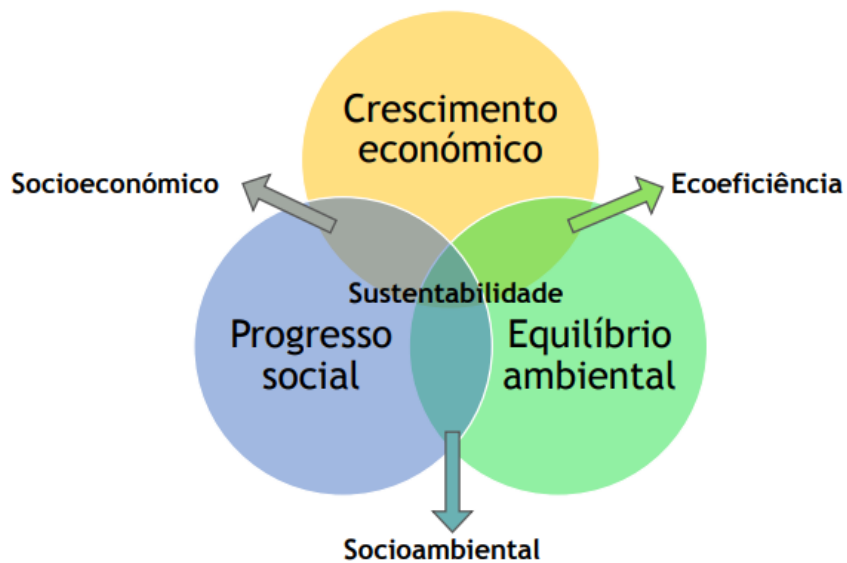


Figura 3 - Dimensão ambiental, económica e social do desenvolvimento sustentável (adaptado de BCSD Portugal, 2005)

A ecoeficiência assenta em sete princípios, sendo a redução da dispersão de substâncias tóxicas, dos materiais e da energia consumida os objetivos alcançáveis com

maior facilidade. Os restantes princípios são complementares, ou seja, auxiliarão a concretização dos objetivos ao nível da conceção e produção [5]:

- Maximização do uso sustentável dos recursos renováveis;
- Redução da intensidade de energia consumida;
- Redução da dispersão de substâncias tóxicas;
- Aumento da reciclabilidade dos materiais;
- Aumento da durabilidade dos produtos;
- Redução da intensidade dos materiais;
- Aumento da intensidade do serviço.

A WBCSD propõe uma abordagem organizada segundo categorias, aspetos e indicadores [7] para a quantificação e comunicação da ecoeficiência de um produto ou serviço, os quais são apresentados a título informativo na Tabela 2. As categorias são áreas de influência no ambiente, saúde e qualidade de vida. Por sua vez, os aspetos têm como função descrever o que é medido, ao passo que os indicadores procuram traduzir numericamente o desempenho de ecoeficiência.

Tabela 2 - Abordagem organizada em categorias, aspetos e indicadores proposta pela WBCSD para a quantificação e comunicação da ecoeficiência

Categorias	Aspetos	Indicadores
Valor do produto/ serviço	Volume/ massa Unidades monetárias Função	Unidades vendidas Vendas líquidas (em unidades monetárias)
Influência ambiental da criação do produto e serviço	Consumo de energia Consumo de materiais Consumo de recursos naturais Saídas relacionadas com o produto (resíduos, emissões) Defeitos ou ocorrência indesejáveis	Massa/quantidade de materiais consumidos Massa/quantidade de poluentes emitidos
Influência ambiental da utilização do produto e serviço	Características do produto e serviço Resíduos de embalagem; Consumo de energia Emissões durante a utilização e deposição final	Massa/quantidade de resíduos produzidos Quantidade de energia utilizada

No que concerne à quantificação da ecoeficiência a WBCSD propõe um rácio que relaciona o valor de um produto ou serviço com a sua influência ambiental (Equação 1).

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor produto ou serviço}}{\text{Influência ambiental}}$$

Equação 1 – Rácio de ecoeficiência proposto pela WBCSD

Este rácio é genérico e por isso passível de adaptação conforme as variáveis de performance utilizadas para a quantificação do valor do produto ou serviço e da influência ambiental. Não existe consenso relativamente às variáveis a considerar quer no numerador quer no denominador da equação. Estas variáveis deverão por isso ser adaptadas conforme os casos de estudo, de forma a traduzirem tanto quanto possível a realidade idiossincrática do sistema em análise.

Paralelamente existem algumas limitações associadas ao uso de rácios de ecoeficiência. Sendo que uma das principais se prende com a sua própria definição de obter mais com menos. Para se apresentar um resultado fiável é necessário demonstrar como o mesmo foi obtido, partindo de uma entrada de recursos e de uma saída de produtos. Uma outra limitação é o facto do resultado evidenciar melhorias gerais em termos de ecoeficiência, podendo, contudo, existir melhores resultados num determinado indicador e num outro indicador os resultados serem menos favoráveis [5].

Desta forma, para a harmonização dos rácios de ecoeficiência é necessário usar uma terminologia simples, lógica e contínua [5]. Importa assim selecionar indicadores de ecoeficiência robustos, cuja seleção, quantificação e comunicação estejam padronizadas a um nível metodológico.

No presente entregável seleciona-se como referencial metodológico para a **Avaliação da Ecoeficiência** o descrito na norma **ISO 14045:2012**. Os principais objetivos da ISO 14045 - *Avaliação da ecoeficiência de sistemas de produto* são: o estabelecimento uma terminologia e de uma estrutura metodológica comum para a avaliação da ecoeficiência; permitir o uso prático da avaliação da ecoeficiência para uma vasta gama de sistemas de produto (incluindo serviços); fornecer uma orientação clara para a interpretação dos resultados da avaliação da ecoeficiência; encorajar uma comunicação transparente, precisa e informativa dos resultados da avaliação da ecoeficiência.

Mediante a norma a ecoeficiência é uma ferramenta de gestão quantitativa que avalia os impactes ambientais do ciclo de vida de um sistema de produtos, juntamente

com o valor desse mesmo sistema [8]. Aqui a definição de ecoeficiência engloba o ciclo de vida do produto ou serviço, o qual, segundo a ISO 14045, deve ser quantificado pela metodologia de ACV seguindo os normativos da ISO 14040 e ISO 14044. As normas de ecoeficiência e de ACV partilham os mesmos princípios metodológicos, como a perspetiva de ciclo de vida, fronteiras do sistema, unidade funcional, transparência e abordagem científica. Existe, desta forma, uma concordância metodológica entre a norma selecionada para a quantificação da ecoeficiência e a norma selecionada no entregável 8.4.3 para a caracterização do desempenho ambiental (ACV de acordo com os referenciais ISO 14040:2006 e ISO 14044: 2006).

A estrutura metodológica adotada para a avaliação da ecoeficiência é descrita nos próximos capítulos.

I. Estrutura e Componentes da Avaliação de Ecoeficiência

A avaliação de ecoeficiência segundo a norma ISO 14045 compreende 5 etapas interativas entre si, as quais são (Figura 4):

1. Objetivo e âmbito;
2. Avaliação ambiental;
3. Avaliação de valor do sistema de produto;
4. Quantificação da ecoeficiência;
5. Interpretação.

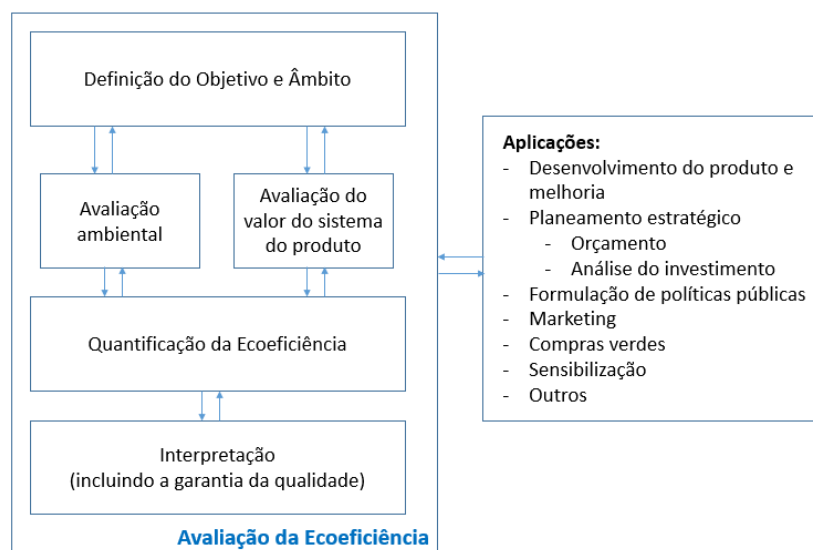


Figura 4 - Fases de uma avaliação de ecoeficiência (ISO 14045:2012)

i. Objetivo e Âmbito

Na primeira etapa, objetivo e âmbito, identifica-se o intuito da avaliação de ecoeficiência e descreve-se o sistema em estudo quanto a decisões críticas, isto é, as que impactam nas etapas seguintes, como a unidade funcional, fronteiras do sistema e hipóteses delineadas. Estes parâmetros, que incidem na caracterização do sistema em estudo, são os previamente identificados para a avaliação ambiental e económica dos aditivos alimentares (entregáveis 8.4.3 e 8.4.4).

A unidade funcional, similarmente à metodologia de ACV, consiste numa medida de referência quantificável para avaliar a ecoeficiência do sistema em estudo, a partir da qual todos os parâmetros de entrada e saída são aferidos. Esta unidade de referência permite uma comparação da avaliação de ecoeficiência entre sistemas alternativos.

A definição da extensão do ciclo de vida do sistema em estudo (processos considerados e interligações entre estes) é identificada na descrição das fronteiras do sistema. As fronteiras do sistema devem estar em consonância com o objetivo do estudo e devem ser as mesmas para o estudo componente ambiental (AVC) e da componente do valor do sistema de produto.

De modo a conferir uma maior transparência sobre os resultados obtidos, todas as decisões devem ser identificadas. As hipóteses delineadas podem estar associadas a diversos fatores, como limitações na obtenção de dados até a complexidade elevada dos sistemas em estudo. Os resultados da avaliação de ecoeficiência só são válidos para as premissas elaboradas e hipóteses delineadas nesta etapa.

NOTA: As fronteiras do sistema em estudo foram previamente identificadas no entregável 8.4.3 - *Definição da abordagem metodológica para caracterização do desempenho ambiental* e 8.4.4 - *Definição da abordagem metodológica para a caracterização do desempenho económico*.

ii. Avaliação Ambiental

Referente à ACV devem ser identificados os processos unitários em estudo, critérios de *cut-off*, alocações efetuadas, categorias de impacto em estudo, método de

cálculo utilizado e as exclusões efetuadas na avaliação ambiental que se repercutem no estudo da avaliação da ecoeficiência.

NOTA: Previamente identificado no entregável 8.4.3 - *Definição da abordagem metodológica para caracterização do desempenho ambiental.*

iii. Avaliação de Valor do Sistema de Produto

Nesta etapa identifica-se e descreve-se o tipo e método utilizado para a quantificação do valor do sistema de produto. Ressalva-se que, o valor deve ser quantificado na mesma unidade funcional que a utilizada na ACV. Existem diversos tipos de valor, a norma exemplifica alguns como o de valor funcional, estético e económico. O método utilizado para a quantificação da dimensão económica para o valor do sistema de produto é o MFCA.

NOTA: Previamente identificado no entregável 8.4.4 - *Definição da abordagem metodológica para a caracterização do desempenho económico.*

iv. Quantificação da Ecoeficiência

Os indicadores de ecoeficiência são quantificados pela utilização de métodos de cálculo, os quais relacionam os resultados da avaliação ambiental com os do valor do sistema de produto. O objetivo do rácio de ecoeficiência é o de incrementar o valor do sistema de produto por impacte ambiental unitário (Equação 2), conseguido aumentando o valor e/ou reduzindo o impacte ambiental.

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor do Sistema de Produto}}{\text{Impacto Ambiental}} \xrightarrow[\downarrow]{\text{Objetivo} \uparrow}$$

Equação 2 – Rácio de ecoeficiência proposto na ISO 14045:2012

No estudo da avaliação de ecoeficiência no âmbito do Projeto ValorNatural, como referido anteriormente, o valor do sistema de produto, será obtido pela aplicação da metodologia MFCA e o impacte ambiental através da metodologia de ACV.

Para a quantificação do indicador de impacte ambiental a utilizar no rácio de ecoeficiência, optou-se por utilizar a categoria de impacte: Aquecimento Global (medida em CO₂ equivalente), comumente conhecida por Pegada de Carbono. A norma refere que deve ser dada primazia à utilização de indicadores *midpoint* e não os *endpoint* e/ou de

pontuação única, ou seja, utilizar indicadores ambientais que não estejam normalizados e/ou ponderados. Posto isto, optou-se, por utilizar os resultados de caracterização da categoria de impacte Aquecimento Global pelo facto de ser um indicador *midpoint* robusto e amplamente conhecido, que utiliza no seu processo de cálculo fatores de caracterização cientificamente aceites e bem disseminados e por, em regra geral, ser um indicador representativo do desempenho ambiental do sistema em estudo. O rácio de ecoeficiência usado é o indicado na Equação 3.

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor Económico do Aditivo Alimentar}_{\text{Resultado MFCA}} \text{ [€]}}{\text{Pegada de Carbono do Aditivo Alimentar}_{\text{Resultado ACV}} \text{ [kg CO}_2\text{]}}$$

Equação 3 – Rácio de ecoeficiência utilizado para avaliação da ecoeficiência dos aditivos alimentares em estudo no Projeto ValorNatural

Utilizando este rácio, pretende-se aferir a ecoeficiência global de cada aditivo alimentar em estudo. A avaliação do desempenho por etapa de processo não é alvo do estudo de ecoeficiência, estando inserida no âmbito das tarefas T 8.4.3 e T 8.4.4 em que se utiliza separadamente as metodologias de ACV e MFCA.

O objetivo é que, após a quantificação da ecoeficiência, sejam propostas medidas de melhorias para aumentar a ecoeficiência dos aditivos. Estas medidas serão quantificadas e comparadas entre si pela utilização da Equação 4 e representadas graficamente (Figura 5) no intuito de facilitar a etapa metodológica seguinte, dedicada à interpretação de resultados.

$$\text{Fator} = \frac{\text{Ecoeficiência do Aditivo Alimentar com a medida de melhoria}}{\text{Ecoeficiência do Aditivo Alimentar base}}$$

Equação 4 – Fator de comparação das medidas de melhoria na avaliação de ecoeficiência

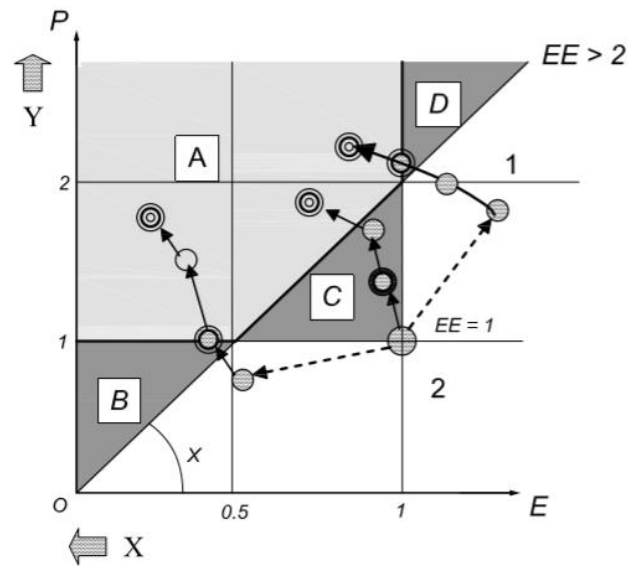


Figura 5 – Exemplo de representação gráfica da avaliação de ecoeficiência.

Legenda: E – Impacto ambiental; P – Valor do sistema de produto; 1 – Produto com medida de melhoria; 2 – Produto base; X – Redução de impacto ambiental. Y – Melhoria no valor do sistema de produto.

v. Interpretação

A fase de interpretação ocorre paralelamente às outras fases, em que os resultados obtidos (em cada fase) são analisados quanto à precisão e consistência perante as hipóteses delineadas. A interpretação considera dois aspetos principais:

- Processo continuado, que interfere com as outras fases do estudo;
- Potenciar a elaboração de conclusões e recomendações robustas.

De forma a melhorar a interpretação dos resultados obtidos pode-se, nesta fase, determinar a incerteza destes e efetuar uma análise de sensibilidade.

4. Conclusão

Os aditivos alimentares embora sejam elementos de pequena expressão nos produtos, em termos mássicos, podem ter um impacte significativo. Acresce que existem poucos estudos científicos sobre a ecoeficiência no sector dos aditivos alimentares. Importa, desta forma, o contributo científico do presente estudo para a caracterização ambiental e económica da produção de aditivos alimentares.

Foi recolhida informação junto dos parceiros para a identificação e caracterização dos sistemas em estudo mediante o envio de um questionário (Anexo I) e de reuniões de projeto. Os aditivos foram selecionados pelos respetivos parceiros de acordo com o TRL mais elevado. Nos bioativos naturais foi selecionado o extrato enriquecido em microesteróis, nomeadamente ergosterol e o extrato enriquecido em vitamina D2. Os corantes naturais identificados com maior potencial de aplicação foram os extratos corantes à base de *Hibiscus sabdariffa L.*, de *Sambucus nigra L.* e de *Gomphrena globosa L.* O extrato de aroma identificado com maior potencial foi o extrato de aroma *Rosmarinus officinallis L.* (seco e fresco). A caracterização dos processos produtivos foi realizada, pelos parceiros, à escala laboratorial. Espera-se que o contínuo desenvolvimento do trabalho dos parceiros possa conduzir, para alguns dos extratos, a uma nova bateria de dados numa escala-piloto.

A avaliação da ecoeficiência dos aditivos alimentares naturais em estudo seguirá a norma ISO 14045:2012 [8]. Em concordância com a norma, a ecoeficiência é uma ferramenta de gestão quantitativa que avalia os impactes ambientais do ciclo de vida de um sistema de produtos, juntamente com o valor desse mesmo sistema. O indicador utilizado para a aferição da ecoeficiência é um rácio entre o valor do aditivo alimentar e o seu respetivo impacte ambiental. Para a quantificação da dimensão ambiental será utilizado o indicador da Pegada de Carbono, resultante do estudo de ACV (entregável 8.4.3) e para a componente do valor do sistema de produto, o resultado do valor económico do MFCA (entregável 8.4.4).

Paralelamente às outras metodologias utilizadas de ACV e MFCA, para a aferição da ecoeficiência, também será seguida uma abordagem de análise *gate-to-gate*. Considera-se a inclusão das etapas de processo ocorridas desde a produção das matérias-primas para o processamento do substrato de origem vegetal até à produção do

aditivo alimentar. Exclui-se da análise as etapas associadas à produção ou obtenção de plantas, frutos e dos resíduos de origem vegetal e as associadas à incorporação dos aditivos nos produtos alimentares. O interesse é avaliar e otimizar a ecoeficiência das tecnologias de processamento, extração e estabilização dos aditivos alimentares em estudo no projeto. Importa ressaltar que a robustez dos resultados depende, em ampla medida, dos resultados providenciados pelos parceiros. Dependendo, por conseguinte, da informação recebida os cenários em estudo poderão ser adaptados.

O objetivo da avaliação da ecoeficiência é o de primeiramente quantificar a ecoeficiência dos aditivos alimentares naturais desenvolvidos no Projeto ValorNatural e o de, numa segunda fase, identificar possíveis medidas de melhoria de forma a incrementar a ecoeficiência dos aditivos naturais em estudo, nomeadamente:

- Identificação dos pontos fracos e fortes de processo, pela aplicação da metodologia de ACV e MFCA;
- Identificação e quantificação das ineficiências no processo, pela aplicação da metodologia de ACV e MFCA;
- Avaliação de cenários de melhoria, pela aplicação da metodologia de ecoeficiência;
- Estudos comparativos de soluções, pela aplicação da metodologia de ecoeficiência;
- Plano de ação de orientações e soluções.

5. Referências

- [1] P. Saling, "Eco-Efficiency Analysis of biotechnological processes," *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 68, no. 1, pp. 1–8, 2005, doi: 10.1007/s00253-005-1951-0.
- [2] B. Pagan and P. Prasad, "The Queensland food eco-efficiency project: reducing risk and improving competitiveness," *J. Clean. Prod.*, vol. 15, no. 8–9, pp. 764–771, 2007, doi: 10.1016/j.jclepro.2006.06.014.
- [3] M. C. Rocha, "Contribuição para o estudo da implementação de Sistemas de Gestão Ambiental na perspetiva do desenvolvimento sustentável. Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Tese de Mestrado," 2006.
- [4] J. Moreira, "Indicadores de eco-eficiência como parte do Sistema de Gestão Ambiental da Águas do Ave, S.A: aplicação às ETAR de S.Gonçalo, Esposende e Vila Meã. Departamento de Engenharia Ambiental. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mest," 2009.
- [5] C. Pereira, "Desenvolvimento de indicadores de eco-eficiência: Aplicação à indústria Metalomecânica. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto,," 2011.
- [6] W. B. C. S. Development, "A eco-eficiência, criar mais com menos impacto. WBCSD Portugal," p. 31, 2000.
- [7] WBCSD, "Medir a eco-eficiência. Guia para comunicar o desempenho da empresa. WBCSD Portugal,," 2000.
- [8] ISO, "ISO 14045: Environmental management — Eco- efficiency assessment of product systems — Principles, requirements and guidelines," *Int. Organ. Stand.*, p. 13, 2012.
- [9] PRe, "SimaPro 7: Database Manual," *Methods Libr.*, 2008, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [10] M. Huijbregts *et al.*, "ReCiPe 2016," *Natl. Inst. Public Heal. Environ.*, 2016, doi: 10.1007/s11367-016-1246-y.

6. Anexos

I. Questionário Enviado

Questionário sobre ingredientes em desenvolvimento no Projeto Valor Natural para Tarefas de Avaliação de sustentabilidade e Ecoeficiência

A ser preenchido por parceiros dos PPSs 3/4/5:

PPS3. Corantes naturais

PPS4. Aromas naturais e modelos de aromas

PPS5. Bioativos naturais

PPS6. Inovação em Processos de Extração, Refinação e Técnicas de Conservação

Objetivo: Obter informação técnica junto dos parceiros para fundamentar a seleção de casos de estudo para as Tarefas de Avaliação de Sustentabilidade e Ecoeficiência (T8.4.3 a T8.4.5) a cargo do ISQ e INEGI.

1. Identifique os ingredientes em desenvolvimento e o seu objetivo.
 - Ordene-os, colocando em primeiro o que considera mais promissor, melhor documentado e/ou com um TRL mais elevado, e por último o que considera em estado mais preliminar e pior documentado. Justifique sumariamente.
2. Para cada ingrediente (aroma/corante/bioativo) descreva o seu processo de produção (piloto) identificando matérias primas, equipamentos associados, consumos de energia e coprodutos.
 - Matéria-prima (identifique se é utilizado um bio-resíduo);
 - Processo de extração (equipamento utilizável, consumo energético, principais consumíveis);
 - Processo de refinação (equipamento utilizável, consumo energético, principais consumíveis);
 - Coprodutos (identificação de produtos secundários de valor acrescentado)
 - Resíduos resultantes do processo.
3. Para cada ingrediente, identifique se algum dos equipamentos alternativos inovadores (do PPS6) poderão ser utilizados no processo. Se sim, indique:
 - Que equipamento;
 - Em que operação;
 - Se este substitui equipamentos convencionais, especifique quais;
 - O potencial benefício do novo equipamento face ao convencional.
4. Para cada ingrediente, identifique se ele substitui um ingrediente convencional existente no mercado. Se sim, identifique o item a ser substituído e o seu processo convencional de produção.
5. Para cada ingrediente, identifique em que unidade o ingrediente é medido (e.g: ml; kg; ou outra).
6. Para os ingredientes a selecionar como caso de estudo, será necessário recolher dados quantitativos mais detalhados de inventário.

Para cada processo produtivo, é necessário identificar e quantificar:

 - os “inputs” (energia e todos os recursos);
 - os “outputs” (produtos, coprodutos, emissões, resíduos);
 - custos fixos e variáveis associados (materiais, consumíveis, energia, mão de obra, investimentos e imobilizados);
 - volume de produção;
 - valor de venda.

7. Para cada ingrediente, indicar o contacto técnico preferencial (investigador ou responsável pela investigação) para pedido de informação adicional ou esclarecimento de dúvidas.

Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):

Fase do Processo de Produção:

Tabela 3 – Exemplo de lista de inventário (por ingrediente).

Inputs	Quantidade	Unidade	Notas
Materiais:			
A	1	Kg	Descrição da origem
B	100	ml	Descrição
Consumíveis:			
C	10	ml	Fornecedor xpto
D	0,05	Kg	Ficha técnica abc
Energia:			
Eletricidade (equipamento A)	50	kWh	
Gás natural	1	m ³	
Outputs	Quantidade	Unidade	Notas
Produtos			
A1	1	Kg	Descrição da origem
A2	0,1	kg	Descrição
Emissões:			
Resíduos:			
Custos	Custo (€)	Quantidade/unidade	Notas
Materiais:			
A	25€	2 Kg	
B	100€	100 ml	
Consumíveis			
C	70€	100 ml	
D	50€	1kg	
Energia			
Eletricidade	0.20€	kWh	
Equipamentos			
Equipamento A	80000€	aquisição	Vida útil estimada (20 anos)

NOTA: substituir entradas exemplificativas (a azul) por dados relativos ao ingrediente e processo em causa.

II. Respostas dos Parceiros do PPS4. Aromas naturais e modelos de aromas (recebido 23.06.2020)

Objetivo: Obter informação técnica junto dos parceiros para fundamentar a seleção de casos de estudo para as Tarefas de Avaliação de Sustentabilidade e Ecoeficiência (T8.4.3 a T8.4.5) a cargo do ISQ e INEGI.

1. Identifique os ingredientes em desenvolvimento e o seu objetivo.
- Ordene-os, colocando em primeiro o que considera mais promissor, melhor documentado e/ou com um TRL mais elevado, e por último o que considera em estado mais preliminar e pior documentado. Justifique sumariamente.

A PPS04 tem como objetivo a obtenção, caracterização e incorporação de aromas naturais de plantas e frutos secos. O seu foco de desenvolvimento traduz-se na conceção de um protótipo industrial de aromas naturais destinados à intensificação das características organolépticas de produtos de interesse para a indústria de panificação, utilizado como estratégia de marketing olfativo.

Neste sentido, os ingredientes de maior interesse dizem respeito a:

- extratos de plantas (desidratadas e frescas) incluindo: Alecrim - *Rosmarinus officinalis* L., Tomilho - *Thymus mastichina* L. e Oregãos - *Origanum vulgare* L.
- frutos secos incluindo: Amêndoa - *Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb, Avelã - *Corylus avellana* L. e Noz - *Juglans regia* L.

Com base nos resultados alcançados e em ordem decrescente, sumariza-se abaixo os ingredientes^a mais promissores, melhor documentados e com um TRL mais elevado:

i. Monoterpenos, sesquiterpenos e diterpenos foram identificados como os extractos mais abundantes e promissores obtidos a partir de *R. officinalis* e *T. mastichina* nas formas desidratada e fresca. As principais moléculas identificadas bem como os extratos globais são utilizados pela indústria da perfumaria e cosmética, alimentar e farmacêutica. A literatura descreve abundantemente as propriedades funcionais (e.g. antioxidante e anti-inflamatória) e em menor proporção o potencial aromático das plantas em causa. A TRL 4 (Tecnologia validada em laboratório) pode ser aplicada ao estudo.

ii. Os frutos secos, de um modo geral, mostraram-se ricos em ácidos gordos, principalmente quando extraídos pelo método convencional. Apenas a *P. dulcis* demonstrou potencial para a obtenção de aromas pertencentes à família dos terpenóides, nomeadamente o esqualeno e o β -sitosterol. Verificam-se poucas evidências científicas que demonstram a abundância de compostos voláteis em frutos secos. A TRL 3 (Prova experimental de conceito) define o tópico.

iii. Os rendimentos de extração de *O. vulgare* foram reduzidos e os compostos presentes em menor concentração quando comparado com as restantes plantas. No entanto, verificou-se uma elevada diversidade de compostos aromáticos. A literatura descreve largamente o produto e a nível de investigação com foco às propriedades aromáticas, aplica-se a TRL 3.

iv. Foram obtidos rendimentos baixos após a concentração dos aromas presentes em hidrolatos de todas as plantas aromáticas. A inviabilidade de aplicação foi sugerida e,

consequentemente, o nível de prontidão tecnológica define-se como TRL2 (Conceito de tecnologia formado), com poucos estudos reportando o produto em avaliação.

2. Para cada ingrediente (aroma/corante/bioativo) descreva o seu processo de produção (piloto) identificando matérias-primas, equipamentos associados, consumos de energia e coprodutos.
 - Matéria-prima (identifique se é utilizado um bio-resíduo);
 - Processo de extração (equipamento utilizável, consumo energético, principais consumíveis);
 - Processo de refinação (equipamento utilizável, consumo energético, principais consumíveis);
 - Coprodutos (identificação de produtos secundários de valor acrescentado)
 - Resíduos resultantes do processo.

Tecnologias limpas e convencionais foram aplicadas à obtenção dos ingredientes da classe dos aromas.

i. As matérias-primas compreendem a plantas aromáticas (*R. officinallis*, *T. mastichina* e *O. vulgaris*) desidratadas e frescas, bem como frutos secos (*P. dulcis*, *C. avellana* e *J. regia*). Não são utilizados bio-resíduos como matéria-prima.

ii. Apresentam-se como processos de extração utilizados para cada um dos grupos de matéria-prima os seguintes: extração com CO₂ supercrítico (SFE-CO₂) e hidrodestilação, para as plantas aromáticas e extração com CO₂ supercrítico (SFE-CO₂) e Soxhlet (*n*-hexano) para obtenção de aromas de frutos secos. Para cada equipamento, o consumo energético e principais consumíveis são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Equipamentos de extração utilizados e respectivos consumos energéticos e consumíveis.

Equipamento	kW	hora/dia	€/kWh	IVA	dia/ano	custo/ano (€)	Consumíveis
SFE							
Forno	3,00	6	0,1481	1,23	260	852,50	Dióxido de carbono (CO ₂)
Banho termostático	1,44	6	0,1481	1,23	260	409,21	
Bomba de vácuo	0,25	2	0,1481	1,23	260	23,7	
Soxhlet							
Placa de aquecimento	0,15	6	0,1481	1,23	50	8,20	<i>n</i> -hexano, água
Hidrodestilação							
Placa de aquecimento	0,15	3	0,1481	1,23	50	4,10	Água
Banho termostático	1,44	6	0,1481	1,23	260	409,21	

iii. O processo de refinação é incluído na tecnologia de extração, nomeadamente os separadores 1 e 2 do SFE-CO₂.

iv. Não houve formação de produtos secundários com valor acrescentado.

v. São resíduos dos processos de extração:

- SFE-CO₂: os únicos resíduos formados foram de natureza orgânica (material sólido submetido à extração).
- Soxhlet: gerou-se resíduos sólidos orgânicos e resíduos químicos (*n*-hexano).
- Hidrodestilação: apenas resíduos sólidos orgânicos resultaram da extração.

3. Para cada ingrediente, identifique se algum dos equipamentos alternativos inovadores (do PPS6) poderão ser utilizados no processo. Se sim, indique:
 - Que equipamento;
 - Em que operação;
 - Se este substitui equipamentos convencionais, especifique quais;
 - O potencial benefício do novo equipamento face ao convencional.
 - i. Extrator supercrítico com CO₂ e etapas de refinamento incluídas, nomeadamente os separadores 1 e 2.
 - ii. Extração de compostos voláteis oriundos de plantas aromáticas e frutos secos.
 - iii. A tecnologia substitui métodos de extração convencionais, nomeadamente extração com solvente orgânico em refluxo (Sohxlet), maceração, hidrodestilação, destilação a vapor, por exemplo.
 - iv. A perda de alguns compostos aromáticos é o principal agente limitante das metodologias convencionais. Por serem lentas e necessitarem do uso do calor, levam à degradação de moléculas não saturadas ou esterificadas por efeitos térmicos ou hidrolíticos. Portanto, para obter extratos naturais de melhor qualidade, menor custo e bom desempenho, de maneira sustentável e ecológica, a extração supercrítica com CO₂ é indicada. A tecnologia trabalha a favor da prevenção da oxidação de compostos lábeis ao calor e destaca-se como uma metodologia verde, promissora para aplicação em produtos alimentares.

4. Para cada ingrediente, identifique se ele substitui um ingrediente convencional existente no mercado. Se sim, identifique o item a ser substituído e o seu processo convencional de produção.

A indústria de aromas e fragrâncias demonstra uma participação considerável na demanda por aromas químicos. A incorporação de produtos naturais, como os óleos essenciais, é apresentada como uma alternativa em ascensão, exótica e viável no desenvolvimento de produtos cosméticos, aromaterapêuticos e farmacêuticos. O setor apresenta ainda uma popularidade crescente no uso de aromas em produtos alimentícios e de bem-estar. Além disso, a incorporação de óleos essenciais em produtos é aprovada pela Comissão Europeia e pela *Food and Drug Administration* (FDA) e é classificada como “geralmente reconhecida como segura” (GRAS, do inglês “*generally recognized as safe*”) para uso em produtos alimentares. Assim, quaisquer que sejam as aplicações na área alimentar ou áreas correlacionadas, o ingrediente natural pode substituir produtos químicos, comumente utilizados. A Tabela 2 apresenta a descrição dos ingredientes/moléculas maioritárias encontradas em cada uma das matérias-primas (plantas aromáticas) que são passíveis para substituição de ingredientes de origem sintética. Devido à abundância em ácidos gordos, e conseqüentemente menos promissores, os frutos secos não são aqui descritos (solicitar informação adicional se necessário).

Tabela 2. Composição maioritária dos ingredientes obtidos das diferentes matérias-primas (plantas aromáticas) de acordo com o método de extração aplicado e as suas respetivas composições relativas (%).

Matéria-prima	Método de extração	Ingredientes maioritários	Concentração relativa (%)	
<i>R. officinallis</i> fresco	SFE	α -pineno	52,11	
		eucaliptol	11,36	
		I-verbenona	8,34	
<i>R. officinallis</i> desidratado	OE	α -pineno	35,90	
		eucaliptol	18,44	
		HD	eucaliptol	26,24
<i>R. officinallis</i> desidratado	SFE	α -pineno	30,39	
		eucaliptol	17,75	
		I-verbenona	6,09	
<i>T. mastichina</i> L. fresco	OE	α -pineno	24,15	
		eucaliptol	30,53	
		HD	I-verbenona	43,88
<i>T. mastichina</i> desidratado	SFE	cânfora	12,08	
		OE	Aguarda extrações (sazonalidade)	-
			HD	-
<i>T. mastichina</i> desidratado	SFE		eucaliptol	47,86
		α -terpineol	13,84	
		elemol	8,49	
<i>O. vulgaris</i> fresco	OE	α -terpineol	8,25	
		eucaliptol	57,59	
		HD	α -terpineol	21,86
<i>O. vulgaris</i> desidratado	SFE	eucaliptol	24,19	
		OE	<i>cis</i> - β -terpineol	13,64
			I-verbenona	12,46
<i>O. vulgaris</i> desidratado	HD		Sem rendimento	-
		SFE	Aguardando liofilização	-
			β -linalool	22,23
<i>O. vulgaris</i> desidratado	OE		β -cariofileno	8,68
		Sem rendimento	-	
		HD	β -linalool	45,81
		eucaliptol	29,67	

5. Para cada ingrediente, identifique em que unidade o ingrediente é medido (e.g: ml; kg; ou outra).

A unidade de medida apropriada para os ingredientes obtidos pela PPS04 é em percentagem (%). Futuramente, as moléculas maioritárias serão quantificadas em mg·g⁻¹ de planta.

6. Para os ingredientes a selecionar como caso de estudo, será necessário recolher dados quantitativos mais detalhados de inventário.

Para cada processo produtivo, é necessário identificar e quantificar (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**3):

- os “inputs” (energia e todos os recursos);
- os “outputs” (produtos, coprodutos, emissões, resíduos);

- custos fixos e variáveis associados (materiais, consumíveis, energia, mão de obra, investimentos e imobilizados);
- volume de produção;
- valor de venda.

A Tabela 3 apresenta os dados para o caso de estudo selecionado, relativo aos compostos provenientes da extração da planta *R. officinallis*, conforme apresentado no entregável 4.1.2. e no relatório de execução do 3º semestre de atividades. Novos ingredientes poderão ser anexados a este grupo, condicionado a ensaios experimentais futuros (e.g. extratos de *T. mastichina*).

Tabela 3a. - Lista de inventário (por ingrediente e por extração) referente aos extratos de *R. officinallis* obtidos por SFE-CO₂

Inputs	Extrato de <i>R. officinallis</i> - fresco	Extrato de <i>R. officinallis</i> - desidratado	Unidade	Notas
Materiais:				
Amostragem	30	30	g	As amostras colhidas em fevereiro de 2020, na Póvoa de Lanhoso, Braga, Portugal.
Consumíveis:				
Dióxido de carbono (CO ₂)	2	2	L	Fornecedor: Linde
Filtro de extração	3	3	unidades	
Processo e equipamento:				
Forno	3,00	3,00	kWh (energia)	
	6	6	h (tempo)	
Banho termostático	1,44	1,44	kWh (energia)	
	6	6	h (tempo)	
Bomba de vácuo	0,25	0,25	kWh (energia)	
	2	2	h (tempo)	
Outputs	Quantidade		Unidade	Notas
Produtos				
Extrato de <i>R. officinallis</i> - fresco	0,78 ($\eta=4,10\%$)	0,59 ($\eta=1,95\%$)	g	Fornecedor: Deifil Technology
Emissões:				
Dióxido de carbono (CO ₂)	2	2	L	Fornecedor: Linde
Resíduos:				
Matéria sólida orgânica	~30	~30	g	Conteúdo não extraído ($m_t - m_{ext}$)
Filtro de extração	3	3	unidades	-
	Custo (€)		Quantidade/unidade	Notas
Materiais				
Planta <i>in natura</i>	30	150	1 kg	Póvoa de Lanhoso, Braga, Portugal.
Consumíveis:				
Dióxido de carbono (CO ₂)	252,00	252,00	30 kg	
Filtro de extração	0,99	0,99	100 unidades	-
Eletricidade	0,1481	0,1481	kWh	Distribuidora EDP
Equipamento				
Unidade de extração	20.983,00	20.983,00	construção	Vida útil estimada (20 anos)

NOTA: substituir entradas exemplificativas (a azul) por dados relativos ao ingrediente e processo em causa.

7. Para cada ingrediente, indicar o contacto técnico preferencial (investigador ou responsável pela investigação) para pedido de informação adicional ou esclarecimento de dúvidas.

O contacto técnico preferencial é Investigadora Principal do Projeto Isabel Maria Martins, pelo e-mail isa@fe.up.pt.