



AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÓMICA E AMBIENTAL DO SISTEMA DE RECOLHA SELETIVA DE BIORRESÍDUOS BASEADO EM CO-COLECÇÃO

Relatório Final

30 de setembro de 2020

Elaborado por:

3drivers
engenharia
inovação
ambiente

Para:

30 ANOS
PROVEDOR
DE AMBIENTE
tratolixo
gestão de resíduos urbanos
www.tratolixo.pt

FICHA TÉCNICA

Título

Avaliação técnica, económica e ambiental do sistema de recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção - Relatório Final

Promotor

TRATOLIXO – Tratamento de Resíduos Sólidos, E.I.M.S.A. (Tratolixo)

Autoria



3Drivers - Engenharia, Inovação e Ambiente Lda.

Av. Conde de Valbom, n.º 6, 6º piso

1050-068 Lisboa, Portugal

Tel: (+351) 216 026 334

3drivers@3drivers.pt

<http://www.3drivers.pt>

Equipa de Trabalho

António Lorena

João Ramos

Rita Pombo

Edição

Lisboa, 30 de setembro de 2020

Créditos das imagens e figuras no relatório: Equipa de trabalho, exceto se identificado

(Fonte da imagem de capa: Envac Optibag AB)

Disclaimer: O conteúdo deste documento é da responsabilidade dos seus autores, sendo que as conclusões expressas podem não coincidir necessariamente com a posição oficial das entidades que contrataram o estudo.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. ÂMBITO E OBJETIVOS	11
2. BENCHMARKING	12
2.1. SISTEMAS DE CO-COLECÇÃO ATRAVÉS DE SACOS ÓTICOS IMPLEMENTADOS NA EUROPA.....	23
3. AVALIAÇÃO TÉCNICA.....	27
3.1. OBJETIVOS	27
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE RECOLHA	28
3.3. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	32
3.4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	33
4. AVALIAÇÃO ECONÓMICA	35
4.1. OBJETIVOS	35
4.2. METODOLOGIA E PRESSUPOSTOS	35
4.3. CENÁRIOS DE ANÁLISE	43
4.4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	55
5. AVALIAÇÃO AMBIENTAL	61
5.1. METODOLOGIA E PRESSUPOSTOS.....	61
5.2. OBJETIVOS	64
5.3. ÂMBITO.....	65
5.4. INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA	69
5.5. AVALIAÇÃO DOS IMPACTES	71
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
REFERÊNCIAS	77
ANEXO I – AVALIAÇÃO ECONÓMICA PARA A REALIDADE DE CADA MUNICÍPIO	79
<i>Município de Cascais</i>	<i>80</i>
<i>Município de Mafra</i>	<i>88</i>
<i>Município de Oeiras.....</i>	<i>96</i>
<i>Município de Sintra.....</i>	<i>104</i>
ANEXO II – FASES DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA	112
<i>Definição dos objetivos e âmbito.....</i>	<i>112</i>
<i>Análise de inventário</i>	<i>113</i>

Avaliação do impacte 115

Interpretação..... 117

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Principais referências bibliográficas consideradas no desenvolvimento do estudo.....	12
Tabela 2 – Características operacionais dos modelos de recolha seletiva de biorresíduos, implementados na região da Catalunha.....	22
Tabela 3 – Evolução da taxa de separação na origem de biorresíduos recolhidos através de sacos óticos	25
Tabela 4 – Composição física dos biorresíduos depositados nos sacos verdes	26
Tabela 5 – Comparação das características operacionais dos modelos de recolha seletiva de biorresíduos em estudo	30
Tabela 6 – Resultados da avaliação técnica das soluções de recolha seletiva de biorresíduos em análise (Fonte: 3drivers, 2020).....	34
Tabela 7- Produção de resíduos urbanos indiferenciados na área de intervenção da TratoLixo, e potencial de biorresíduos presentes.....	37
Tabela 8 – Capitação da produção de resíduos indiferenciados e de biorresíduos.....	37
Tabela 9 – Parâmetros operacionais transversais relativos ao planeamento da operação de recolha de resíduos urbanos	39
Tabela 10 – Parâmetros operacionais e financeiros relativos aos meios e equipamentos de deposição....	40
Tabela 11 – Parâmetros operacionais e financeiros transversais relativos à operação de lavagem de equipamentos de deposição	42
Tabela 12 – Parâmetros operacionais e financeiros relativos à implementação de uma solução operacional de separação de sacos.....	43
Tabela 13 – Cenários de análise económica	44
Tabela 14 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica do Cenário Zero.....	45
Tabela 15 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica dos Cenários A.I, A.II e A.III .	47
Tabela 16 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica do Cenário B.I	50
Tabela 17 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica do Cenário B.II	52
Tabela 18 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica do Cenário B.III	54
Tabela 19 – Principais rúbricas de custo associadas ao sistema de co-coleção e por cenário analisado.....	56
Tabela 20 - Dados de inventário da recolha de resíduos	70
Tabela 21 -Dados de inventário relativo à unidade de separadores óticos (Cenário A).....	71
Tabela 22 -Dados de inventário relativo à unidade de separadores óticos (Cenário A).....	71
Tabela 23 – Comparação do perfil ambiental dos serviços de recolha de biorresíduos (caracterização)....	72
Tabela 24 – Cenários de análise económica	79
Tabela 25 – Dados de produção e composição de resíduos no Município de Cascais	80
Tabela 26 – Parâmetros operacionais da recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de contentores no Município de Cascais	81

Tabela 27 – Pressupostos financeiros da recolha de resíduos e de lavagem de contentores no Município de Cascais	82
Tabela 28 – Previsão da distribuição efetiva de sacos verdes para recolha de biorresíduos, no Município de Cascais	83
Tabela 29 – Principais pressupostos operacionais considerados na análise económica dos Cenártios B, no Município de Cascais	84
Tabela 30 – Dados de produção e composição de resíduos no Município de Mafra	88
Tabela 31 – Parâmetros operacionais da recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de contentores no Município de Mafra	89
Tabela 32 – Pressupostos financeiros da recolha de resíduos e de lavagem de contentores no Município de Mafra	90
Tabela 33 – Previsão da distribuição efetiva de sacos verdes para recolha de biorresíduos, no Município de Mafra	91
Tabela 34 – Principais pressupostos operacionais considerados na análise económica dos Cenártios B, no Município de Mafra	92
Tabela 35 – Dados de produção e composição de resíduos no Município de Oeiras	96
Tabela 36 – Parâmetros operacionais da recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de contentores no Município de Oeiras	97
Tabela 37 – Pressupostos financeiros da recolha de resíduos e de lavagem de contentores no Município de Oeiras	98
Tabela 38 – Previsão da distribuição efetiva de sacos verdes para recolha de biorresíduos, no Município de Oeiras	99
Tabela 39 – Principais pressupostos operacionais considerados na análise económica dos Cenártios B, no Município de Oeiras.....	100
Tabela 40 – Dados de produção e composição de resíduos no Município de Sintra	104
Tabela 41 – Parâmetros operacionais da recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de contentores no Município de Sintra	105
Tabela 42 – Pressupostos financeiros da recolha de resíduos e de lavagem de contentores no Município de Sintra	106
Tabela 43 – Previsão da distribuição efetiva de sacos verdes para recolha de biorresíduos, no Município de Sintra	107
Tabela 44 – Principais pressupostos operacionais considerados na análise económica dos Cenártios B, no Município de Sintra.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Representação geográfica de locais onde o sistema de recolha em co-coleção através de sacos óticos está implementado.....	23
Figura 2 – Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado.....	55
Figura 3 – Distribuição dos parâmetros de custeio que compõem a rubrica associada à operação de recolha, para o universo dos Cenário A – Co-coleção.....	56
Figura 4 - Evolução estimada dos custos anuais da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada – Cenários B	57
Figura 5 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada – Cenários B	58
Figura 6 – Distribuição das rubricas de custo do sistema de recolha dedicada de biorresíduos, para cada cenário de análise.....	59
Figura 7 – Fases e objetivos da ACV e interação entre estas	62
Figura 8 – Principais fluxos de relevância ambiental associada à recolha de biorresíduos.....	66
Figura 9 - Definição das fronteiras do sistema de ACV.....	68
Figura 10 - Comparação do perfil ambiental dos serviços de recolha de biorresíduos (normalização)	73
Figura 11 - Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado – Município de Cascais	85
Figura 12 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada - Município de Cascais.....	86
Figura 13 - Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado – Município de Mafra	93
Figura 14 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada - Município de Mafra.....	95
Figura 15 - Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado – Município de Oeiras.....	101
Figura 16 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada - Município de Oeiras	102
Figura 17 - Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado – Município de Sintra.....	109
Figura 18 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada - Município de Sintra	110
Figura 19 – Exemplo de modelo de avaliação de impacte ambiental – ReCiPe.....	117

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Com o enquadramento da Economia Circular, a União Europeia aprovou em 2018 um novo pacote de Diretivas para os Resíduos. Estas definiram metas para a gestão de resíduos, em particular resíduos urbanos e fluxos específicos de resíduos, mais ambiciosas e que implicarão alterações profundas nos sistemas técnicos de gestão de resíduos, mas também no comportamento dos cidadãos e empresas. A Diretiva (UE) 2018/851, em particular, estabelece os seguintes objetivos:

- + Atingir uma taxa de preparação para reutilização e reciclagem dos resíduos urbanos de 55% até 2025, 60% até 2030 e 65% até 2035;
- + Garantir a recolha seletiva de biorresíduos a partir de 31 de dezembro de 2023;
- + Garantir que todos os resíduos com potencial de valorização não sejam depositados em aterro a partir de 2030;
- + Garantir que menos de 10% do total de RU produzidos sejam depositados em aterro até 2035.

Relativamente ao primeiro e segundo ponto, importa considerar a forma como a valorização orgânica contribui para as metas de preparação para reutilização e reciclagem (PRR) de resíduos urbanos. A partir de 2027, apenas os biorresíduos recolhidos seletivamente serão contabilizados para a meta de PRR na quantidade efetivamente sujeita ao processo de reciclagem, ou seja, após quaisquer processos de limpeza ou triagem que sejam necessários para uma reciclagem de elevada qualidade.

Assim, considerando a necessidade de se apostar na recolha de biorresíduos e na sua valorização orgânica como forma de aumentar as taxas de preparação para reutilização e reciclagem, as entidades gestoras de resíduos urbanos, em baixa e em alta, deverão definir estratégias e ações concretas que permitam responder a este desafio. Estas deverão, por sua vez, ser suportadas em estudos de base que incorporem as dimensões técnicas, económicas e ambientais, por forma a garantir que se encontram as melhores soluções possíveis.

No caso específico da Tratolixo e dos municípios na sua área de abrangência, a valorização orgânica de biorresíduos é hoje já uma realidade, nomeadamente a valorização orgânica na CDA da Abrunheira e de alguns dos resíduos verdes recolhidos seletivamente. Contudo, a maioria dos biorresíduos provêm da recolha indiferenciada de RU. Consciente da necessidade de a médio prazo aumentar a proporção de biorresíduos recolhidos seletivamente, a Tratolixo e os municípios de Cascais, Mafra, Oeiras e Sintra estão a implementar pilotos para a recolha seletiva de biorresíduos baseados na *co-coleção*. De forma sintética, neste sistema a recolha seletiva de biorresíduos é conseguida através da utilização de sacos com uma cor específica para este fluxo, mas que são depois depositados e recolhidos pelos municípios juntamente com os resíduos indiferenciados. Estes são depois separados a jusante numa unidade com sistemas óticos que permitem separar os sacos por cor. Estes sistemas são relativamente comuns na Noruega e Suécia,

comprovadamente com algumas vantagens em relação a outros sistemas de recolha seletiva, nomeadamente na perspetiva dos custos dos sistemas.

O presente documento constitui o relatório final da avaliação técnica, económica e ambiental da recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção, onde se demonstram os seus potenciais benefícios face a outras soluções técnicas.

1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

Os trabalhos desenvolvidos no âmbito do projeto tiveram como objetivo **apoiar a Tratolixo na avaliação técnica, económica e ambiental do sistema de recolha seletiva de biorresíduos baseado na co-coleção. Em termos de objetivos específicos, podem ainda ser referidos os seguintes:**

- + Revisão da literatura existente sobre a aplicação deste sistema;
- + Enquadramento dos possíveis sobrecustos na atual estrutura de custos dos municípios;
- + Apresentação de conclusões e recomendações com base nas avaliações realizadas.

O âmbito do estudo é fundamentalmente a avaliação técnica, onde se inclui a avaliação da robustez e dos riscos de diferentes sistemas, a avaliação dos custos económicos e dos impactes ambientais. Apesar do estudo se focar na área de abrangência da Tratolixo, os resultados poderão facilmente ser extrapolados para outras regiões.

A avaliação baseou-se na comparação entre a a solução de recolha em co-coleção através de sacos óticos e a recolha dedicada de biorresíduos em regime de proximidade. Considerou-se que os sistemas dedicados em regime de proximidade seriam a evolução natural dos atuais sistemas de recolha seletiva. Por oposição, os sistemas porta-a-porta não foram avaliados no mesmo referencial por ausência de informação consolidada na área de abrangência da Tratolixo e por se considerar que estes modelos necessitariam de uma reformulação integral dos sistemas de recolha. Contudo, foram analisados vários estudos de avaliação económica destes sistemas de forma a enquadrá-los face às duas outras soluções.

O presente documento apresenta a metodologia e os resultados de cada uma das fases de avaliação, bem como as principais conclusões decorrentes da sua análise.

2. BENCHMARKING

A análise da bibliografia é um procedimento fundamental no processo de avaliação técnica, uma vez que permite a obtenção de informação de cariz técnico e económico, baseada em sistemas já implementados e casos de estudo desenvolvidos noutros países do espaço europeu e de âmbito mundial, que ajudará a suportar as conclusões do estudo. Pretende-se recolher informação de base, nomeadamente dados operacionais, mas também informações sobre o sucesso dos sistemas, e a operacionalização das campanhas de sensibilização relacionadas.

No contexto do presente estudo, o âmbito do *benchmarking* abrangeu essencialmente estudos relativos ao estado da implementação de sistemas de recolha seletiva de biorresíduos na Europa, guias para o desenvolvimento de sistemas de recolha eficientes e exemplos de boas práticas. Numa abordagem mais específica, foram consultados documentos que abordam casos reais da implementação das soluções de recolha de biorresíduos agora em estudo, nomeadamente a co-coleção com triagem ótica de sacos a jusante, e a recolha dedicada em regime de proximidade.

Destacam-se os principais documentos consultados, listados na tabela seguinte, assim como a apresentação de um resumo das informações consideradas relevantes para o desenvolvimento do presente estudo.

Tabela 1 – Principais referências bibliográficas consideradas no desenvolvimento do estudo

Autor ou Promotor principal	Título
European Commission	Guidance for separate collection of municipal waste
WRAP - Waste and Resources Action Programme	Household food waste collections guide
JRC – Joint Research Centre	Improving sustainability & circularity of European food waste management with a LCA approach
Departamento de Saneamento do Município de Oslo	Análise de resíduos 2019 – Uma análise sobre os resíduos domésticos na cidade de Oslo
Avfall Sverige	Relatório 2016:28, O que é que as famílias colocam no saco do lixo? – Compilação dos dados nacionais relativos à caracterização das frações urbanas de biorresíduos e resíduos indiferenciados
Envac Optibag	How to evaluate single-stream collection with separated fractions in a three to six-month trial
Agència de Residus de Catalunya	Sistemas de recolha seletiva de resíduos orgânicos

European Commission, Guidance for separate collection of municipal waste, 2020¹

Recentemente, em abril de 2020, a Comissão Europeia publicou o relatório final do estudo que pretende ser um suporte para o estabelecimento de orientações para a recolha seletiva de resíduos, que possam apoiar os Estados Membros (EM) no processo da implementação da legislação aplicável revista e da definição e avaliação da estratégia para a gestão de resíduos. Este estudo, desenvolvido pelo consórcio de entidades como a EY, PlanMiljø, ACR+, RWA e Öko-Institut, apresenta uma abordagem geral sobre os vários fluxos de resíduos com potencial para a reutilização ou reciclagem, ou que, pela sua perigosidade, devem ser desviados do fluxo indiferenciado para os circuitos apropriados. Estão abrangidos os biorresíduos, resíduos de plástico, resíduos têxteis e pequenos perigosos com origem doméstica. Para cada fluxo de resíduos abordado os autores do estudo apresentam informação relativa aos quantitativos produzidos nos diferentes países europeus, identificam soluções técnicas de tratamento implementadas e inovadoras e definem os principais fatores para o sucesso da recolha seletiva da fração em causa.

Especificamente em relação aos biorresíduos, o estudo indica que em toda a Europa terão sido produzidas entre 118 e 138 milhões de toneladas sendo que, mais de dois terços têm origem doméstica, estando as restantes associadas às indústrias da alimentação e das bebidas. Numa perspetiva média dos países que constituem a União Europeia (UE), estima-se que os biorresíduos constituam cerca de 30% a 40% dos resíduos urbanos

Contudo, no que respeita à implementação de soluções de recolha seletiva e valorização, existem grandes disparidades no nível de desenvolvimento entre os diferentes EM. Países como a Áustria, a Alemanha, a Holanda, a Bélgica (Flandres), a Suécia e a Noruega têm já uma experiência alargada (15 na os) na recolha seletiva de biorresíduos e sistemas de tratamento, sendo que outros têm vindo a evoluir significativamente ao longo dos recentes anos, como por exemplo o Reino Unido, a Itália, a Finlândia, a Irlanda e a Eslovénia.

De acordo com os autores do estudo, a quantidade de biorresíduos produzidos está diretamente relacionada com o poder económico dos países, isto é, o desperdício alimentar representa cerca de 30% dos resíduos urbanos de origem doméstica nos EM com rendimentos mais baixos, sendo que essa representação baixa aos 20% nos países onde o rendimento médio é mais elevado.

Por outro lado, as melhores soluções técnicas de recolha seletiva de biorresíduos devem ter em conta as condições demográficas e geográficas do território de implementação, tais como a densidade populacional e a tipologia das habitações. Por exemplo, em zonas de baixa densidade, por exemplo de maior ruralidade, a recolha de determinada quantidade de resíduos implica percorrer maiores distâncias, aumentando desta forma os custos da operação. Nas zonas rurais existe um maior potencial para a implementação de soluções de compostagem caseira. Por sua vez, em zonas urbanizadas onde a densidade populacional é mais

¹ European Commission (2020): Guidance for separate collection of municipal waste. Bruxelas: Comissão Europeia

elevada, soluções de recolha porta-a-porta são normalmente mais eficientes, em termos operacionais, mas também em termos de custos associados.

O estudo refere, ainda, que o sucesso do sistema de recolha seletiva está relacionado com a inclusão de quatro principais elementos de atuação, nomeadamente:

+ Incentivos económicos:

- o encorajar e promover projetos de compostagem caseira pode ser uma boa solução em zonas rurais, quer do ponto de vista ambiental como do ponto de vista económico;
- o implementação de sistemas Pay-as-you-throw (PAYT) é um driver eficiente para a população aderir à correta separação dos seus resíduos;
- o a aplicação de elevadas taxas de incineração e deposição, ou a própria proibição da eliminação, incentiva os municípios a tomarem ação no sentido de promover soluções que desviem frações valorizáveis de resíduos do circuito indiferenciado.

+ Imposições legais:

- o estabelecimento de um quadro jurídico claro relativo às certificações da qualidade na valorização de biorresíduos;
- o monitorização periódica ao nível do agregado e a comunicação dos problemas de qualidade identificados ajudam a minimizar as impurezas e evitam a perda de qualidade do produto obtido;
- o a imposição da utilização de sacos transparentes permite que as equipas de recolha possam inspecionar visualmente os resíduos que estão a ser recolhidos (particularmente aplicável a soluções de recolha porta-a-porta).

+ Infraestrutura adequada:

- o periodicidades de recolha elevadas é um incentivo para a população participar no sistema por minimização de questões relacionadas com a biodegradação dos resíduos, nomeadamente odores, animais e derrames. De acordo com este estudo, em zonas temperadas a recolha de biorresíduos deverá ser semanal ou bissemanal, e em zonas mais frias semanal ou quinzenal.
- o a recolha porta-a-porta é mais onerosa em termos de custos operacionais, mas apresenta maiores taxas de resíduos recuperados e com maior qualidade;
- o nos sistemas de recolha de proximidade, contentorização enterrada pode reduzir o impacto visual e diminuir os cheiros uma vez que no subsolo as temperaturas são mais baixas, mas também controlar pragas de animais. No entanto, estes sistemas apresentam habitualmente maiores problemas de contaminação dos resíduos por má utilização, pelo que necessidade acompanhamento e monitorização mais intensos.
- o as dimensões dos equipamentos de deposição deverão estar adequados à tipologia das habitações, isto é, nos edifícios multifamiliares ou casas sem jardim deverão ser utilizados contentores portáteis de 40 litros ou sacos de 15 litros, e em habitações unifamiliares com a jardim poderão ser utilizados contentores de 120 ou 240 litros;

- o o controlo da qualidade dos materiais de entrada nas instalações de tratamento, como compostagem ou digestão anaeróbia, evita a ocorrência de condições de risco e mal funcionamento da operação;
- + **Comunicação atrativa:**
 - o a compostagem caseira ou comunitária é uma solução interessante, no entanto o seu sucesso está diretamente ligado com a intervenção formativa e informativa do município que deverá disponibilizar informação sobre as melhores técnicas de compostagem;
 - o desenvolvimento de campanhas associadas à prevenção do desperdício alimentar, através de plataformas digitais, que possam informar sobre melhor quantificação de comida necessária a comprar, técnicas de armazenamento e utilização de restos. Maior prevenção implica menores quantidades de resíduos a recolher e, portanto, menores custos associados à operação;
 - o comunicação focada e direcionada de acordo com as características das diferentes soluções de recolha implementadas e dos locais onde estas são operacionalizadas;
 - o informação sobre os benefícios conseguidos com a recolha e valorização de biorresíduos, como a diminuição de resíduos depositados em aterro ou incinerados, promoção do emprego na comunidade, diminuição de emissões, forma de produção de energia renovável e de fertilizante natural).

WRAP, Household food waste collections guide, 2016²

A *Waste & Resources Action Programme* (WRAP, instituição de investigação, parceira de entidades governativas e empresas fornecendo soluções práticas para a melhoria da eficiência dos recursos) desenvolveu um guia que pretende apoiar a decisão das autoridades locais na implementação de sistemas de recolha seletiva de biorresíduos de origem doméstica. Este documento apresenta uma abordagem muito completa a todas as fases do processo de estabelecimento de um novo sistema de recolha seletiva. Realçam-se os principais pontos-chave desenvolvidos no guia para as fases de implementação analisadas:

- + O **apoio e envolvimento da população** são fundamentais para o sucesso do sistema de recolha. **Conhecer e compreender a perceção da população** sobre a valorização de biorresíduos facilitará o processo de desenho do sistema de recolha que melhor se adequa às suas necessidades;
- + Fornecer aos agregados familiares **contentores internos e externos bem projetados**, assim como sacos adequados para utilização nos contentores internos (contentores de cozinha), suportados em **bons materiais de comunicação informativa** sobre o sistema são fatores indispensáveis para a garantir o bom envolvimento e participação da população, e por consequência, maiores taxas de recuperação de materiais;

² WRAP - Waste and Resources Action Programme (2016): Household food waste collection guide. Oxon: WRAP

- + Existem evidências de que os modelos de recolha de biorresíduos mais bem sucedidos são aqueles em que a **fração orgânica é recolhida separadamente com periodicidade semanal**, e paralelamente **a frequência de recolha da fração indiferenciada é reduzida**;
- + O sistema de recolha de biorresíduos não deverá ser encarado como um sistema individual, mas sim como parte de um **modelo integrado de recolha e reciclagem de resíduos**, o que permitirá **eficiências de escala e custos de serviço mais sustentáveis**;
- + Todas as entidades envolvidas no processo, quer sejam **responsáveis pelo serviço em baixa ou em alta, beneficiam com maiores taxas de recuperação de biorresíduos**, pelo que deverão trabalhar conjuntamente;
- + **Compreender o impacto real que a recolha seletiva de biorresíduos terá nos custos associados à gestão da fração indiferenciada dos resíduos urbanos** é fundamental para apoiar a decisão sobre a implementação de um modelo de desvio da fração orgânica;
- + **Quanto maior for o volume de biorresíduos recolhidos e encaminhados para valorização, mais eficiente será o sistema**;
- + **“Fazer bem à primeira”** – o **sucesso da comunicação e implementação de um novo serviço de recolha seletiva e valorização de biorresíduos tem influência direta na determinação do sucesso do sistema a longo prazo**;
- + Recentes investigações da WRAP mostram que **é possível aumentar a performance de sistemas de recolha seletiva já implementados**, com a introdução de medidas de baixo custo.

JRC, Improving sustainability & circularity of European food waste management with a LCA approach, 2015³

O *Joint Research Centre* (JRC, o serviço científico interno da Comissão Europeia) desenvolveu uma metodologia de permite quantificar o desempenho da sustentabilidade ambiental e económica da gestão de biorresíduos, estruturada com base em procedimentos de avaliação de ciclo de vida. Esta metodologia, dirigida essencialmente a decisores e entidades responsáveis pela gestão de resíduos, pretende ajudar a identificar as opções de gestão de biorresíduos mais sustentáveis entendidas como aquelas que minimizam os impactos ambientais e ecoicos no sistema.

No desenvolvimento da metodologia alguns conceitos foram sendo considerados, os quais merecem o devido destaque no âmbito deste estudo. Importa realçar a ideia de sistema integrado de recolha, que pressupõe que nos sistemas de recolha de resíduos urbanos mais eficientes, a inclusão de um novo serviço de recolha seletiva de biorresíduos não é realizado de acordo com uma abordagem de “esquema adicional”, isto é, adicionando novos circuitos de recolha a este fluxo deixando o restante sistema inalterado. Na prática, estes sistemas eficientes baseiam-se em esquemas onde a frequência de recolha dos resíduos indiferenciados é automaticamente diminuída. A título de exemplo, um sistema de recolha

³ Joint Research Centre (2015): Improving sustainability & circularity of European food waste management with a LCA approach. Bruxelas: Comissão Europeia

porta-a-porta onde a frequência da recolha de resíduos é bissemanal, com a implementação do circuito de recolha dedicada de resíduos alimentares (com periodicidade bissemanal) deverá passar a semanal ou até mesmo quinzenal.

Por toda a Europa estão implementados sistemas de recolha seletiva de biorresíduos, que podem ser essencialmente divididos entre esquemas de recolha de proximidade, isto é, com recursos a contentores instalados na via pública de acesso alargado, e recolha porta-a-porta que pressupõe acesso restrito a uma família ou edifício. Para maximizar a recuperação de resíduos alimentares, o documento apresenta as seguintes sugestões:

- + **Aumentar o conforto e reduzir o incómodo na fonte, isto é, na cozinha:** a primeira etapa do processo de recolha seletiva de resíduos alimentares acontece na cozinha, pelo que o esquema de recolha implementado deverá ter em consideração os principais fatores chave para motivar os cidadãos, que devem ser convencidos da facilidade do sistema. Por exemplo, a questão dos odores associada aos resíduos alimentares tem uma elevada importância para os utilizadores do sistema. Para minimizar o fator “yuck”, deverão ser utilizados contentores de cozinha arejados juntamente com sacos biodegradáveis. Esta combinação permite um bom arejamento dos resíduos, mantendo-os mais secos e, portanto, com menos cheiro. Esta solução foi testada em diversos contextos, sendo que um estudo específico da ARS ambiente, de 2014, conclui que a utilização de contentores ventilados minimizam 10 vezes o impacto dos odores;
- + **Garantir a “facilidade” do sistema fora da cozinha:** muitos estudos mostram que existe uma relação direta entre a eficiência de um sistema de recolha seletiva de resíduos e a distância ao equipamento de deposição, sendo que quanto mais afastado maior a ineficiência do sistema. Por esta razão, os esquemas de recolha em regime de porta-a-porta estão habitualmente relacionados com melhores taxas de recuperação de resíduos;
- + **Incentivos para a separação:** outra abordagem passa pela implementação de mecanismos financeiros de incentivo, como por exemplo, aumentar as taxas de deposição de biorresíduos em aterro ou de incineração (Catalunha, Espanha), ou, em complemento, atribuir um desconto às taxas atuais para os municípios que implementem soluções de recolha seletiva da fração orgânica e que consigam um desvio mínimo determinado (Região de Sardenha, Itália);
- + **O que recolher e quando:** a participação da população é influenciada por outros dois fatores importantes, nomeadamente com as regras da separação (isto é, que materiais podem ou não podem ser depositados) e com a frequência da recolha. Existem diversos esquemas implementados na Europa, como por exemplo, (1) sistemas em que apenas devem ser depositados resíduos de alimentos não cozinhados, ou (2) outros em que são permitidos alimentos cozinhados exceto carne e peixe, e ainda (3) aqueles em que todos os resíduos alimentares são admitidos. As taxas de recolha diferem entre 30-50 kg/hab.ano no primeiro sistema, 40-50 kg/hab.ano no segundo e 70-120 kg/hab.ano no terceiro. Relativamente à frequência de recolha, as melhores práticas referem que a

recolha seletiva de biorresíduos deverá ser constituída numa base de recolhas bi ou trissemanais em países mediterrâneos, sendo que nos países da europa central a frequência da recolha deverá ser semanal ou até mesmo quinzenal. A otimização dos modelos de recolha podem constituir importantes poupanças sem comprometer a participação dos cidadãos, por exemplo, através da redução da frequência de recolha da fração indiferenciada e a utilização de viaturas bi-compartimentadas.

Departamento de Saneamento do Município de Oslo, Análise de resíduos 2019 – Uma análise sobre os resíduos domésticos na cidade de Oslo, 2019

(Traduzido do original: Avfallsanalyse 2019 - En analyse av husholdningsavfallet fra Oslo kommunes innbyggere)⁴

O Departamento de Saneamento do Município de Oslo publicou um relatório sobre o estado da gestão de resíduos na cidade de Oslo, com base nas ações de caracterizações anuais, levadas a cabo pela Agência de Renovação (REN). Este estudo pretende fazer uma análise da composição dos resíduos urbanos recolhidos através do sistema implementado em 2012 que consiste na utilização de sacos de cores diferentes que correspondem a diferentes fluxos de resíduos, sendo depois depositados no mesmo contentor. São recolhidos desta forma resíduos alimentares em sacos verdes, resíduos de embalagem de plástico em sacos azuis e a fração indiferenciada em sacos de cor aleatória não pré-estabelecida. Estas são as frações alvo de caracterização e análise, com o intuito de conhecer o desempenho do sistema permitindo ações direcionadas no sentido de reduzir as quantidades de resíduos indiferenciados. O modelo prevê, ainda, a existência de um segundo contentor para resíduos de papel e cartão, que não faz parte do âmbito do estudo. Outros resíduos valorizáveis como embalagens de vidro e de metal, têxteis, resíduos perigosos e resíduos elétricos e eletrónicos (REEE) são geridos a partir de sistemas de retorno que funcionam fora dos centros de reciclagem.

A triagem dos sacos é realizada nas instalações de tratamento por separação ótica, sendo que cada fluxo segue um caminho do tratamento diferente de acordo com as suas características, sendo que os resíduos alimentares e os resíduos de embalagem de plástico são encaminhados para respetiva operação de valorização e os resíduos indiferenciados são incinerados com valorização energética.

As campanhas de caracterização regulares tiveram início em 2013, e desde então a análise recai sobre 10 zonas definidas na cidade e que constituem uma amostra representativa do município. Desde 2016 o número de sacos azuis e verdes, assim como o seu peso total, passaram a ser registados para garantir maior consistência nos resultados sobre a proporção destes no contentor.

Em termos de resultados, a caracterização dos sacos verdes permitiu perceber que a separação na fonte está a ser efetiva para o fluxo correspondente, uma vez que cerca de 94% do peso total dos sacos são

⁴ Renovaasjonsetaten Oslo (2019): Avfallsanalyse 2019 - En analyse av husholdningsavfallet fra Oslo kommunes innbyggere. Oslo: Renovaasjonsetaten Oslo

resíduos alimentares, 1% são verdes de jardim e plantas de interior, e os restantes 5% são outros materiais indiferenciados. Alguns dos materiais contaminantes identificados são fraldas e areia de gato. No que respeita aos resíduos indiferenciados, o estudo conclui que os resíduos alimentares continuam a ser a maior fração da sua composição, representando cerca de 36% do total. Contabilizando os materiais recicláveis conjuntamente, como papel e cartão, ECAL, resíduos de embalagem de plástico e resíduos alimentares, a representatividade é significativa, com cerca de 54%.

Tendo em consideração as características do modelo de recolha, é importante garantir duas coisas: (1) que são utilizados os sacos corretos de acordo com a fração depositada; e (2) que os sacos estão bem fechados quando colocados no contentor para recolha. A existência de resíduos soltos na linha de triagem dificulta o processo de separação ótica e, por outro lado, será encaminhado para valorização energética independentemente da tipologia de resíduo. Em termos estatísticos, as análises levadas a cabo pela REN indicam uma percentagem de 83% de resíduos devidamente ensacados, 10% em sacos do lixo de grandes dimensões (indesejáveis) e 7% chega à triagem a granel.

Analisando à escala do contentor, os resíduos alimentares representam 48,5% em peso do total de resíduos dentro do contentor, seguidos da fração indiferenciada com 20,4%. Apesar destes valores, a quantidade de biorresíduos devidamente depositada dentro dos sacos verdes é de 21,8% em peso face ao total de resíduos no contentor, quer dizer que 26,4% estão misturados na fração indiferenciada. Em termos de proporção de sacos, a distribuição dentro do contentor é a seguinte: 72,3% sacos indiferenciados, 23,4% sacos verdes e 4,3% sacos azuis.

Os resultados do estudo indicam, ainda, a possível existência de correlação entre o peso do saco (para os sacos verdes o peso médio estimado é de 1,09 kg) e a qualidade dos resíduos no seu interior. Quer dizer que, sacos mais leves terão maior proporção de contaminantes, o que pode ser explicado pelo facto de, normalmente, os materiais contaminantes serem mais leves do que os resíduos alimentares.

Avfall Sverige, Relatório 2016:28, O que é que as famílias colocam no saco do lixo? – Compilação dos dados nacionais relativos à caracterização das frações urbanas de biorresíduos e resíduos indiferenciados, 2016

(Traduzido do original: Vad slänger hushållen i soppåsen? - Nationell sammanställning av plockanalyser av hushållens mat- och restavfall)⁵

A Avfall Sverige – Associação Sueca de Gestão de Resíduos, elaborou um relatório que compila e analisa dos resultados das caracterizações realizadas aos biorresíduos e resíduos indiferenciados, com origem doméstica, recolhidos nos municípios suecos, durante o período de 2013 a 2016. Este estudo permitiu comparar os resultados obtidos entre os modelos de recolha implementados, tanto em termos operacionais como em termos estratégicos. Quer dizer que, foram analisados os biorresíduos recolhidos

⁵ Avfall Sverige (2016): Vad slänger hushållen i soppåsen? - Nationell sammanställning av plockanalyser av hushållens mat- och restavfall. Malmö: Avfall Sverige.

em circuitos dedicados, os resíduos indiferenciados das zonas onde existe recolha seletiva de resíduos orgânicos e os resíduos indiferenciados de municípios onde não existe recolha seletiva da fração orgânica.

Em termos operacionais, existem vários modelos de recolha:

1. Recolha porta-a-porta em contentores separados (biorresíduos e resíduos indiferenciados);
2. Recolha porta-a-porta em contentores compartimentados (dois contentores compartimentados para várias tipologias de resíduos que implicam a utilização de viaturas igualmente compartimentadas);
3. Recolha porta-a-porta através de sacos coloridos, triados a jusante por sistema ótico (os resíduos alimentares são colocados num saco verde e colocados no mesmo contentor dos resíduos indiferenciados);
4. Recolha de proximidade em contentores subterrâneos (contentores diferenciados para os diferentes fluxos – biorresíduos e resíduos urbanos);
5. Recolha através de sistema de sucção (os resíduos são depositados separadamente e depois sugados através de tubos enterrados até ao terminal dos contentores).

O estudo conclui que a tipologia da recolha tem um impacto importante nos resultados em termos de quantidades, composição e taxa de separação dos resíduos orgânicos e resíduos indiferenciados. Os principais resultados foram:

- + Em zonas onde não existe recolha seletiva de biorresíduos a quantidade produzida destes resíduos assim como da fração orgânica é semelhante às quantidades verificadas nos locais abrangidos por serviços de recolha seletiva de biorresíduos;
- + Em habitações de tipologia unifamiliar, a taxa de separação de biorresíduos é superior à verificada em habitações plurifamiliares;
- + A quantidade total de biorresíduos e de resíduos indiferenciados é menor quando recolhidos através do sistema porta-a-porta em contentores separados (1), comparativamente com os modelos 3 e 4;
- + A quantidade de biorresíduos é semelhante quando recolhidos através dos modelos 1, 3 e 4, sendo que se verificam quantidades inferiores no sistema de recolha por sistema de sucção (5);
- + No caso das moradias a pureza da fração orgânica recolhida separadamente é superior nos sistemas 1 e 2 (96%-97%), e inferior no sistema 3 (92%). A pureza dos resíduos recolhidos nas habitações em altura é superior no sistema de recolha 1 (97%) e inferior nos sistemas 4 (90%) e 3 (87%);
- + Comparativamente com os dados obtidos em 2011 (relativos ao período 2007-2011) a composição de ambas as frações é semelhante, sendo que a qualidade dos biorresíduos recolhidos nos sistemas 2 e 3 aumentou.

Envac Optibag, How to evaluate single-stream collection with separated fractions in a three to six-month trial⁶

A Envac Optibag, empresa fornecedora de sistemas de separação ótica de resíduos tem uma elevada experiência na implementação de modelos de triagem de resíduos recolhidos em regime de co-coleção diferenciados através de sacos de cores diferentes. Tem infraestruturas implementadas em grandes cidades europeias que utilizam este modelo de recolha, nomeadamente Oslo na Noruega, Nantes em França, Linköping e Ekilstuna na Suécia.

De acordo com a empresa, o sistema Optibag aumenta as taxas de reciclagem em 50% imediatamente após a implementação, e tem potencial para atingir a longo prazo taxas de 80% a 90%.

As grandes vantagens deste sistema são:

- O modelo de recolha existente é mantido, ou sofre ligeiras alterações, quer se baseie em recolhas porta-a-porta ou de proximidade, em contentorização de superfície ou enterrada, ou ainda através de sistemas de recolha por vácuo;
- A facilidade de utilização do sistema garante aceitação por parte da população e promove a reciclagem;
- Tem impacto significativo no número de circuitos necessários, uma vez que permite a recolha seletiva de dois ou mais fluxos num mesmo percurso;
- Não existe um limite para o número de frações recolhidas conjuntamente, sendo tipicamente utilizado para separar apenas uma fração (habitualmente biorresíduos);
- O sistema ótico tem uma precisão extremamente elevada, garantindo uma taxa de deteção de até 98% de fluxos de resíduos até oito toneladas por hora por linha.

Agència de Residus de Catalunya, Sistemas de recolha seletiva de resíduos orgânicos⁷

A Agència de Residus de Catalunya disponibiliza informação no seu *site* sobre os sistemas implementados na região, de recolha seletiva de resíduos orgânicos, que classifica em função de:

1. Modelo de recolha:

- 1.1. Recolha dedicada em equipamentos de proximidade
 - 1.1.1. Contentores de superfície
 - 1.1.2. Contentorização enterrada
 - 1.1.3. Sistema de recolha pneumática
- 1.2. Recolha dedicadas em regime de porta-a-porta

⁶ Envac Optibag: How to evaluate single-stream collection with separated fractions in a three to six-month trial. Mjölby: Envac Optibag

⁷ Agència de Residus de Catalunya (2020): Recollida selectiva: Models de recollida - http://residus.gencat.cat/ca/ambits_dactuacio/recollida_selectiva/models_de_recollida/

2. Agrupamento de frações recolhidas separadamente:

- 2.1. 5 frações – orgânicos, vidro, papel/cartão, embalagens de plástico e metal, indiferenciado;
- 2.2. Multiproduto (4 frações) – orgânico, vidro, papel/cartão + embalagens plástico e metal, indiferenciado;
- 2.3. Mínimo Resíduos (4 Frações) – orgânico, vidro, papel/cartão, embalagens plástico e metal + indiferenciado

Comparativamente, os modelos de recolha existentes na região apresentam as seguintes características:

Tabela 2 – Características operacionais dos modelos de recolha seletiva de biorresíduos, implementados na região da Catalunha

(Fonte: trazudido de Agência de Residus de Catalunya, 2020)

Recolha seletiva dedicada	Recolha porta-a-porta
O espaço público é ocupado pelos equipamentos de deposição	Menor ocupação do espaço público
O horário de deposição de resíduos nos contentores é flexível uma vez que estes estão sempre disponíveis	Horários de deposição, ou colocação de contentores à recolha, estão pré-definidos
A utilização dos contentores é partilhada por muitos utilizadores	Cada utilizador/família tem o seu contentor pelo que é mais fácil identificar os utilizadores que não separam corretamente os seus resíduos
Manutenção e limpeza dos equipamentos de deposição são da responsabilidade da entidade que faz a gestão dos resíduos urbanos	Manutenção e limpeza dos contentores são responsabilidade dos seus utilizadores
Municípios onde a recolha seletiva de biorresíduos é realizada através deste modelo obtém resultados de recuperação de materiais variáveis	Municípios onde a recolha seletiva de biorresíduos é realizada em regime porta-a-porta, de um modo geral, apresentam boas taxas de recuperação de materiais e desvio da matéria orgânica da fração indiferenciada
A quantidade de biorresíduos recolhida é variável, atingindo em média cerca de 150 g/hab.dia	A quantidade de biorresíduos recolhida é elevada, atingindo em média cerca de 300 g/hab.dia
A qualidade dos resíduos orgânicos recuperados é variável	A qualidade dos resíduos orgânicos recuperados é elevada, verificando-se habitualmente taxas de contaminação inferiores a 5%

Uma grande variedade de materiais faz parte da lista dos permitidos, nomeadamente restos de comida e da sua preparação, resíduos de papel (guardanapos, por exemplo), restos de resíduos verdes das plantas de interior (pequenos ramos e folhas ou flores secas), materiais compostáveis (sacos biodegradáveis, por exemplo) e outros materiais como rolhas, serrim e excrementos de animais domésticos sem areia absorvente.

Em termos de quantidades recolhidas, de acordo com os dados publicados, em 2018 foram recolhidas seletivamente 414 618 toneladas de biorresíduos, mais 7,5% do que no ano anterior. Este fluxo, recuperado em separado, representa cerca de 25% do total de resíduos gerados e recolhidos na Região da Catalunha muito acima das restantes frações valorizáveis. No que respeita à qualidade dos resíduos recolhidos, foram identificados, em 2018, cerca de 13,2% de contaminantes no circuito de recolha da fração orgânica.

As campanhas de caracterização dos resíduos indiferenciados mostram que existem ainda um potencial de resíduos orgânicos que podem ser recuperados, numa taxa de cerca de 10%. Por outro lado, estes resultados mostram a eficiência do sistema de recolha seletiva desta fração.

2.1. SISTEMAS DE CO-COLEÇÃO ATRAVÉS DE SACOS ÓTICOS IMPLEMENTADOS NA EUROPA

A presente secção pretende dar a conhecer alguns dos sistemas de recolha em co-coleção através de sacos óticos instalados em algumas cidades europeias, sem prejuízo dos exemplos enumerados anteriormente. Importa reunir informação operacional sobre estes sistemas com maior maturidade que possa servir de base para o desenvolvimento de uma avaliação mais fundamentada.

Identificaram-se 22 locais onde este sistema está implementado, não obstante a existência de outros casos não identificados no processo de pesquisa, representados no mapa da figura seguinte.

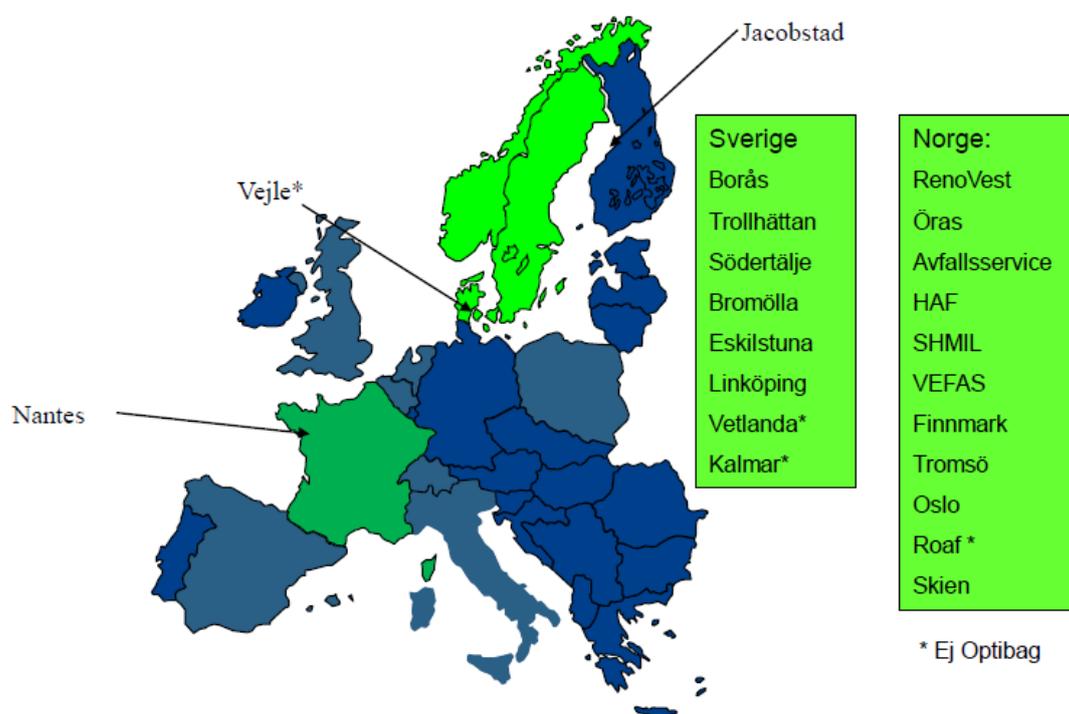


Figura 1 – Representação geográfica de locais onde o sistema de recolha em co-coleção através de sacos óticos está implementado
(Fonte: Optibag, 2015)

Destacam-se as experiências de três cidades do norte da Europa, onde a co-coleção através de sacos óticos tem maior representação, que pelas suas características operacionais constituem interesse para o âmbito do presente estudo.

Oslo – Noruega

Já anteriormente referido, o sistema de recolha em regime de co-coleção através de sacos óticos está implementado em Oslo desde 2009 e serve cerca de 600 000 habitantes. São geridos anualmente 180 000 toneladas de resíduos através desta solução, separadas em três frações:

- . Biorresíduos – saco verde
- . Resíduos de embalagem (plástico) – saco azul
- . Resíduos indiferenciados – outro saco

Após triagem dos sacos nas instalações de tratamento, os biorresíduos são encaminhados para valorização e produção de biogás, que é aproveitado como combustível na frota de recolha e de transportes públicos por exemplo, o plástico é encaminhado para reciclagem e os resíduos indiferenciados são valorizados energeticamente.

O sistema tem vindo a evoluir em termos de eficiência, de 35% de biorresíduos recolhidos e valorizados em 2010 até cerca de 45% em 2019, de acordo com os dados do Relatório Anual de Resíduos 2019 já anteriormente apresentado⁴. No mesmo documento, o resultado das caracterizações físicas ao conteúdo dos sacos demonstra um nível de pureza elevado dos materiais recolhidos seletivamente, nomeadamente de 94% para os biorresíduos.

Eskilstuna – Suécia

O sistema de co-coleção através de sacos óticos foi implementado na cidade de Eskilstuna em 2011, abrangendo 45 000 habitantes. No sistema são geridos anualmente cerca de 15 000 toneladas de resíduos distribuídos em seis frações acondicionadas em sacos de cores diferentes:

- . Biorresíduos – saco verde
- . Resíduos de embalagem:
 - o Metal – saco cinzento
 - o Plástico – saco cor-de-laranja
 - o Papel – saco amarelo
- . Jornais – saco azul
- . Resíduos industriais – outro saco

Mais recentemente foi introduzido o sétimo fluxo, nomeadamente resíduos têxteis que são acondicionados em sacos de cor-de-rosa.

Em termos de resultados, e especificamente no caso dos biorresíduos, em 2017 a cidade de Eskilstuna recolheu através deste sistema cerca de 98 kg/hab com níveis de pureza de 96%.⁸

Linköping – Suécia

Em 2012 foi implementado o sistema de recolha em regime de co-coleção através de sacos óticos na cidade de Linköping, serviço que abrange atualmente cerca de 147 000 habitantes e 68 000 toneladas por ano de biorresíduos, depositados em saco verde, e resíduos indiferenciados depositados em sacos não especificados.

Os dados disponíveis indicam que o sistema apresenta uma taxa média de pureza dos biorresíduos recolhidos seletivamente de 98%, e a taxa de separação na origem tem evoluído positivamente ao longo dos anos, de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 3 – Evolução da taxa de separação na origem de biorresíduos recolhidos através de sacos óticos (Fonte: Optibag, 2015⁹)

	Taxa de separação de biorresíduos na origem			
	2011	2012	2013	2014
Habitacões unifamiliares	0%	61%	72%	73%
Habitacões multifamiliares	0%	57%	65%	65%

Tromsø - Noruega

A cidade de Tromsø implementou em 2006 o atual sistema de recolha, que abrange 76 000 habitantes, e assenta na co-coleção através de sacos óticos das seguintes frações:

- . Biorresíduos – saco verde
- . Papel e cartão leve – saco vermelho
- . Resíduos de embalagem:
 - o ECAL – saco cor-de-laranja
 - o Plástico – saco azul
- . Resíduos indiferenciados – outro saco

Em 2018 foram geridos cerca de 30 000 toneladas de resíduos através deste sistema que, de acordo com os resultados das campanhas de caracterização física dos resíduos recolhidos¹⁰, levadas a cabo no mesmo ano, revela taxas de recolha seletiva da ordem dos 50% de resíduos indiferenciados, 24% de biorresíduos

⁸ Optibag (2017): Dakofa Konference august 2017. <https://dakofa.dk/element/emballageaffald/>, consultado em junho 2020

⁹ Optibag (2015): Dakofa Konference august 2015. <https://dakofa.dk/element/konference-indsamling-og-ruteoptimering-intelligent-affald/>, consultado em junho 2020

¹⁰ Envir AB (2018): Plukkanalyse av avfall fra Karlsøy og Tromsø

depositados em sacos verdes, 11% de papel em sacos vermelhos, 2% de ECAL em sacos cor-de-laranja. 4% de resíduos de embalagem (plástico) em sacos azuis e 9% de resíduos soltos, depositados sem saco.

De acordo com o mesmo relatório, a composição dos sacos verdes, destinados aos biorresíduos, é a seguinte:

Tabela 4 – Composição física dos biorresíduos depositados nos sacos verdes
(Fonte:Envir AB, 2018¹⁰)

Material	%
Biorresíduos	92,9%
Papel	0%
Resíduos de embalagem de cartão	0,2%
ECAL	0,3%
Resíduos de embalagem de plástico	0,5%
Resíduos de embalagem de vidro	0%
Resíduos de embalagem de metal	0,1%
REEE	0%
Resíduos perigosos	0%
Outros resíduos	5,7%
Total	100%

Os principais contaminantes identificados são embalagens de plástico associado à embalagem de alimentos, assim como papel de alumínio, embalagens de metal, areia de gato e resíduos de tabaco (beatas). É importante realçar que não foram identificados resíduos perigosos indevidamente depositados neste fluxo.

3. AVALIAÇÃO TÉCNICA

3.1. OBJETIVOS

Os biorresíduos que representam cerca de 55% da composição dos resíduos indiferenciados produzidos na área de intervenção da Tratólixo, são compostos por resíduos alimentares (cerca de 50%) e resíduos de jardim (cerca de 5%), constituindo-se assim como uma oportunidade significativa para aumentar as taxas de reciclagem e reduzir o impacto ambiental provocado pela produção de resíduos. Atualmente já existem soluções para a recolha da fração proveniente da limpeza dos jardins amplamente implementadas por todo o país, situação que não se verifica para os resíduos alimentares cujas escassas soluções existentes assentam essencialmente na recolha junto dos produtores comerciais como restaurantes e cantinas, por exemplo.

A separação na fonte e a recolha diferenciada dos diferentes fluxos de resíduos é um fator importante para a recuperação de materiais com melhor qualidade e com maior potencial de valorização. Porque existe um potencial significativo, e pela necessidade de dar cumprimento às novas diretrizes e obrigações da Diretiva(UE) 2018/851 (Directiva-Quadro Resíduos), é essencial que a recolha seletiva de resíduos alimentares seja alargada aos produtores domésticos.

A Avaliação Técnica consiste na caracterização e análise operacional dos sistemas de recolha seletiva de biorresíduos em estudo, como sejam a recolha baseada em co-coleção e a recolha de proximidade em regime dedicado. Esta análise tem em conta as várias fases do processo de recolha, as necessidades de equipamentos e meios de recolha, as campanhas de formação e informação à população e as infraestruturas necessárias para a preparação antes do tratamento e valorização dos biorresíduos. Uma vez que o sistema de recolha em co-coleção é o principal foco deste estudo, é feito o levantamento e caracterização dos eventuais riscos associados, e apresentando-se possíveis medidas de mitigação e redução dos mesmos.

Pretende-se, assim, fazer uma avaliação de cada um dos sistemas de recolha em função de critérios de avaliação definidos e que permitirão obter uma imagem global e comparativa das duas soluções.

As conclusões deste estudo terão por base os resultados obtidos nesta fase, complementados com as conclusões das restantes fases de desenvolvimento deste projeto, e permitirão identificar os principais critérios para a implementação de um sistema de recolha seletiva em co-coleção, do ponto de vista operacional, financeiro e ambiental.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE RECOLHA

A caracterização dos sistemas de recolha agora em análise pressupõe uma análise das condições técnicas do seu funcionamento, de planeamento e operacionalização. Inclui-se nesta secção uma breve descrição de cada modelo de recolha que serve de base para a análise comparativa das suas características técnicas e operacionais apresentada na Tabela 5

Uma vez que o foco deste estudo é o modelo recolha seletiva em regime de co-coleção considera-se, ainda, uma abordagem sobre as vantagens e dos potenciais riscos associados a esta solução técnica para os quais se sugerem medidas de mitigação.

Modelo de Recolha em Co-coleção

O modelo de co-coleção de resíduos consiste na recolha conjunta de duas ou mais frações de materiais que são separadas a jusante no sistema de tratamento, habitualmente por meios mecânicos.

Embora existam diferentes esquemas de co-coleção a solução técnica que a TratoLixo pretende implementar na sua área de intervenção baseia-se na recolha conjunta de biorresíduos com o fluxo indiferenciado. Em termos práticos, os biorresíduos são separados na fonte em sacos de cor verde, distribuídos periodicamente e de forma gratuita à população pelo município da área de residência, e posteriormente colocados no contentor destinado aos resíduos indiferenciados instalado na via pública. Os resíduos indiferenciados devem ser acondicionados nos habituais sacos de lixo, normalmente utilizados pelas famílias.

A recolha dos resíduos é realizada pelos circuitos existentes, isto é, com recurso aos meios atuais dedicados à recolha de indiferenciados, e entregues nas instalações da TratoLixo onde os sacos verdes serão separados dos restantes através de um mecanismo de triagem automática por leitura ótica. Os resíduos orgânicos seguem para tratamento biológico nas Central de Digestão Anaeróbia da Abrunheira, e os restantes resíduos são encaminhados para o circuito normal de tratamento mecânico.

Esta solução técnica de recolha implica uma alteração no processo de tratamento atualmente instalado que passará pela adaptação da unidade de Tratamento Mecânico e Biológico, atualmente instalada, através da incorporação de um sistema de separação ótica a jusante da instalação atual.

Numa fase inicial da implementação do sistema prevê-se a realização de campanhas de formação e sensibilização iniciais que visam instruir a população sobre o novo sistema de recolha de biorresíduos e sensibilizar para os seus benefícios. Neste primeiro contacto serão distribuídos sacos verdes e um contentor de cozinha, de pequenas dimensões, para facilitar a separação dos resíduos nas habitações.

No modelo desenhado são aceites como biorresíduos os restos de alimentos crus e cozinhados, ou fora da validade, excluindo-se materiais como por exemplo vidro, plásticos, metais, têxteis e excrementos de animais.

Modelo de Recolha Seletiva Dedicada

O sistema de recolha seletiva dedicada consiste na criação de um circuito específico para um determinado fluxo de resíduos.

No âmbito do estudo, e para efeitos de comparação, considera-se que a opção por este modelo contempla a instalação de contentorização dedicada para recolha de biorresíduos junto aos contentores indiferenciados, com a mesma tipologia e em quantidade tal que garanta a existência dos dois equipamentos em simultâneo em todos os pontos de recolha definidos.

Com a introdução de um novo fluxo, há lugar à otimização dos serviços de recolha pelo que se considera a potencial necessidade de proceder à realocação de alguns pontos de deposição e também a reconversão de equipamentos de recolha indiferenciada para a recolha de orgânicos, por exemplo, em situações em que existem atualmente mais do que uma unidade destes contentores. A recolha propriamente dita implica o recurso a meios mecânicos e humanos dedicados, o que pressupõe o dimensionamento do serviço de raiz, nomeadamente o planeamento de circuitos de recolha, a constituição de equipas e o investimento em equipamentos de deposição e viaturas de recolha.

Neste modelo os biorresíduos são recolhidos através de um circuito próprio e encaminhados para tratamento biológico na Central de Digestão Anaeróbia da Abrunheira, pelo que não existe a necessidade de proceder a alterações do sistema de tratamento atualmente em funcionamento.

Em resumo, na tabela seguinte apresentam-se as principais condições técnicas dos dois modelos de recolha descritos, permitindo uma melhor comparação entre eles considerando aspetos operacionais como os meios e equipamentos necessários, alterações às infraestruturas de tratamento, campanhas de formação e sensibilização e dados de referência associados ao desempenho dos sistemas (com base nas referências bibliográficas).

Tabela 5 – Comparação das características operacionais dos modelos de recolha seletiva de biorresíduos em estudo (Fonte: 3drivers, 2020)

Recolha em Co-coleção	Recolha seletiva dedicada
Os biorresíduos são recolhidos em conjunto com os resíduos indiferenciados, embora em sacos diferentes, nos circuitos de recolha já implementados	São constituídos novos circuitos de recolha dedicados ao fluxo dos biorresíduos
As equipas e viaturas de recolha são as mesmas afetadas aos circuitos de resíduos indiferenciados	São constituídas novas equipas de recolha, assim como viaturas, para afetar aos circuitos dedicados
Os equipamentos de deposição utilizados são os mesmos destinados ao fluxo indiferenciado	Instalação de contentorização dedicada junto aos contentores indiferenciados em quantidade tal que garanta a existência dos dois equipamentos em simultâneo em todos os pontos de recolha definidos.
Distribuição periódica de sacos verdes para deposição de biorresíduos	Os biorresíduos são depositados em sacos habitualmente utilizados pela população
Alterações no processo de tratamento atualmente instalado através da incorporação de um sistema de separação ótica a jusante da instalação atual.	O processo de tratamento atualmente em funcionamento não sofre alterações consideráveis
A implementação do serviço prevê campanhas intensivas de formação e sensibilização da população, e a entrega de contentores de cozinha	A implementação do serviço prevê campanhas intensivas de formação e sensibilização da população, e a entrega de contentores de cozinha
A recuperação de biorresíduos face ao potencial gerado poderá situar-se, numa fase inicial, entre 35% e 50% (com base nas referências bibliográficas ¹¹)	A recuperação de biorresíduos face ao potencial gerado poderá situar-se, numa fase inicial, a partir dos 20% (com base nas referências bibliográficas ¹²)
A qualidade dos resíduos orgânicos recuperados é elevada com taxas de contaminação inferiores a 10% (com base nas referências bibliográficas ¹¹)	A qualidade dos resíduos orgânicos recuperados é variável, podendo verificar-se taxas de contaminação que se podem situar acima dos 15% (com base nas referências bibliográficas)

O sistema de recolha em co-coleção é o foco principal deste estudo pelo que apenas serão analisados os pontos fortes e fracos deste modelo, de acordo com as características operacionais descritas anteriormente.

Destacam-se, assim, os principais **pontos fortes** da implementação da recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção:

¹¹ Para além das referências bibliográficas apresentadas no Capítulo 2. Benchmarking, foi tido em conta os resultados do projeto piloto levado a cabo pela Câmara Municipal de Cascas / Cascais Ambiente, EIM, consultados no documento disponibilizado pela TratoLixo com a Memória descritiva das alterações previstas às unidades de TM e TB para acolher os biorresíduos recolhidos seletivamente

¹² Pela análise da informação relativa à realidade da recolha seletiva em Roma, Itália, consultada na respetiva Capital factsheet anexo do relatório de 2015 da Comissão Europeia com o nome: "Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU – Reference: 070201/ENV/2014/691401/SFRA/A2".

- É um sistema com elevada flexibilidade, uma vez que a introdução de um novo fluxo de resíduos implica, em termos operacionais, adicionar um novo saco de cor diferente ao sistema e adaptar a linha de triagem que é modular;
- O modelo é compatível com os diferentes esquemas de recolha existentes sem necessidade de alterações, quer se baseiem em recolhas porta-a-porta ou de proximidade, em contentorização de superfície ou enterrada, ou ainda através de sistemas de recolha por vácuo;
- Tem impacto financeiro positivo no sistema global de gestão de resíduos, uma vez que permite a recolha seletiva de dois ou mais fluxos no mesmo percurso evitando gastos adicionais com equipas e meios de recolha dedicados;
- É um sistema de fácil utilização o que facilita desde logo a aceitação por parte da população e promove a reciclagem;
- Os fluxos recolhidos através deste sistema apresentam taxas de pureza elevadas, de acordo com a experiência de países onde este modelo de recolha já está implementado e consolidado (Noruega: >95%; Suécia: 87% a 95%; acrescem os dados do projeto piloto da Câmara Municipal de Cascais que indicam uma taxa de pureza >90%).

No que respeita aos **pontos fracos** do sistema, importa destacar:

- O bom funcionamento do sistema depende da utilização exclusiva dos sacos predefinidos e distribuídos pelos municípios à população;
- Os sacos utilizados para o acondicionamento dos biorresíduos devem cumprir determinados parâmetros em termos de material de fabrico (polietileno), de cor (de acordo com o pigmento calibrado para o sistema ótico de separação) e de espessura (cerca de 0,035 mm para garantir que não rebentam);
- Resíduos soltos nos contentores podem dificultar a separação a jusante e, em última análise, comprometer a taxa de deteção do sistema;
- Resíduos de grandes dimensões não são compatíveis com o sistema pelo que é necessário garantir que são retirados no início da linha;
- Apesar da facilidade de utilização do sistema a população pode mostrar-se reservada em aderir tendo em conta a natureza putrescível dos biorresíduos e o fator “*yuck*” que lhes está associado (especialmente por causa dos odores que podem surgir da decomposição);
- Em termos operacionais os sacos podem constituir um problema, especificamente na fase de tratamento biológico.

A presença dos sacos no fluxo de recolha de biorresíduos constitui-se como um dos principais desafios de qualquer sistema de recolha seletiva desta fração, especialmente na fase de tratamento. Estudos mostram que, para a população, o acondicionamento dos biorresíduos em saco é um fator importante e contribui para uma maior participação no sistema². Por outro lado, facilita o processo de recolha uma vez que evita a adesão dos resíduos às paredes dos contentores e as cubas das viaturas mantêm-se mais limpas,

reduzindo a possibilidade de ocorrência de derrames. Por estas razões, o mercado tem vindo a evoluir e a oferecer soluções alternativas degradáveis, como por exemplo sacos produzidos a partir de amido de milho ou de batata, e sacos de papel. Também estas hipóteses foram testadas no sistema de separação ótica com sucesso pelo que atualmente é possível utilizar as seguintes soluções:

- + Sacos de PE, feitos de plástico produzido biologicamente
- + Sacos feitos de plástico PE reciclado
- + Sacos feitos de polímeros ou papel biodegradáveis

Perante os desafios apresentados compreende-se desde logo que a abordagem inicial à população vai ser fundamental para minimizar as situações essencialmente relacionadas com a utilização do sistema, nomeadamente o cuidado com a utilização dos sacos específicos que recebem do município, assim como garantir que todos os resíduos depositados no contentor estão devidamente acondicionados nos respetivos sacos e estes bem fechados, e que cumprem as normas de deposição.

O sucesso das campanhas de sensibilização e formação irá refletir-se na eficiência do sistema pelo que deve ser dada especial atenção às ações realizadas no momento da implementação do modelo. Considera-se, ainda, como aspeto fundamental para o bom funcionamento de qualquer sistema, que sejam realizadas campanhas de informação à população regulares garantindo desta forma que as pessoas conhecem o sistema e podem usá-lo corretamente. Complementarmente, estas interações têm impacto na motivação da população, que se sente acompanhada e parte ativa do sistema.

Relativamente à eventual aversão da população para com os resíduos orgânicos, uma ferramenta eficaz para melhorar a convivência na cozinha tem sido a utilização de contentores de cozinha ventilados. Desta forma existe maior absorção de ar e os resíduos ficam mais secos, diminuindo a formação de cheiros indesejados. Esta solução tem sido amplamente utilizada nos locais onde existe recolha seletiva de biorresíduos, como por exemplo em Itália, Espanha (Catalunha) e Reino Unido.

Especificamente no que respeita ao impacto dos sacos no sistema de tratamento, a solução mais imediata é organizar a instalação de forma a que os sacos dos biorresíduos sejam submetidos a pré-tratamento mecânico, após a triagem no separador ótico, que permitirá a abertura mecânica e retirada dos sacos e de outros potenciais contaminantes. Sobre este assunto a Tratolixo tem já pensada e planeada uma solução, que faz parte do design desenvolvido para a adaptação das instalações de Trajouce.

3.3. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação técnica das duas soluções de recolha abordadas no âmbito do estudo foi desenvolvida com base em critérios de avaliação que permitem estabelecer uma comparação qualitativa dos dois sistemas. Foram definidos cinco critérios de avaliação, nomeadamente:

- + **Robustez:** refere-se ao conhecimento técnico existente sobre as tecnologias e a aplicação dos modelos, com base na experiência demonstrada decorrente da sua implementação noutros países;
- + **Facilidade de implementação:** relativa aos desafios adjacentes à implementação dos modelos técnicos e a capacidade de integração com os sistemas existentes;
- + **Adaptabilidade:** referente à capacidade das soluções técnicas para se adaptarem a possíveis alterações ao modelo implementado, como por exemplo, a introdução de novos fluxos de resíduos;
- + **Eficácia:** refere-se aos fatores que influenciam a maior recuperação de materiais e a sua qualidade (ausência de materiais contaminantes);
- + **Resposta da população:** relativa aos fatores que influenciam a maior ou menor adesão da população ao sistema.

3.4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da avaliação técnica dos modelos de recolha seletiva de biorresíduos em análise, de acordo com os parâmetros de análise definidos, estão sumarizadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados da avaliação técnica das soluções de recolha seletiva de biorresíduos em análise (Fonte: 3drivers, 2020)

Modelo de recolha	Robustez	Facilidade de implementação	Adaptabilidade	Eficácia	Resposta da população
Co-coleção	<ul style="list-style-type: none"> Sistema robusto, pois, assenta no sistema implementado de recolha de indiferenciados, mas depende também da capacidade de distribuição dos sacos; Experiência técnica limitada a algumas cidades no mundo. Na Europa está implementado em alguns municípios da Noruega. Suécia e França, com bons resultados em todos os fluxos recolhidos através deste sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> Fácil implementação uma vez que: <ul style="list-style-type: none"> + o sistema é compatível com os diferentes esquemas de recolha existentes sem necessidade de alterações significativas; + não exige a afetação de meios e equipamentos adicionais uma vez que utiliza os circuitos de recolha existentes. Recolha de dois ou mais fluxos de resíduos em simultâneo tem impacto positivo nos custos do sistema; Implica adaptações na unidade de tratamento para a instalação de mecanismo de triagem dos sacos óticos 	<ul style="list-style-type: none"> Elevada adaptabilidade a eventuais alterações técnicas no modelo A introdução de um novo fluxo é simples e de investimento controlado uma vez que apenas é necessário introduzir um novo saco de cor diferente e adaptar a linha de triagem que é modular. 	<ul style="list-style-type: none"> Numa fase inicial a recuperação de biorresíduos poderá situar-se entre 35% a 50% , face ao potencial gerado Qualidade dos orgânicos recuperados é elevada, com taxa de contaminação inferiores a 10% O sistema de separação ótica apresenta elevada taxa de deteção (98%); Depende da disponibilidade da população na correta utilização do sistema, nomeadamente: <ul style="list-style-type: none"> + colocar os resíduos corretos no saco; + utilização exclusiva dos sacos distribuídos pelo município; + evitar o vazamento de resíduos e presença de resíduos soltos nos contentores. 	<ul style="list-style-type: none"> É um sistema de fácil utilização o que facilita desde logo a aceitação por parte da população; O sucesso das campanhas de sensibilização e formação irá refletir-se na eficiência do sistema Existe alguma resistência por parte da população em assumir a separação de novos fluxos por limitações de espaço para colocar novos contentores; Existe alguma repulsa/aversão associada aos resíduos orgânicos que pode constituir uma limitação à adesão de alguns utilizadores; Fornecimento gratuito de sacos e contentores de cozinha adequados aumenta a motivação;
Recolha dedicada	<ul style="list-style-type: none"> Sistema comprovado, especialmente para os fluxos dos recicláveis secos, como sendo os resíduos de embalagem de plástico e metal, papel e cartão e vidro Especificamente para recolha de biorresíduos, existe pouca experiência sobre a utilização deste sistema, tendo implantação em algumas zonas da Áustria, Itália e Espanha (Catalunha), normalmente enquanto solução secundária face à principal opção que passa por modelos porta-a-porta. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementação do sistema é complexa e onerosa, na medida em que: <ul style="list-style-type: none"> + Implica a criação, dimensionamento e planeamento de um circuito dedicado de recolha de um fluxo de resíduos, com a devida afetação de meios e equipamentos exclusivos; + Existe uma limitação na disponibilidade de espaço na via pública para a instalação de mais equipamentos de deposição, para além dos quatro que existem normalmente. Não são necessárias alterações consideráveis na unidade de tratamento na sua estrutura atual 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa adaptabilidade a eventuais necessidades de alteração do modelo, uma vez que existe uma estrutura significativa associada apenas a um fluxo de resíduos; A introdução de um novo fluxo é complexa, implicando o dimensionamento de novos circuitos dedicados e afetação de equipamentos e meios. 	<ul style="list-style-type: none"> Da experiência noutros países onde este sistema está implementado, numa fase inicial a taxa de adesão pode situar-se a partir dos 20%: A qualidade dos resíduos orgânicos recuperados é variável, podendo verificar-se taxas de contaminação acima dos 15%; Depende da disponibilidade da população na correta utilização do sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe familiaridade com o sistema; Está altamente relacionada com a distância dos contentores instalados na via pública; Existe alguma resistência por parte da população em assumir a separação de novos fluxos por limitações de espaço para colocar novos contentores; Existe alguma repulsa/aversão associada aos resíduos orgânicos que pode constituir uma limitação à adesão de alguns utilizadores; O sucesso das campanhas de sensibilização e formação irá refletir-se na eficiência do sistema Fornecimento gratuito de contentores de cozinha adequados aumenta a motivação.

4. AVALIAÇÃO ECONÓMICA

4.1. OBJETIVOS

A avaliação económica consiste no desenvolvimento de um modelo de análise de custos que permita prever as implicações económicas da implementação do sistema de recolha em co-coleção, tendo em consideração as alterações necessárias no sistema global de gestão de resíduos, nomeadamente no que respeita às operações de recolha e de lavagem de equipamentos de deposição, mas também relativamente ao *layout* do tratamento mecânico e biológico atualmente instalado.

Pretende-se com esta análise apurar e compreender a evolução dos custos associados à recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção face a outras soluções técnicas de recolha seletiva disponíveis no mercado, especificamente a recolha dedicada por proximidade. Desta forma, será possível enquadrar os possíveis sobrecustos na atual estrutura de custos dos municípios, de forma comparativa para ambas as soluções analisadas. Não obstante a análise comparativa de outras soluções técnicas de recolha numa fase posterior deste estudo, a presente análise pretende estabelecer uma comparação entre soluções mais imediatas face à realidade atual dos sistemas de recolha implementados nos municípios em estudo.

4.2. METODOLOGIA E PRESSUPOSTOS

No presente capítulo apresenta-se uma descrição detalhada do modelo de custeio desenvolvido assim como dos pressupostos que lhe serviram de base, por forma a facilitar a compreensão do racional por detrás dos resultados do estudo apresentados mais à frente.

A estrutura do modelo de avaliação económica assenta em quatro pilares principais de dimensionamento operacional relativo à gestão de resíduos urbanos, nomeadamente:

- I. Produção de resíduos urbanos
- II. Parâmetros operacionais de recolha
- III. Parâmetros operacionais de lavagem de equipamentos de deposição
- IV. Parâmetros operacionais de tratamento

Cada um destes grupos foi decomposto em indicadores primários que caracterizam em conjunto a atividade da gestão de resíduos, quer em termos de operação, mas também com a inclusão dos fluxos financeiros que lhe estão associados.

No final, pretende-se obter valores unitários dos custos da recolha seletiva de biorresíduos que permitam uma comparação do acréscimo financeiro associado à implementação de cada uma das soluções técnicas em estudo, como sejam a co-coleção e a recolha seletiva dedicada. Para ambas as soluções de recolha foram estabelecidos cenários de evolução da eficiência da recolha de biorresíduos, diretamente

relacionada com a adesão da população, e que simulam a variação dos custos com o aumento da participação dos utilizadores do sistema, de forma crescente em termos de recolha como sendo 25%, 50% e 75% face ao potencial de biorresíduos existente nos resíduos indiferenciados. Estes cenários e os resultados obtidos estão descritos detalhadamente nas secções seguintes.

Nos próximos pontos são apresentados de forma descritiva e individual, os pressupostos que suportam o modelo de custeio global. Os valores que agora se apresentam tiveram por base referências bibliográficas relativas às diferentes operações de gestão de resíduos, mas principalmente dados reais dos municípios AMTRES que disponibilizaram informação operacional e financeira sobre os seus serviços atuais de recolha de resíduos indiferenciados.

O modelo desenvolvido para a avaliação económica das soluções de recolha seletiva de biorresíduos em estudo, foi, ainda, aplicado particularmente à realidade de cada município que constitui a Tratolixo, EIM, estando os resultados apresentados no Anexo I ao presente relatório.

Importa referir que o modelo não prevê o apuramento dos custos evitados e proveitos gerados com a implementação da recolha seletiva de biorresíduos (por exemplo, desvio de resíduos de operações de eliminação e diminuição da TGR associada, venda de composto, entre outros) nem outros custos administrativos associados à implementação do sistema de recolha seletiva de biorresíduos, como por exemplo, campanhas de sensibilização.

Produção de resíduos urbanos

O âmbito do presente estudo assenta na recolha seletiva de biorresíduos, atualmente recolhidos na mistura da fração indiferenciada dos resíduos urbanos. Neste sentido, para o desenvolvimento do modelo de custeio foram tidos em conta especificamente os dados de produção dos resíduos provenientes da recolha indiferenciada na área de intervenção da Tratolixo, constituída pelos seus quatro municípios: Cascais, Mafra, Oeiras e Sintra.

Analisaram-se as informações relativas à produção de resíduos indiferenciados no último triénio, assim como os resultados das caracterizações físicas destes resíduos, de forma individual para cada município. A operação de caracterização é fundamental para a compreensão da constituição do fluxo uma vez que proporciona uma visão geral das tipologias e quantidades de materiais presentes na mistura. Especificamente sobre os resíduos orgânicos observou-se que a sua presença nos resíduos indiferenciados dos municípios varia entre os 45% e os 51%, contabilizando apenas a fração classificados como resíduos alimentares, existindo em média 5% de resíduos verdes e 2% de outros resíduos putrescíveis. Para efeitos da análise económica foram considerados apenas os resíduos alimentares como o potencial de biorresíduos a recuperar. A tabela seguinte resume a informação que serviu de base à análise:

Tabela 7- Produção de resíduos urbanos indiferenciados na área de intervenção da TratoLixo, e potencial de biorresíduos presentes
(Fonte: TratoLixo, 2020)

Município	Resíduos urbanos indiferenciados (t)	Caracterização dos resíduos urbanos indiferenciados 2019		
		Resíduos alimentares	Resíduos de jardim	Outros resíduos putrescíveis
AMTRES	358 226	48%	5%	2%
Cascais	103 085	51%	5%	1%
Mafra	37 954	45%	6%	3%
Oeiras	69 828	51%	3%	1%
Sintra	147 359	47%	6%	3%

A partir destes dados foi possível definir o cenário de análise tendo-se considerado para efeitos de modelação um valor médio de resíduos indiferenciados produzidos, na ordem das **100 000 toneladas anuais** e, portanto, o potencial de biorresíduos a desviar para um circuito de recolha específico é de **48 315 toneladas/ano, aproximadamente 48% do total de resíduos indiferenciados.**

Na tabela seguinte apresentam-se os valores de capitação, tendo conta o potencial estimado.

Tabela 8 – Capitação da produção de resíduos indiferenciados e de biorresíduos

Parâmetro	Valor	Observações
População abrangida (habitantes)	215.000	Valor médio tendo em consideração a população residente nos Municípios da área de intervenção da TratoLixo (Fonte: PORDATA, 2020)
Dimensão média dos agregados familiares (pessoas/família)	2,6	Valor médio tendo em consideração a constituição dos agregados familiares nos Municípios da área de intervenção da TratoLixo (Fonte: PORDATA, 2020)
Famílias abrangidas (famílias)	82.692	Apurado, tendo em consideração a população abrangida e a dimensão média dos agregados familiares
Capitação por habitante (kg/hab.ano)	465	Apurado para o total de resíduos urbanos indiferenciados
	225	Apurado para os biorresíduos
Capitação por família (kg/família.ano)	1.209	Apurado para o total de resíduos urbanos indiferenciados
	584	Apurado para os biorresíduos

Parâmetros operacionais de recolha

A recolha de resíduos é uma atividade crucial no conjunto das operações de gestão dos resíduos urbanos, seja em termos técnicos, uma vez que as suas características determinarão a tipologia das soluções de tratamento a jusante, ou em termos financeiros, já que envolve um investimento considerável em equipamentos e meios, humanos e mecânicos. Dada a sua importância, a recolha de resíduos requer a utilização de ferramentas que garantam um planeamento sólido das atividades diárias e uma permanente otimização do serviço.

O dimensionamento da recolha de resíduos urbanos implica a conjugação de uma série de fatores que determinam a forma como a operação se vai desenvolver, sendo que o ponto de partida está nas

características físicas dos resíduos alvo de recolha assim como nas quantidades a recolher. É a partir destas informações, conjugadas com a escolha da tipologia da solução de recolha que se pretende implementar, que são definidos os restantes parâmetros operacionais e que podem ser organizados em quatro grandes grupos:

- + Planeamento
- + Meios mecânicos
- + Meios humanos
- + Meios e equipamentos de deposição

Importa referir que esta divisão dos parâmetros em grupos tem a única função de ajudar a estruturar a informação e facilitar a sua leitura, pelo que deverá ser tido em conta que todos eles estão intimamente interligados e que, por essa razão, deverão ser analisados como um conjunto.

Apresentam-se nas tabelas seguintes os valores definidos para cada parâmetro, operacional e financeiro, considerados para o dimensionamento do serviço de recolha.

Tabela 9 – Parâmetros operacionais transversais relativos ao planeamento da operação de recolha de resíduos urbanos

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Planeamento</i>		
Periodicidade de recolha (vezes/semana)	¹³	Definido tendo em conta as características biodegradáveis dos resíduos e as quantidades a recolher
Distância média do circuito (km percorridos/circuito)	80	As dimensões dos circuitos foram definidas de acordo com as características urbanas e densamente povoadas dos Municípios, considerando, no entanto, a existência de áreas rurais em Mafra e em Sintra.
Quantidade de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	12	Varia com as dimensões da viatura de recolha utilizada, mas também com as características demográficas do território e com a capitação de resíduos. Foi definido de acordo com as características dos Municípios.
Circuitos diários de recolha	¹³	Valor estimado tendo em consideração as quantidades a recolher, os quantitativos recolhidos por circuito e a frequência de recolha
<i>Meios mecânicos</i>		
Viaturas de recolha afetas ao serviço	¹³	Estimado com base no n.º de circuitos diários acrescido de fator de 25% que constitui viaturas de substituição, para garantir o serviço em caso de avarias.
Consumo de combustível (L/km percorrido)	0,669	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Preço do combustível (€/L)	1,21	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custos mensais com seguros (€/mês.viatura)	100	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custos mensais com manutenção (€/mês.viatura)	2.000	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Valor de aquisição de viatura de recolha (€/viatura)	170.000	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Tempo de amortização (anos)	5	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
<i>Meios humanos</i>		
Encarregados afetos ao serviço	¹³	Estimado tendo como base uma relação de 12% entre o n.º de encarregados necessários para o número total de equipas de recolha afetas ao serviço. Este fator está de acordo com os dados operacionais disponibilizados pelos municípios
Motoristas afetos ao serviço	¹³	Estimado com base no n.º diário de circuitos e considerando que o n.º de dias de trabalho por semana é 5. Uma equipa é sempre constituída por 1 Motorista e 2 Cantoneiros. Acresce um fator de 5% que constitui os meios para garantir períodos de férias e absentismo.
Cantoneiros afetos ao serviço	¹³	Estimado com base no n.º diário de circuitos e considerando que o n.º de dias de trabalho por semana é 5. Uma equipa é sempre constituída por 1 Motorista e 2 Cantoneiros. Acresce um fator de 5% que constitui os meios para garantir períodos de férias e absentismo.
Custos mensais, por categoria profissional Encarregado (€/mês.colaborador)	2.439,79	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios. Estes valores incluem o ordenado base, subsídios de férias e de natal, subsídios de turno, encargos com segurança social, seguros de trabalho, entre outras rúbricas
Custos mensais, por categoria profissional Motorista de pesados (€/mês.colaborador)	2.005,79	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios. Estes valores incluem o ordenado base, subsídios de férias e de natal, subsídios de turno, encargos com segurança social, seguros de trabalho, entre outras rúbricas
Custos mensais, por categoria profissional Cantoneiro (€/mês.colaborador)	1.716,46	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios. Estes valores incluem o ordenado base, subsídios de férias e de natal, subsídios de turno, encargos com segurança social, seguros de trabalho, entre outras rúbricas

¹³ O valor apurado varia de acordo com as condições estabelecidas em cada cenário, pelo que serão apresentados e explicados na subsecção C. *Cenários de análise*.

Relativamente aos meios e equipamentos de deposição foram assumidos pressupostos diferentes de acordo com a tipologia do sistema de recolha (Tabela 10).

Tabela 10 – Parâmetros operacionais e financeiros relativos aos meios e equipamentos de deposição

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Recolha de resíduos indiferenciados e co-coleção</i>		
Densidade dos resíduos indiferenciados (kg/m ³)	123	Fonte: Projeto de Investigação PTDC/AUR/64086/2006 - UA, Março 2011
Volume necessário para deposição de resíduos indiferenciados (m ³)	6 000	Estimado com base nos quantitativos a recolher, na densidade dos resíduos indiferenciados e a capacidade média utilizada dos contentores.
Parque de contentores para resíduos indiferenciados	100	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: apurado tendo em consideração que os contentores enterrados representam 5% da capacidade volúmica necessária
	5 182	Contentores de superfície de 1 100L de capacidade: apurado tendo em consideração que os contentores enterrados representam 95% da capacidade volúmica necessária
Custos anuais com contentores (€/cont.ano)	340,00	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	32,00	Contentores de superfície de 1 100L de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
<i>Co-coleção</i>		
Contentores castanhos de cozinha	82.692	Considerando a distribuição de um contentor por cada família abrangida
Necessidade mensal de sacos verdes para biorresíduos (sacos/mês.família)	24	Considerando que os sacos são utilizados até aos 2 kg de resíduos antes de serem levados aos contentores
Custo unitário dos contentores castanhos de cozinha (€/cont.)	3,75	Considera o custo de aquisição do contentor, com base nas informações fornecidas pelos Municípios.
Custo unitários dos sacos (€/saco)	0,03	Inclui o custo de aquisição (0,02€/saco) e os custos associados à distribuição dos sacos ao longo do ano (0,5€/rolo de sacos, sendo que cada rolo tem 50 sacos) (Fonte para os custos de aquisição: Tratalixo, 2020)
<i>Recolha seletiva dedicada</i>		
Parque de contentores para biorresíduos	13	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade – consideram-se que serão colocados contentores para biorresíduos junto aos contentores de indiferenciados instalados na via pública.
	13	Contentores de superfície de 800L de capacidade – consideram-se que serão colocados contentores para biorresíduos junto aos contentores de indiferenciados instalados na via pública.
Custos anuais com contentores (€/cont.ano)	623,33	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: Inclui valor de aquisição (1.700€/cont), amortização a 6 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	85,33	Contentores de superfície de 800L de capacidade: Inclui valor de aquisição (160€/cont), amortização a 3 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição)

Parâmetros operacionais de lavagem de equipamentos de deposição

A operação de lavagem de equipamentos de deposição é essencial para a garantia da qualidade serviço de gestão de resíduos urbanos, mas principalmente é um fator crucial para o seu sucesso. A limpeza dos contentores e das áreas envolventes tem influência na motivação da população para participar no sistema de gestão implementado na sua área de residência, nomeadamente no que respeita às regras de separação dos vários fluxos de resíduos.

Por outro lado, as necessidades de lavagem dos equipamentos está diretamente ligada com a tipologia dos resíduos depositados pelo que, os fluxos que contêm resíduos putrescíveis requerem intervenções mais regulares. Desta forma, o dimensionamento do serviço de lavagem de contentores depende de vários parâmetros, contudo o ponto de partida assenta no número de contentores a lavar e a periodicidade com que são lavados.

Na tabela seguinte apresentam-se os valores dos parâmetros operacionais e financeiros associados ao dimensionamento da operação de lavagem de equipamentos de deposição instalados na via pública.

Tabela 11 – Parâmetros operacionais e financeiros transversais relativos à operação de lavagem de equipamentos de deposição

Parâmetro	Valor	Observações
Periodicidade de lavagem dos contentores (vezes/cont.ano)	13	Definido tendo em consideração a tipologia dos resíduos depositados
Contentores lavados por circuito (cont./circuito de lavagem)	130	Fonte: Catálogo de fornecedor
Quantidade de água utilizada (L _{água} /circuito de lavagem)	1.000	Fonte: Catálogo de fornecedor
Quantidade de detergente utilizado (L _{detergente} /circuito de lavagem)	3	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Distância média do circuito de lavagem (km/circuito de lavagem)	52	Estimado tendo em conta a relação da dimensão dos circuitos de recolha com o número de contentores recolhidos
Constituição da equipa de lavagem	1	Motorista de pesados
	1	Cantoneiro
Custo unitário da água (€/m ³ _{água})	0,8	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custo unitário do detergente (€/L _{detergente})	6	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custos mensais, por categoria profissional Motorista de pesados (€/mês.colaborador)	2.005,79	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios. Estes valores incluem o ordenado base, subsídios de férias e de natal, subsídios de turno, encargos com segurança social, seguros de trabalho, entre outras rubricas
Custos mensais, por categoria profissional Cantoneiro (€/mês.colaborador)	1.716,46	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios. Estes valores incluem o ordenado base, subsídios de férias e de natal, subsídios de turno, encargos com segurança social, seguros de trabalho, entre outras rubricas
Consumo de combustível (L/km percorrido)	0,669	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Preço do combustível (€/L)	1,21	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custos mensais com seguros (€/mês.viatura)	100	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custos mensais com manutenção (€/mês.viatura)	2.000	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Valor de aquisição de viatura de recolha (€/viatura)	170.000	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Tempo de amortização (anos)	5	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custo unitário da lavagem de contentores (€/cont)	2,70	Estimado tendo em consideração os parâmetros anteriores.

Parâmetros operacionais de tratamento

Os impactos financeiros da recolha seletiva de biorresíduos no seu tratamento dos resíduos estão associados à necessidade de proceder a alterações no *layout* do Tratamento Mecânico de Trajouce, especificamente previstas para a solução de recolha em regime de co-coleção. Quer isto dizer que não estão considerados os custos associados à operação da instalação atual, mas apenas os custos acrescidos decorrentes do investimento relacionado com a adaptação do TM que prevê uma unidade de separação

ótica dos sacos coloridos contendo os resíduos alimentares e que estarão presentes no fluxo indiferenciado.

Para garantir uma maior abrangência da análise económica relativa às operações relacionadas com o tratamento dos resíduos, consideraram-se duas soluções de triagem de sacos, nomeadamente a opção mecânica prevista e que passa pela instalação de separador ótico, e uma solução assente na separação de forma manual por meios humanos. A tabela seguinte resume os pressupostos assumidos individualmente para cada uma destas opções.

Tabela 12 – Parâmetros operacionais e financeiros relativos à implementação de uma solução operacional de separação de sacos

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Separação mecânica</i>		
Equipamentos de separação ótica (€)	5.000.000	Inclui o fornecimento dos equipamentos e os custos associados à instalação (Fonte: TratoLixo, 2020)
Capacidade de processamento (t/ano)	300.000	Fonte: TratoLixo, 2020
Tempo de amortização (anos)	15	Fonte: TratoLixo, 2020
Outros custos de operação (€)	1 250 000	Consideram-se 25% do custo de aquisição os equipamentos
Custo unitário da separação óptica (€/t)	1,39	Estimado tendo em consideração os parâmetros anteriores
<i>Separação manual</i>		
Equipamentos de separação manual (€)	2.000.000	Inclui o fornecimento dos equipamentos e os custos associados à instalação (Fonte: TratoLixo, 2020)
Capacidade de processamento (t/ano)	300.000	Fonte: TratoLixo, 2020
Tempo de amortização (anos)	12	Fonte: TratoLixo, 2020
Outros custos de operação (€)	500 000	Consideram-se 25% do custo de aquisição os equipamentos
Técnicos de triagem	10	Fonte: TratoLixo, 2020
Custos mensais, por categoria profissional Técnico de triagem (€/mês.colaborador)	1.716,46	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios. Estes valores incluem o ordenado base, subsídios de férias e de natal, subsídios de turno, encargos com segurança social, seguros de trabalho, entre outras rúbricas
Custo unitário da separação manual (€/t)	1,38	Estimado tendo em consideração os parâmetros anteriores

Uma vez que os custos unitários das soluções de triagem mecânica e manual são praticamente iguais optou-se por considerar apenas a operação de separação ótica para efeitos de análise, sendo esta a solução adotada em sistemas de dimensão semelhante.

4.3. CENÁRIOS DE ANÁLISE

A avaliação económica visa essencialmente apurar os custos acrescidos da implementação da recolha seletiva de biorresíduos, face ao encargo financeiro associado ao sistema de gestão de resíduos urbanos

atualmente instalado. Por outro lado, pretende-se compreender, em termos comparativos, qual o impacto das diferentes soluções de recolha disponíveis e passíveis de implementação, particularmente no caso da Tratolixo, a recolha seletiva em regime de co-coleção e a recolha seletiva dedicada.

Sob estas premissas, o modelo foi desenvolvido de forma a permitir apurar paralelamente os custos associados a cada uma das opções de recolha e, ao mesmo tempo, testar cenários de evolução da eficiência do sistema a implementar consoante este se vai consolidando, nomeadamente através do crescimento da participação da população. Esta abordagem permite prever o comportamento do sistema, em termos financeiros, ao longo do tempo.

Os cenários estabelecidos e analisados, para cada solução técnica de recolha, podem ser representados da seguinte forma:

Tabela 13 – Cenários de análise económica

Solução técnica de recolha	Eficiência de recolha seletiva de biorresíduos (% face ao potencial)		
	Cenário I 25%	Cenário II 50%	Cenário III 75%
Cenário A Co-coleção	A.I	A.II	A.III
Cenário B Rec. Seletiva Dedicada	B.I	B.II	B.III

O eixo central do modelo económico é transversal às duas soluções de recolha em análise, contudo as principais rúbricas de custos associadas a cada solução de recolha diferem de acordo com as suas características técnicas específicas. Nas subsecções seguintes são explicadas com maior detalhe os pressupostos assumidos para cada situação e de que forma estão condicionados por essas características que as distinguem.

Importa explicar que, sendo o objetivo principal a obtenção de um intervalo de valores que ajudem a compreender os possíveis sobrecustos na atual estrutura de custos dos Municípios associados à implementação de cada uma destas soluções, modelou-se um Cenário 0 (zero) que pretende espelhar os custos atuais com a recolha indiferenciada uma vez que é desta fração que serão desviados os biorresíduos.

Acresce que os cenários foram estabelecidos e analisados com base numa implementação global do sistema, isto é, considera-se que a implementação de qualquer uma das soluções será estabelecida logo à partida de forma a abranger a totalidade do território.

Cenário Zero

O Cenário Zero representa a recolha de resíduos indiferenciados, na sua forma tradicional, e pretende estabelecer uma base de comparação para os restantes cenários. Os pressupostos assumidos estão em linha com os parâmetros entretanto apresentados, e estão suportados em dados bibliográficos, mas

também nas informações disponibilizadas pelos Municípios da Tratolixo relativas aos seus serviços de recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de equipamentos de deposição.

Tabela 14 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica do Cenário Zero

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Planeamento</i>		
Quantidade de resíduos a recolher (t/ano)	100.000	Valor médio assumido para um Município da área de intervenção da Tratolixo com características semelhantes
Periodicidade de recolha (vezes/semana)	7	Tendo em conta as quantidades de resíduos a recolher, assim como as características biodegradáveis dos resíduos a recolher, é importante garantir uma frequência elevada para evitar maus cheiros e problemas de salubridade pública.
Circuitos diários de recolha	22	Valor estimado tendo em consideração as quantidades a recolher e os pressupostos transversais assumidos para os quantitativos recolhidos por circuito e a frequência de recolha (vd. Tabela 9Tabela 9)
<i>Meios mecânicos</i>		
Viaturas de recolha afetas ao serviço	27	Estimado com base no n.º de circuitos diários acrescido de fator de 25% que constitui viaturas de substituição, para garantir o serviço em caso de avarias.
<i>Meios humanos</i>		
Encarregados afetos ao serviço	4	Estimado tendo como base uma relação de 12% entre o n.º de encarregados necessários para o número total de equipas de recolha afetas ao serviço. Este fator está de acordo com os dados operacionais disponibilizados pelos municípios
Motoristas afetos ao serviço	31	Estimado com base no n.º diário de circuitos e considerando que o n.º de dias de trabalho por semana é 5. Uma equipa é sempre constituída por 1 Motorista e 2 Cantoneiros. Acresce um fator de 5% que constitui os meios para garantir períodos de férias e absentismo.
Cantoneiros afetos ao serviço	61	Estimado com base no n.º diário de circuitos e considerando que o n.º de dias de trabalho por semana é 5. Uma equipa é sempre constituída por 1 Motorista e 2 Cantoneiros. Acresce um fator de 5% que constitui os meios para garantir períodos de férias e absentismo.
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Parque de contentores para resíduos indiferenciados	100	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: de acordo com os pressupostos da Tabela 10
	5 182	Contentores de superfície de 800L de capacidade: de acordo com os pressupostos da Tabela 10
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Periodicidade de lavagem dos contentores (dias/cont.ano)	12	Definido tendo em consideração a tipologia dos resíduos depositados e as informações disponibilizadas pelos Municípios.
Viaturas de lavagem afetas ao serviço	2	Definido tendo em consideração o número de contentores a lavar e a frequência de lavagens estipulada, e de acordo com os pressupostos operacionais transversais assumidos (vd. Tabela 11)
Constituição de cada equipa de lavagem	1	Motorista de pesados
	1	Cantoneiro

Cenários A

Os Cenários A dizem respeito à solução de recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção que se diferencia do Cenário Zero pela utilização de sacos de uma cor específica para a deposição de resíduos orgânicos, no contentor destinado aos resíduos indiferenciados. A recolha propriamente dita é realizada pela mesma viatura e a sua separação ocorre a jusante na instalação de tratamento, nomeadamente na unidade de Tratamento Mecânico de Trajouce. Neste sentido, os pressupostos operacionais diretamente relacionados com a operação de recolha de biorresíduos estão em linha com aqueles assumidos para a recolha de indiferenciados.

A distribuição dos sacos de cor verde a todos os agregados familiares da área de intervenção será assegurada pelos Municípios periodicamente, e de acordo com as necessidades previstas sem prejuízos dos ajustes necessários consoante as condições de utilização. Na primeira interação estão previstas campanhas de informação e sensibilização da população, sendo ainda entregue um contentor de aproximadamente 7 litros de capacidade para utilização na cozinha.

No que respeita à operação de lavagem de contentores os pressupostos assumidos também se mantêm em consonância com os previstos na recolha indiferenciada, uma vez que não se verificam alterações significativas operacionais nem na tipologia dos resíduos depositados nos equipamentos instalados na via pública.

Esta solução técnica de recolha implica uma alteração no processo de tratamento atualmente instalado que passará pela adaptação do TM de Trajouce para separar os sacos verdes, que contém os biorresíduos, dos restantes materiais que são depositados nos contentores indiferenciados. A solução técnica prevista passa pela incorporação de um sistema de separação ótica a jusante da instalação atual. Contudo, de acordo com o que foi anteriormente referido, esta análise previu uma segunda solução de triagem manual para efeitos de comparação.

Em termos de cenários de evolução da eficiência da recolha de biorresíduos, nos três patamares definidos de recuperação face ao potencial existente, entendeu-se que não deveriam estar previstas alterações no que às operações propriamente ditas diz respeito. Importa compreender que nestes cenários, as principais rubricas de custos estão relacionados com os investimentos associados a:

- . aquisição dos contentores pequenos para cozinha e dos sacos, e sua distribuição pela população;
- . alterações na instalação de tratamento.

pelo que os investimentos necessários serão realizados praticamente na totalidade num só momento temporal e não dependem da maior ou menor adesão da população, exceto no que respeita ao número de sacos a distribuir. Neste sentido, assumiu-se uma evolução crescente dos sacos disponibilizados de acordo com o aumento da eficiência da recolha de biorresíduos (Cenários A.I, A.II e A.III). Na tabela seguinte são

apresentados os pressupostos operacionais considerados para os cenários estabelecidos para a solução de recolha seletiva em regime de co-coleção, nomeadamente Cenários A.I, A.II e A.III.

Tabela 15 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica dos Cenários A.I, A.II e A.III

Parâmetro	Cenário A.I	Cenário A.II	Cenário A.III	Observações
<i>Planeamento</i>				
Quantidade de resíduos a recolher (t/ano)	100.000	100.000	100.000	-
Eficiência de recolha seletiva de biorresíduos (% face ao potencial)	25%	50%	75%	-
Quantidade de biorresíduos a recolher (t/ano)	12 079	24 158	36 236	Estimado de acordo com a evolução da eficiência da recolha de biorresíduos definida para cada cenário (Tabela 13)
Periodicidade de recolha (vezes/semana)	7	7	7	-
Circuitos diários de recolha	22	22	22	-
<i>Meios mecânicos</i>				
Viaturas de recolha afetas ao serviço	27	27	27	-
<i>Meios humanos</i>				
Encarregados afetos ao serviço	4	4	4	-
Motoristas afetos ao serviço	31	31	31	-
Cantoneiros afetos ao serviço	61	61	61	-
<i>Equipamentos de deposição</i>				
Parque de contentores para resíduos indiferenciados	100	100	100	-
	5 182	5 182	5 182	-
Contentores castanhos de cozinha	82.692	82.692	82.692	-
Quantidade anual de sacos verdes para biorresíduos (sacos/ano)	24 157 500	24 157 500	24 157 500	Estimado de acordo com a necessidade mensal de sacos definida nos pressupostos da Tabela 10
Distribuição efetiva de sacos verdes para biorresíduos	45%	75%	100%	Definido tendo em consideração a eficiência da recolha de biorresíduos em cada cenário (Tabela 13)
<i>Lavagem de equipamentos</i>				
Periodicidade de lavagem dos contentores (vezess/cont.ano)	12	12	12	-
Viaturas de lavagem afetas ao serviço	2	2	2	-
Constituição de cada equipa de lavagem	1	1	1	-
	1	1	1	-

Os parâmetros operacionais e financeiros relativos às alterações no processo de tratamento e que estão considerados nestes cenários analisados são os descritos na Tabela 12.

Cenários B

Os Cenários B dizem respeito à solução de recolha seletiva dedicada de biorresíduos que se caracteriza pela instalação na via pública de contentores específicos para estes resíduos. Nesta solução técnica prevê-se a instalação de contentores de tipologia semelhante aos contentores indiferenciados em quantidade tal que garanta a existência dos dois equipamentos em simultâneo em todos os pontos de recolha definidos. No processo de otimização prevê-se que possa existir a necessidade de realocação de alguns pontos de deposição e também a reconversão de equipamentos de recolha indiferenciada para a recolha de orgânicos, por exemplo, em situações em que existem atualmente mais do que uma unidade destes contentores. A recolha propriamente dita será realizada com recurso a meios mecânicos e humanos dedicados, o que implica o dimensionamento do serviço de raiz, nomeadamente o planeamento de circuitos de recolha, a constituição de equipas e o investimento em equipamentos de deposição e viaturas de recolha.

Em termos de modelo económico assumiram-se condições de operação ajustadas à realidade de cada cenário com o intuito de introduzir racionalidade ao modelo assegurando que as situações são desenhadas numa base de qualidade de serviço e da maior sustentabilidade económica. Para tal foram definidas condições mínimas de eficiência de operação que pretendem estabelecer os limites de base a partir dos quais o sistema de recolha de biorresíduos deve ser dimensionado. Nesse sentido considerou-se que:

- cada circuito recolhe no mínimo seis toneladas de resíduos;
- a periodicidade mínima de recolha de biorresíduos é de quatro dias por semana, tendo em consideração as suas características putrescíveis;
- a frequência de lavagem dos equipamentos afetos à recolha de biorresíduos não poderá ser inferior a 12 vezes por ano.

Importa, ainda, ter em consideração a necessidade de otimização da recolha indiferenciada que resulta do desvio de biorresíduos desse fluxo para o circuito dedicado. Quer dizer que a evolução da percentagem de resíduos orgânicos desviados dos resíduos indiferenciados terá impacto direto na periodicidade de recolha necessária para estes últimos, que diminuirá com o aumento da eficiência da recuperação de biorresíduos. Na mesma medida, as características operacionais da solução de recolha seletiva dedicada têm implicações no serviço de lavagem de contentores, não apenas porque existirá um maior número de equipamentos para lavar, mas porque a tipologia dos resíduos depositados requererá periodicidades de limpeza adaptadas. Neste quadro, entende-se que à medida que a eficiência de recolha de biorresíduos aumenta as necessidades de lavagem dos contentores de indiferenciados poderá diminuir.

Estas considerações estão refletidas nos cenários analisados através das condições que agora se apresentam.

Não foram considerados custos adicionais com o tratamento dos resíduos uma vez que não estão previstas alterações ao *layout* da instalação atualmente em funcionamento.

Cenário B.I

Neste cenário pretende-se analisar a situação em que a **eficiência de recolha seletiva dedicada de biorresíduos seja de 25% face ao seu potencial** contido na fração indiferenciada, o que representa cerca de 12.000 toneladas. Apesar de não ser uma quantidade particularmente relevante é importante garantir que o serviço é prestado com níveis elevados de qualidade, funcionando como mecanismo de incentivo à população, mas também assegurar a sustentabilidade económica do sistema. Entende-se, portanto, que o ponto de partida são aplicadas as condições mínimas de eficiência operacional anteriormente referidas, estabelecendo-se assim que:

- cada circuito recolhe em média seis toneladas de resíduos;
- a periodicidade de recolha de biorresíduos é de quatro vezes por semana;
- os contentores afetos à recolha de biorresíduos são lavados 16 vezes por ano.

Para garantir estas condições não é exequível a implementação do serviço na totalidade do território e, portanto, assume-se que neste cenário a recolha seletiva dedicada de biorresíduos abrange apenas zonas urbanas e com maior densidade populacional.

Relativamente à instalação de equipamentos de deposição na via pública destinados aos biorresíduos, e tendo em conta a abrangência territorial do sistema, considera-se que são colocados novos contentores juntos aos contentores indiferenciados, assumindo que têm a mesma tipologia, mas em número inferior, isto é, 35% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado.

Uma vez que o desvio de biorresíduos da fração indiferenciada não é significativo, representando cerca de 12%, considera-se não existir margem para alterações às condições operacionais da recolha de resíduos indiferenciados face àquelas estabelecidas na situação base (Tabela 14). Na mesma medida, a periodicidade de lavagem dos equipamentos associados à deposição deste fluxo mantém-se inalterada, considerando as condições de base, isto é, 12 vezes por ano.

Na tabela seguinte são apresentados os parâmetros e pressupostos operacionais que constituem o Cenário B.I, determinados segundo as premissas anteriores e analisados do ponto de vista económico, através da sua introdução no modelo de análise desenvolvido.

Tabela 16 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica do Cenário B.I

Parâmetro	Recolha Indiferenciada	Recolha dedicada biorresíduos	Observações
<i>Planeamento</i>			
Quantidade de resíduos a recolher (t/ano)	87 921	12 079	Considerando que a eficiência de recolha de biorresíduos é de 25% do seu potencial, presente no fluxo indiferenciado.
Periodicidade de recolha (vezes/semana)	7	4	O planeamento do serviço considera uma semana de 7 dias de trabalho
Circuitos diários de recolha	20	6	Circuitos necessários para garantir a qualidade e eficiência dos serviços de recolha.
<i>Meios mecânicos</i>			
Viaturas afetas à recolha	25	7	-
<i>Meios humanos</i>			
Encarregados afetos ao serviço de recolha	3	1	-
Motoristas afetos ao serviço de recolha	30	8	-
Cantoneiros afetos ao serviço de recolha	64	16	-
<i>Equipamentos de deposição</i>			
Parque de contentores	100	35	Estimado de acordo com as premissas estabelecidas enquanto condições de operação e de implementação do sistema de recolha dedicada de biorresíduos., Consideram-se 35% do parque de contentores afetos aos indiferenciados.
	5 182	1 814	
<i>Lavagem de equipamentos</i>			
Periodicidade de lavagem dos contentores (dias/cont.ano)	12	16	Estabelecidos de forma a garantir as condições mínimas de qualidade e eficiência do serviço.
Viaturas de lavagem afetas ao serviço	2	1	-
Constituição de cada equipa de lavagem	1	1	-
	1	1	-

Cenário B.II

No Cenário B.II prevê-se a análise do sistema quando a **eficiência de recolha seletiva dedicada de biorresíduos for de 50% face ao seu potencial** na fração indiferenciada, o que corresponde a cerca de 24.000 toneladas de resíduos orgânicos recolhidos seletivamente. Este nível de eficiência permite uma maior abrangência territorial do serviço de recolha seletiva dedicada, sem que se perca sustentabilidade operacional e financeira. Nestas condições entende-se que a implementação do sistema abrange as zonas urbanas e densamente povoadas, e as áreas envolventes com maior potencial. Em termos operacionais, a

periodicidade de recolha é de seis vezes por semana, sendo que cada circuito recolhe em média sete toneladas de resíduos.

Relativamente aos novos contentores afetos aos biorresíduos, prevê-se a sua colocação junto aos contentores instalados para o fluxo indiferenciado, garantido a uniformidade no que respeita à tipologia dos equipamentos já existentes. Tendo em consideração a situação de implementação territorial anteriormente definida, considera-se que em número os equipamentos a instalar representam 65% do parque total de contentores associados aos resíduos indiferenciados.

Em linha com o que já foi referido, a qualidade do serviço influencia diretamente a participação e a motivação da população em cumprir as regras de utilização dos sistemas implementados de recolha seletiva de resíduos urbanos. Por esta razão, a limpeza dos equipamentos de deposição e das áreas envolventes é fundamental. Tendo em consideração as características de putrescência dos biorresíduos, e assumindo níveis de pureza elevados, entende-se que as quantidades de biorresíduos que neste cenário e estima que serão depositadas nos contentores obrigam a uma periodicidade de lavagem destes equipamentos que garanta a sua limpeza mensal e um reforço nos meses de maior calor. Determina-se, portanto, que cada contentor será lavado 20 vezes por ano.

No que respeita ao circuito de recolha de resíduos indiferenciados o desvio de biorresíduos esperado representa uma diminuição de cerca de 24%. Acresce que esta diminuição não representa apenas redução da quantidade a recolher, mas também da carga orgânica presente nos contentores e por esta razão entende-se que existe margem para otimizar o serviço de recolha indiferenciada. Neste sentido, estabelece-se que a periodicidade de recolha dos resíduos indiferenciados diminui para 6 dias por semana.

Apesar do importante desvio de biorresíduos do fluxo indiferenciado retratado neste cenário, a fração orgânica remanescente é representativa e, portanto, a periodicidade de lavagem dos equipamentos associados à deposição dos resíduos indiferenciados mantém-se igual à situação base, isto é, 12 vezes anuais cada contentor (Tabela 14).

Tabela 17 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica do Cenário B.II

Parâmetro	Recolha Indiferenciada	Recolha dedicada biorresíduos	Observações
<i>Planeamento</i>			
Quantidade de resíduos a recolher (t/ano)	75 843	24 158	Considerando que a eficiência de recolha de biorresíduos é de 50% do seu potencial, presente no fluxo indiferenciado.
Periodicidade de recolha (vezes/semana)	6	6	O planeamento do serviço considera uma semana de 7 dias de trabalho. A redução da quantidade de resíduos indiferenciados a recolher, mas também da carga orgânica presente, permite a otimização do serviço de recolha indiferenciada e a diminuição da periodicidade sem descuidar a qualidade e sustentabilidade do serviço.
Circuitos diários de recolha	19	9	Circuitos necessários para garantir a qualidade e eficiência dos serviços de recolha.
<i>Meios mecânicos</i>			
Viaturas afetas à recolha	24	11	
<i>Meios humanos</i>			
Encarregados afetos ao serviço de recolha	3	2	
Motoristas afetos ao serviço de recolha	28	14	
Cantoneiros afetos ao serviço de recolha	56	28	
<i>Equipamentos de deposição</i>			
Parque de contentores	100	65	Estimado de acordo com as premissas estabelecidas enquanto condições de operação e de implementação do sistema de recolha dedicada de biorresíduos., Consideram-se 65% do parque de contentores afetos aos indiferenciados.
	5 182	3 368	
<i>Lavagem de equipamentos</i>			
Periodicidade de lavagem dos contentores (dias/cont.ano)	12	20	Estabelecidos de forma a garantir as condições de qualidade e eficiência do serviço que a tipologia dos resíduos implica.
Viaturas de lavagem afetas ao serviço	2	2	
Constituição de cada equipa de lavagem	1	1	
	1	1	

Cenário B.III

O Cenário B.III pretende colocar em análise do sistema na situação em que a **eficiência de recolha seletiva dedicada de biorresíduos seja de 75% face ao potencial** destes resíduos contidos na fração indiferenciada, o que representa 36 236 toneladas de resíduos orgânicos recolhidos seletivamente. O nível de eficiência atingido pressupõe que a implementação do sistema de recolha dedicada de biorresíduos é de abrangência territorial total, o que quer dizer que junto a cada contentor de resíduos indiferenciados instalado na via pública será colocado um novo equipamento para deposição seletiva de biorresíduos. Considera-se, no entanto, que possa existir a necessidade de realocação de alguns pontos de deposição e também a reconversão de 10% dos equipamentos de recolha indiferenciada para a recolha de orgânicos, por exemplo, em situações em que existem atualmente mais do que uma unidade destes contentores.

Em termos operacionais, a quantidade de biorresíduos que se espera recolher é suficiente para implicar uma periodicidade de recolha que garanta o mínimo período de permanência dos resíduos nos equipamentos instalados na via pública. Estabelece-se, portanto, que a recolha dedicada de resíduos orgânicos é realizada com a periodicidade de seis vezes por semana, garantindo que cada circuito recolherá em média oito toneladas de resíduos.

Em linha com o anteriormente referido, a qualidade do serviço impacta diretamente na motivação da população para participar corretamente nos sistemas implementados de recolha seletiva de resíduos urbanos. Portanto, a limpeza dos equipamentos de deposição e das áreas envolventes é uma operação fundamental para garantir níveis elevados de eficiência dos sistemas. Considerando as condições previstas neste cenário que agora se analisa, estabelece-se uma periodicidade de lavagem destes equipamentos que garanta a sua limpeza mensal e um reforço nos meses de maior calor. Determina-se, portanto, que cada contentor será lavado 22 vezes por ano.

Uma vez que se verifica uma redução de cerca de 36% de resíduos no fluxo indiferenciado, e que isso representa também uma diminuição considerável da carga orgânica, entende-se que existe margem para otimizar o serviço de recolha desta fração. Neste sentido, estabelece-se que a periodicidade de recolha dos resíduos indiferenciados diminui para três vezes por semana. Na mesma medida, a periodicidade de lavagem dos equipamentos associados à deposição dos resíduos indiferenciados diminui, face ao cenário base, para 10 lavagens anuais por contentor uma vez que se verifica o desvio de uma parte importante de fração orgânica.

Tabela 18 – Parâmetros e pressupostos considerados na análise económica do Cenário B.III

Parâmetro	Recolha Indiferenciada	Recolha dedicada biorresíduos	Observações
<i>Planeamento</i>			
Quantidade de resíduos a recolher (t/ano)	63 764	36 236	Considerando que a eficiência de recolha de biorresíduos é de 75% do seu potencial, presente no fluxo indiferenciado.
Periodicidade de recolha (vezes/semana)	3	7	O planeamento do serviço considera uma semana de 7 dias de trabalho. A quantidade de biorresíduos que se espera recolher é suficiente para implicar uma periodicidade de recolha que garanta o mínimo período de permanência dos resíduos nos equipamentos instalados na via pública
Circuitos diários de recolha	18	1	Circuitos necessários para garantir a qualidade e eficiência dos serviços de recolha.
<i>Meios mecânicos</i>			
Viaturas afetas à recolha	22	15	
<i>Meios humanos</i>			
Encarregados afetos ao serviço de recolha	3	2	
Motoristas afetos ao serviço de recolha	26	18	
Cantoneiros afetos ao serviço de recolha	51	37	
<i>Equipamentos de deposição</i>			
Parque de contentores	100	100	Considera-se que serão colocados contentores para biorresíduos junto a todos os contentores de indiferenciados, contudo, há uma reconversão de 10% dos contentores de indiferenciados.
	4 654	4 654	
<i>Lavagem de equipamentos</i>			
Periodicidade de lavagem dos contentores (dias/cont.ano)	10	22	Estabelecidos de forma a garantir as condições de qualidade e eficiência do serviço que a tipologia dos resíduos implica
Viaturas de lavagem afetas ao serviço	1	2	
Constituição de cada equipa de lavagem	1	1	
	1	1	

4.4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A implementação de um sistema de recolha seletiva de biorresíduos, independentemente da solução técnica escolhida, origina inevitavelmente um aumento dos custos do sistema de gestão de resíduos urbanos. Importa, contudo, compreender o impacto financeiro que a implementação de cada uma das soluções técnicas em análise representa para o sistema.

A aplicação do modelo económico desenvolvido, tendo por base os pressupostos operacionais e financeiros explicados anteriormente, originou os resultados que a seguir se apresentam na Figura 2 e que mostram os custos unitários da recolha seletiva de biorresíduos, para cada solução técnica nos cenários de eficiência desenhados.

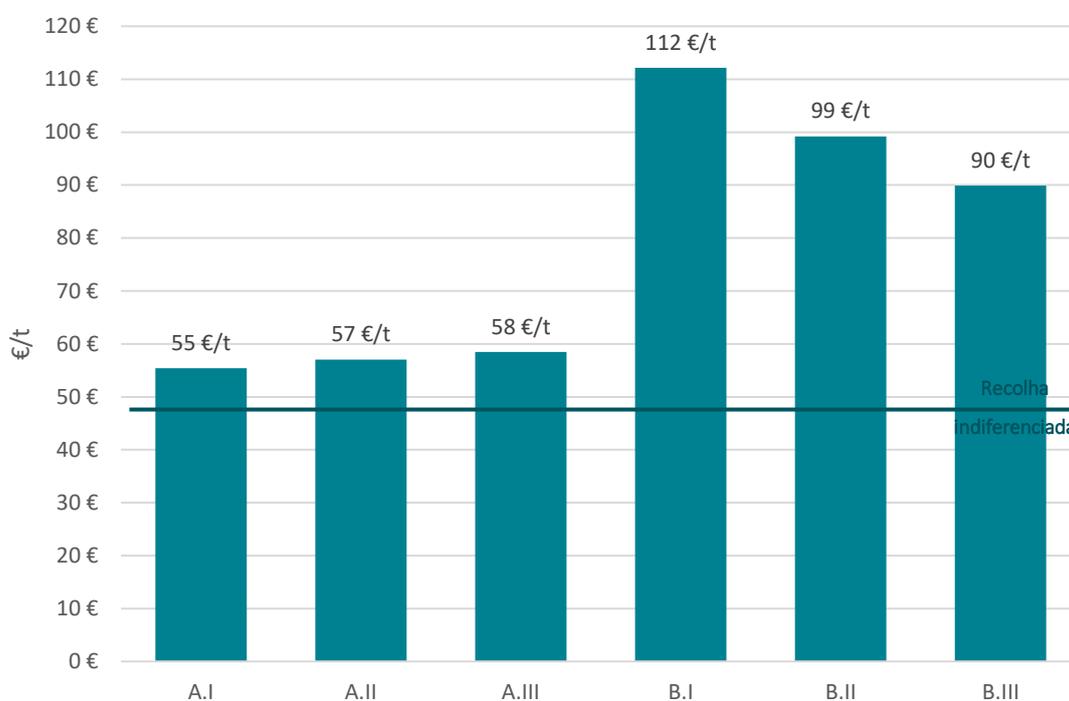


Figura 2 – Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado

Na análise dos dados apresentados é importante ter em consideração que o sistema de recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenários A) prevê que a fração orgânica é recolhida em simultâneo com os resíduos indiferenciados, em sacos de cor diferente, seguindo o mesmo fluxo de recolha e transporte, sendo depois separada a jusante na instalação de tratamento. Neste sentido, não é possível dissociar os custos relacionados com a operação de recolha propriamente dita para cada um dos fluxos de resíduos. No que respeita aos valores obtidos para os Cenários B, está representada no gráfico anterior a parcela financeira referente apenas à recolha seletiva dedicada de biorresíduos, não estando por isso considerados os custos associados à recolha indiferenciada. A linha representada no gráfico corresponde ao custo unitário do serviço de recolha indiferenciada.

Pelas razões apresentadas, é possível fazer uma comparação direta entre os custos associados ao sistema de **recolha seletiva em regime de co-coleção (Cenários A)** e os custos apurados para o cenário base (Cenário Zero), concluindo-se que em termos globais o acréscimo verificado é da ordem dos 19% a 25%, de acordo com a eficiência da recuperação de biorresíduos. As principais rubricas de custo analisadas estão representadas na tabela seguinte.

Tabela 19 – Principais rúbricas de custo associadas ao sistema de co-coleção e por cenário analisado

Cenário	Custos unitários (€/t)			
	Operação de Recolha	Lavagem de contentores	Tratamento – separação mecânica (adicional)	Global
Zero	44,98 €	1,71 €	- €	46,69 €
A.I	52,31 €	1,71 €	1,39 €	55,41 €
A.II	53,91 €	1,71 €	1,39 €	57,01 €
A.III	55,36 €	1,71 €	1,39 €	58,46 €

A tabela anterior permite concluir que a operação de recolha de resíduos é, indubitavelmente, a principal rúbrica de custos do sistema, representado cerca de 95% do valor unitário de serviço. Esta rúbrica divide-se em três parâmetros de custeio principais, nomeadamente, os custos com as viaturas, os custos relacionados com recursos humanos e os custos com equipamentos de deposição.



Figura 3 – Distribuição dos parâmetros de custeio que compõem a rúbrica associada à operação de recolha, para o universo dos Cenário A – Co-coleção

Com esta divisão é possível perceber que os sobrecustos verificados na solução de co-coleção face ao cenário base dizem respeito, essencialmente, aos investimentos relacionados com os equipamentos de deposição. Dentro desta parcela incluem-se os gastos com os equipamentos instalados na via pública e os sacos e os contentores de cozinha que serão distribuídos pela população com a implementação do sistema de co-coleção. Estes dois últimos representam em conjunto cerca de 18% do orçamento anual apurado para o sistema implementado nas condições do Cenário A.III – que considera a distribuição do total anual

estimado de sacos necessários. É importante ter em consideração que os custos com os contentores de cozinha apenas se verificarão no ano de implementação, estando previsto que nos anos seguintes possam existir situações de substituição ou novas entregas, contudo numa dimensão financeira pouco significativa. Individualmente, o peso financeiro dos sacos no orçamento anual é de aproximadamente 12%.

Destaca-se, em igual medida de importância, o investimento necessário para proceder às alterações no *layout* da instalação de TM de Trajouce, que são imprescindíveis para o correto funcionamento desta solução de recolha. Prevê-se que, de acordo com os pressupostos de amortização assumidos, este venha a constituir 2% a 3% do orçamento anual da gestão global dos resíduos.

A implementação do sistema de **recolha seletiva dedicada de biorresíduos (Cenários B)** tem influência na estrutura da recolha indiferenciada, que pode ser otimizada em cada cenário analisado face à dimensão do desvio de biorresíduos para o circuito dedicado. Em termos globais, o orçamento anual estimado diminui com o aumento dos resíduos orgânicos recolhidos seletivamente.

No gráfico seguinte está representada a evolução dos custos do sistema considerando a implementação da recolha dedicada de biorresíduos, estimados para cada cenário de análise.

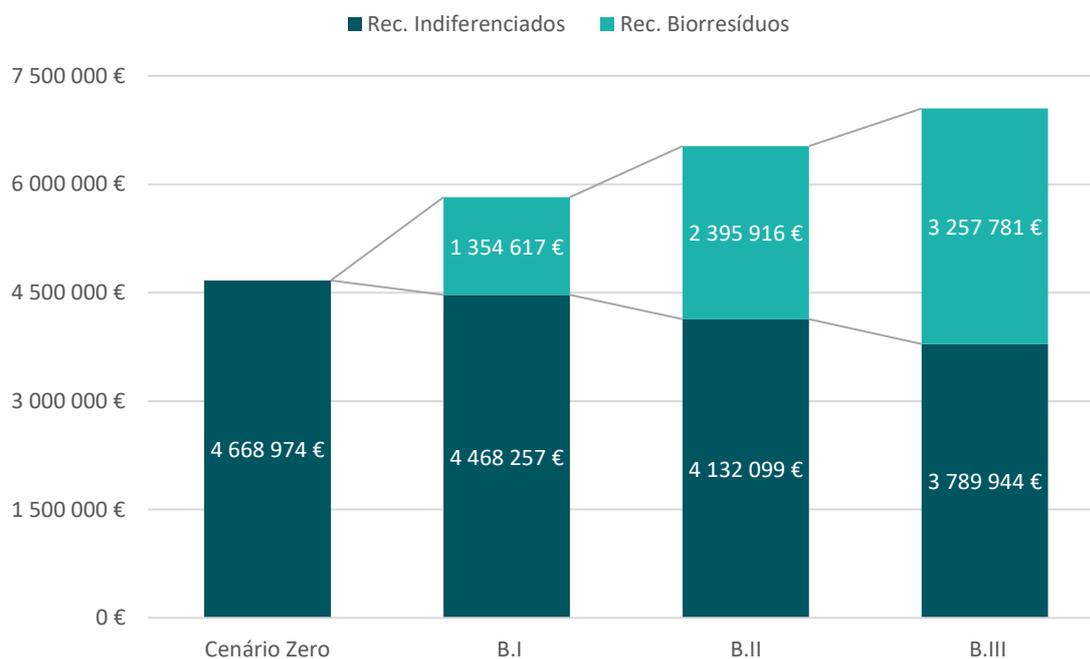


Figura 4 - Evolução estimada dos custos anuais da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada – Cenários B

Em termos unitários, os custos apurados para cada cenário podem ser representados da seguinte forma:

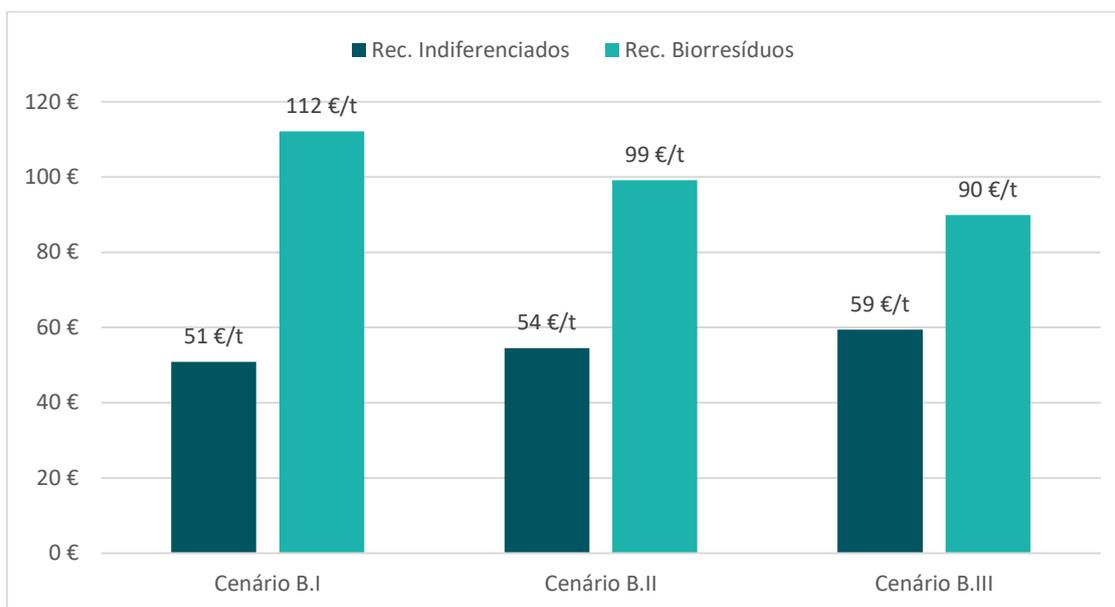


Figura 5 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada – Cenários B

A evolução crescente dos custos da recolha de biorresíduos está relacionada com o aumento da necessidade de meios mecânicos e humanos associados aos novos circuitos de recolha dedicada e de lavagem de equipamentos. Verifica-se uma estreita relação entre a eficiência da recolha e o custo unitário da prestação do serviço, querendo isto dizer que, a maturidade do sistema é essencial para o seu sucesso operacional, mas principalmente económico. Por outro lado, não se prevê que o potencial de biorresíduos produzidos no setor doméstico sofra alterações significativas no futuro, mantendo-se perto dos 50%, o que pode representar que os custos unitários estagnarão em certo ponto mesmo que a recolha de biorresíduos seja 100% eficiente face ao potencial. O ponto de estagnação poderá rondar os 84€ por tonelada de biorresíduos recolhida seletivamente, ao qual ainda acrescem os custos com a recolha indiferenciada.

A análise das rúbricas de custo relacionadas com a recolha dedicada de biorresíduos permitiu compreender a importância que os meios mecânicos e humanos representam no equilíbrio financeiro do sistema.

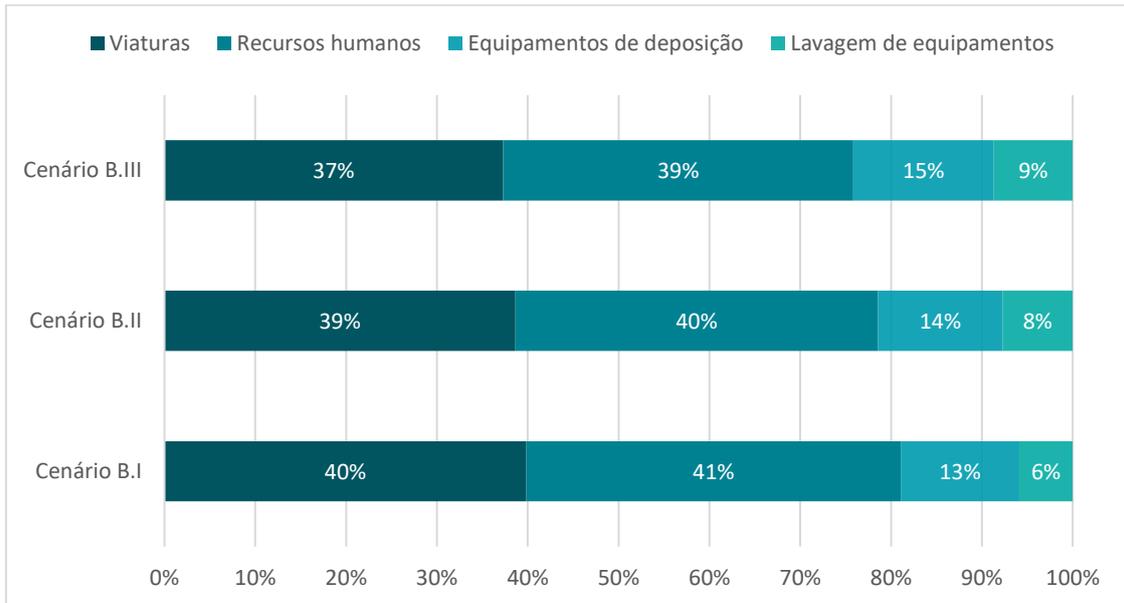


Figura 6 – Distribuição das rúbricas de custo do sistema de recolha dedicada de biorresíduos, para cada cenário de análise

Destaca-se, contudo, a evolução do peso dos equipamentos de deposição e das operações de lavagem que crescem à medida que o sistema se consolida e existe uma maior necessidade de garantir equipamentos de deposição suficientes e que estes se encontram em perfeitas condições de higiene.

Importa realçar que estes resultados decorrem da aplicação de pressupostos que garantam a maior otimização do sistema aquando do dimensionamento de cada um dos cenários analisados. Essa otimização está diretamente relacionada com a interação de vários fatores que determina a estrutura operacional e o desempenho do sistema, como os tempos de recolha dos contentores, a distância média percorrida por circuito, a taxa de utilização dos contentores e as quantidades recolhidas em cada circuito. Este último parâmetro é um indicador particularmente importante da eficiência do sistema que faz variar a frequência de recolha e os meios operacionais afetos ao serviço, e em última instância os custos operacionais da recolha.

Embora a solução de recolha porta-a-porta não tenha sido incluída no âmbito do presente estudo, é possível afirmar que, em termos operacionais, serão necessários mais recursos humanos e equipamentos decorrentes da menor capacidade de recolha de cada circuito. Por esta razão, torna-se difícil estabelecer comparações diretas entre sistemas fundamentalmente diferentes, mas existem evidências do maior custo associado à menor produtividade por trabalhador ou veículo¹⁴. A comparação entre sistemas deve ser feita de forma global e em condições semelhantes, como fez a Fundación ENT no estudo onde comparam vários municípios da Catalunha, em Espanha, onde a recolha é realizada em regime de proximidade e ou através

¹⁴ Rodrigues, S. (2016): Classificação e Benchmarking de Sistemas de Recolha de Resíduos Urbanos. FCT, UNL

de sistemas de porta-a-porta, chegando à conclusão de que os últimos apresentam um sobrecusto por tonelada recolhida de cerca de 20%.¹⁵

Não obstante, a recolha seletiva porta-a-porta deverá ser igualmente considerada em trabalhos subsequentes, especialmente existindo informação técnica decorrente de sistemas atualmente em implementação em várias regiões do país.

Perante os dados obtidos, e considerando que em ambas as soluções técnicas prevêem-se elevados investimentos iniciais para a sua implementação, conclui-se que economicamente o sistema mais vantajoso e sustentável é a co-coleção. Este sistema apresenta menores riscos uma vez que os principais investimentos estão em equipamentos e infraestruturas facilmente reconvertíveis e adaptáveis a novas situações que possam surgir.

¹⁵ ENT (2014): Economic balance of door-to-door and road containers waste collection for local authorities and proposals for its optimization. Associació de Municipis Catalans per a la Recollida selectiva Porta a Porta.

5. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

5.1. METODOLOGIA E PRESSUPOSTOS

Para realizar a análise ambiental propôs-se a utilização da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida pois esta é a que garante uma análise mais completa e formal de um produto ou serviço. Iniciamos o capítulo com a apresentação das bases conceptuais e práticas da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida, introduzindo conceitos fundamentais, como a unidade funcional, as fases da ACV, as melhores práticas, entre outros aspetos. Remete-se para o Anexo II uma descrição mais detalhada das várias fases da ACV, que são também seguidas no presente estudo.

Avaliação de Ciclo de Vida

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia que permite a análise e quantificação do impacto ambiental de um produto, processo ou sistema. Por princípio, esta análise inclui toda a vida do objeto de estudo, desde o seu início até o final de vida, passando por todas as etapas intermediárias, como produção, transporte e uso. É possível realizar também ACV reduzindo o âmbito de análise, excluindo, por exemplo, a fase de uso e fim-de-vida (*cradle-to-gate*, em oposição a *cradle-to-grave*).

Esta metodologia pode ser utilizada com vários objetivos, nomeadamente, para comparar o impacto ambiental de diferentes produtos ou processos com função semelhante, otimização do desempenho ambiental de um produto ou processo, ou ainda como instrumento de apoio à decisão, entre outros. A definição dos objetivos da ACV faz parte da própria metodologia e serve para guiar as opções do executante (por exemplo, escolha da unidade funcional, definição do âmbito, análise de sensibilidade).

Uma das vantagens da ACV, em relação a outras metodologias de avaliação de impactos ambientais, é de garantir que todos os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida são contabilizados, evitando assim o enviesamento a favor de soluções que transferem os impactos para outras fases. Para exemplificar, podemos considerar o caso dos veículos elétricos, em que se concentrarmos a análise da fase de utilização e no próprio veículo, teremos impactos muito reduzidos já que estes estão a ocorrer a montante (na produção de eletricidade, por exemplo) ou a jusante (por exemplo, no fim de vida das baterias de iões de lítio).

Outra vantagem da ACV é a existência de uma norma dedicada. Os procedimentos da ACV são parte integrante da ISO 14000 - normas de gestão ambiental em empresas, desenvolvidas pela *International Organization for Standardization* (ISO) – sendo documentadas na norma ISO 14040:2006 e 14044:2006 (que substituiu as normas 14041 a 14043). De acordo com a norma ISO 4040, a ACV consiste em quatro fases interligadas:

1. definição de objetivos e âmbito,
2. análise de inventário,
3. avaliação do impacto, e
4. interpretação.

Estas fases estão interligadas entre si, tal como apresentado na Figura 7. Geralmente, esta análise é um procedimento iterativo, onde a experiência adquirida no final pode contribuir para melhorar as fases iniciais.

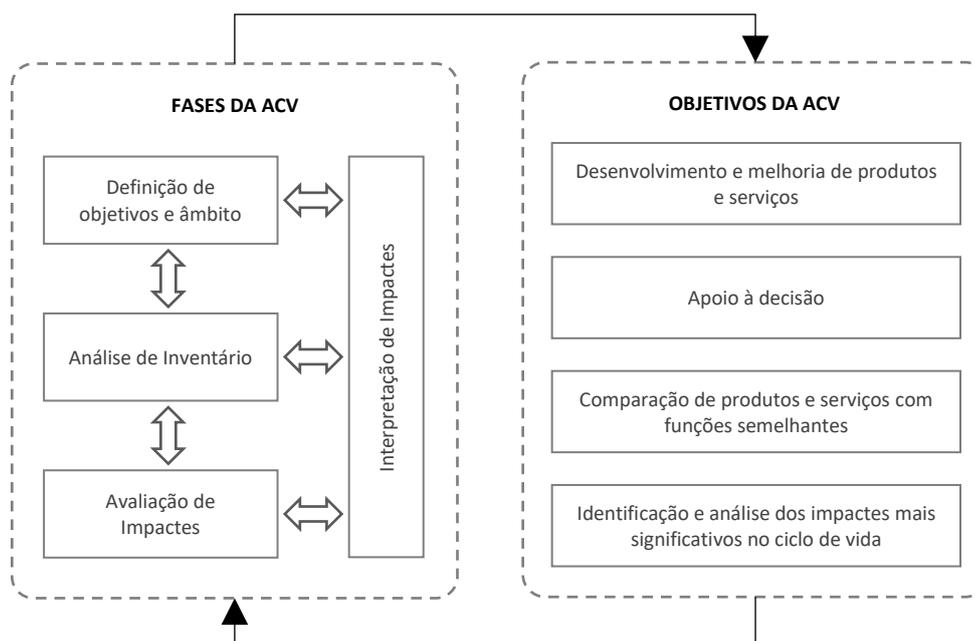


Figura 7 – Fases e objetivos da ACV e interação entre estas

Ferramentas de apoio à ACV

A realização de uma ACV exige tipicamente uma quantidade significativa de informação e a definição da ontologia, isto é, a estrutura da informação e da relação entre objetos de análise, pelo que é sempre recomendável a utilização de ferramentas informáticas que permitam estruturar e relacionar informação.

De acordo com Ferrão (2009), a definição dos principais requisitos associados a um programa de apoio à ACV deve ter em consideração três pontos:

- + Contributo para organizar os dados e minimizar o esforço necessário à realização de uma análise do inventário ou uma avaliação do impacto;
- + A qualidade da documentação de apoio, permitindo a condução do executante pelo estudo e na apresentação da informação de forma coerente;
- + A compatibilidade da ferramenta com outras ferramentas ou sistemas informáticos.

Para além destes, é importante referir a capacidade de adequar a ferramenta a objetivos específicos da ACV, particularmente no inventário e na interpretação de resultados, a facilidade de entrada por pessoas não especialistas ou com pouca experiência em análise ambiental e o investimento associado em licenças e em formação.

Com base nestas características, é possível fazer uma primeira separação entre ferramentas específicas e ferramentas não específicas de ACV. Os programas informáticos específicos para ACV são particularmente úteis na organização da grande quantidade de dados que caracterizam uma ACV, integrando de forma organizada e coerente bases de dados completas e métodos de avaliação de impacte ambiental. Neste caso encontram-se ferramentas como o SimaPro, o GaBi e o openLCA.

No caso das ferramentas não específicas para ACV, as mais relevantes são as folhas de cálculo, especificamente desenvolvidas para uma ACV ou para um objeto de estudo. Estas constituem tipicamente a primeira (ou a mais simples) abordagem à ACV, integrando a entrada de dados, o sistema de cálculo e a saída de resultados. Na folha de cálculo pode incluir-se uma base de dados simples sobre materiais e processos para que os utilizadores não tenham de introduzir mais do que as descrições básicas da unidade funcional e dos produtos utilizados.

Existem vantagens importantes na abordagem mais simplificada da folha de cálculo, nomeadamente,

- + baixos custos de desenvolvimento;
- + facilidade de entrada por parte de gestores e técnicos não especialistas;
- + maior capacidade para adaptar a ferramentas analíticas (por exemplo, folhas de controlo financeiras) utilizadas nas empresas;
- + maior capacidade de ajustar aos objetivos do estudo e resultados pretendidos, nomeadamente apresentando indicadores-chave de desempenho (KPI – *Key Performance Indicators*) ajustados ao objeto de estudo;
- + possibilidade de aceder aos dados e os algoritmos computacionais.

No entanto, poucos modelos comerciais utilizam diretamente a forma básica da folha de cálculo. A grande limitação é a dificuldade de integrar bases de dados mais completas e, conseqüentemente, obter um inventário de ciclo de vida completo. As ACV em folha de cálculo são assim geralmente limitadas em quadros pré-definidos para entrada de informação, o que acontece normalmente com a descrição e a designação de um produto e a especificação da unidade de cálculo. Importa, no entanto, referir que têm sido desenvolvidas abordagens que permitem colmatar as limitações das folhas de cálculo, nomeadamente em relação ao inventário, em grande medida pela necessidade de, no âmbito da consultoria, ser necessário passar aos clientes os modelos completos.

Por outro lado, para uma análise preliminar, necessária para aferir desde o início aqueles que poderão ser os processos mais relevantes no ciclo de vida, os *softwares* específicos de ACV, com acesso a bases de

dados completos, são inultrapassáveis. Outra vantagem relevante é a integração de funcionalidades para análise de sensibilidade. Em particular, existem *softwares* que permitem a análise da relação entre o parâmetro de processo ou de atividade e o resultante parâmetro de inventário, o que permite concluir sobre as opções de melhoria. Existem também *softwares* que permitem a realização de análises de sensibilidade através de métodos como Monte Carlo, o que facilita a interpretação de resultados. Contudo, importa referir que nos dois casos referidos, é possível programar as folhas de cálculo para realizar estes cálculos de forma automática.

Outra funcionalidade dos *softwares* específicos de ACV é a capacidade de compor o ciclo de vida de um produto ou serviço de forma mais modular. Por exemplo, no SIMAPRO, a estrutura de um Ciclo de Vida é composta pelo *Assembly* (montagem, na versão em português) que compreende todos os materiais e todos os processos associados à produção, transporte e utilização do produto, e o *Disposal scenario* que representa os processos a que o produto está sujeito após a sua utilização, incluindo o *Disassembly* que compreende a separação do produto em subunidades no fim de vida.

Associada à capacidade de integrar bases de dados de materiais e processos, os *softwares* específicos permitem também organizar a informação de forma consistentes. Por exemplo, no SimaPro, a informação encontra-se organizada em sete categorias de base de dados, estando elas de acordo com o seguimento do ciclo de vida:

- + materiais;
- + energia;
- + transporte;
- + processos;
- + tipos de utilização;
- + estratégias de condicionamento dos resíduos; e
- + estratégias de processamentos de resíduos.

Em suma, as escolhas em relação à utilização de *software* devem considerar os vários critérios mencionados, perspetivando o médio e longo prazo.

No presente estudo, optou-se pela utilização da ferramenta SIMAPRO por ser aquela que contém as bases de dados mais completas neste âmbito e por facilitar a montagem do inventário do ciclo de vida e a comparação entre diferentes cenários.

5.2. OBJETIVOS

Formalmente, num estudo de ACV deverão ser definidos explicitamente os objetivos e o âmbito de análise. No caso dos objetivos, devem ser referidas explicitamente as motivações ou razões para o estudo, o público-alvo ou destinatários do estudo, os seus intervenientes, incluindo promotores, executantes,

entidades que disponibilizam dados de base, terceiras partes para validação, entre outros. Nos objetivos devem também ser referidas as limitações à generalização dos resultados obtidos fora dos objetivos definidos, bem como para outros casos de estudo.

O objetivo principal do estudo é a produção de informação sobre o desempenho ambiental dos serviços de recolha de biorresíduos. As aplicações pretendidas para o presente estudo de ACV apresentam-se de seguida, por ordem de relevância, sendo que em itálico referem-se os tipos de aplicação considerados segundo a classificação referenciada no ILCD Handbook (JRC/IES, 2010):

- + produzir uma tabela de Inventário (*ecoprofile*) dos serviços de recolha analisados que apresente as principais entradas (recursos e energia) e saídas (emissões e resíduos) por unidade funcional considerada (*Identification of Key Environmental Performance Indicators (KEPI)*),
- + verificar quais os aspetos (fases, processos unitários, categorias de impacte) mais relevantes em termos de impacte ambiental, no contexto do ciclo de vida do projeto,
- + avaliar comparativamente o desempenho dos diferentes cenários de recolha.

Os públicos-alvo, isto é, a quem se pretende comunicar os resultados do estudo são principalmente os decisores e os responsáveis operacionais dos municípios constituintes da AMTRES, mas naturalmente pretende-se que o estudo seja também divulgado à escala nacional.

Finalmente, os autores do estudo de ACV é a equipa da 3drivers – Engenharia, Inovação e Ambiente (3drivers), uma entidade externa ao promotor do estudo, a Tratolixo.

5.3. ÂMBITO

A definição de âmbito deve especificar as características funcionais do objeto de estudo, incluindo a descrição do sistema estudado e unidade funcional, os procedimentos fundamentais do estudo, os critérios de avaliação e a exigência de dados.

Descrição do sistema em análise

De forma análoga à avaliação económica, a avaliação ambiental será focada nos dois sistemas alternativos de recolha de biorresíduos, nomeadamente o sistema de co-coleção e o cenário de recolha seletiva dedicada. A descrição destas duas alternativas foi já abordada no presente relatório, mas no contexto da avaliação ambiental é importante descrever o sistema na perspetiva dos *inputs* e *outputs* de energia e massa, ou seja, numa perspetiva de ciclo de vida.

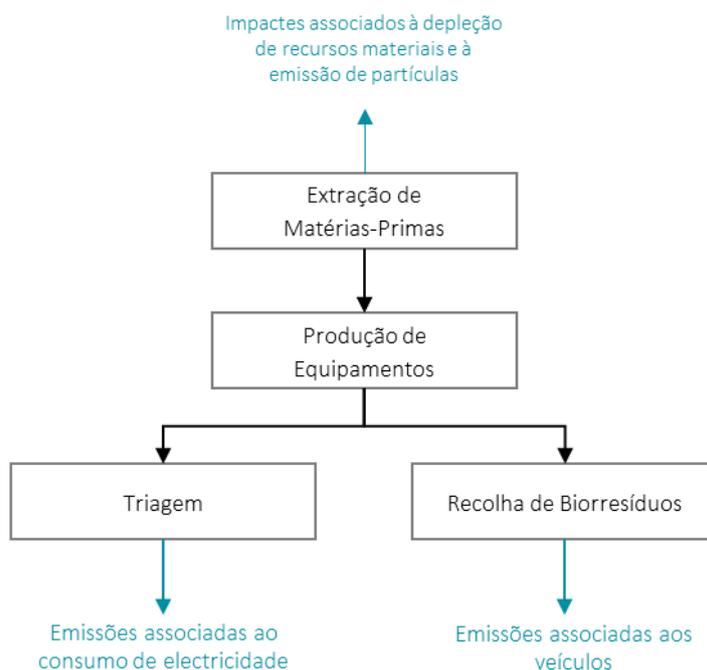


Figura 8 – Principais fluxos de relevância ambiental associada à recolha de biorresíduos

Unidade Funcional

Em ACV, a comparação entre dois sistemas com a mesma função só pode ser realizada tendo em consideração a mesma unidade, que se denomina de unidade funcional. O maior propósito da unidade funcional é servir de referência para o cálculo dos impactos ambientais, e concomitantemente, para a comparação dos vários sistemas em análise, permitindo referenciar os *inputs* e os *outputs* de um determinado processo¹⁶.

Desta forma, tendo em conta os objetivos do estudo, a unidade funcional selecionada é a gestão de 100.000 toneladas de RU, de forma análoga à análise económica realizada. Esta unidade funcional pode parecer atípica para a avaliação de um sistema de recolha de biorresíduos, mas é importante considerar todos os RU dada a complementaridade entre a recolha indiferenciada e a recolha seletiva dedicada.

Fronteiras do Sistema

Como é típico de estudos focados no tratamento de resíduos, para efeitos da fronteira do sistema, considera-se que a produção do próprio biorresíduos não acarreta qualquer impacto ambiental

¹⁶ Sven Lundie, G. M. (2005). Life cycle assessment of food waste management options. *Journal of Cleaner Production* 13 , 275–286.

(pressuposto tipicamente referido como *zero burden*). Ou seja, todas as fases a montante da gestão dos biorresíduos estão fora da fronteira do sistema.

A jusante, considera-se que o próprio tratamento dos biorresíduos (e.g., através da digestão anaeróbica) encontra-se fora da fronteira do sistema, já que esta será sensivelmente igual independentemente do tipo de recolha. Contudo, esta afirmação não se estende ao cenário 'zero', ou seja, da recolha indiferenciada.

Assim, o sistema considerado será apenas a fase de recolha dos biorresíduos e a fase de triagem através dos separadores óticos. Contudo, importa referir que será considerado todo o ciclo de vida dos equipamentos e bens utilizados nesta fase da gestão de resíduos. Por exemplo, consideraremos todo o ciclo de vida dos veículos de recolha, desde a extração das matérias-primas necessárias para a sua produção, até ao seu desmantelamento e aproveitamento da sucata para reciclagem, mas numa lógica de processos de *background*.

Os processos de *foreground* e *background* distinguem-se essencialmente pelo nível de detalhe da modelação. Os primeiros são aqueles que estão sobre a influência direta do produtor ou prestador do serviço ou aquele em que este tem influência, incluindo, por exemplo, o consumo de combustível nas recolhas. Os segundos, por oposição, incluem aqueles que são operados como parte do sistema, mas que não estão sob o controlo direto ou influência do produtor do bem ou serviço ou do seu utilizador (por exemplo, geração de eletricidade em Portugal).

Como resultado da análise desenvolvida, foram definidas as fronteiras do sistema de ACV conforme o representado na Figura 9, onde é também apresentada a distinção entre os processos *background* e *foreground* a serem modelados.

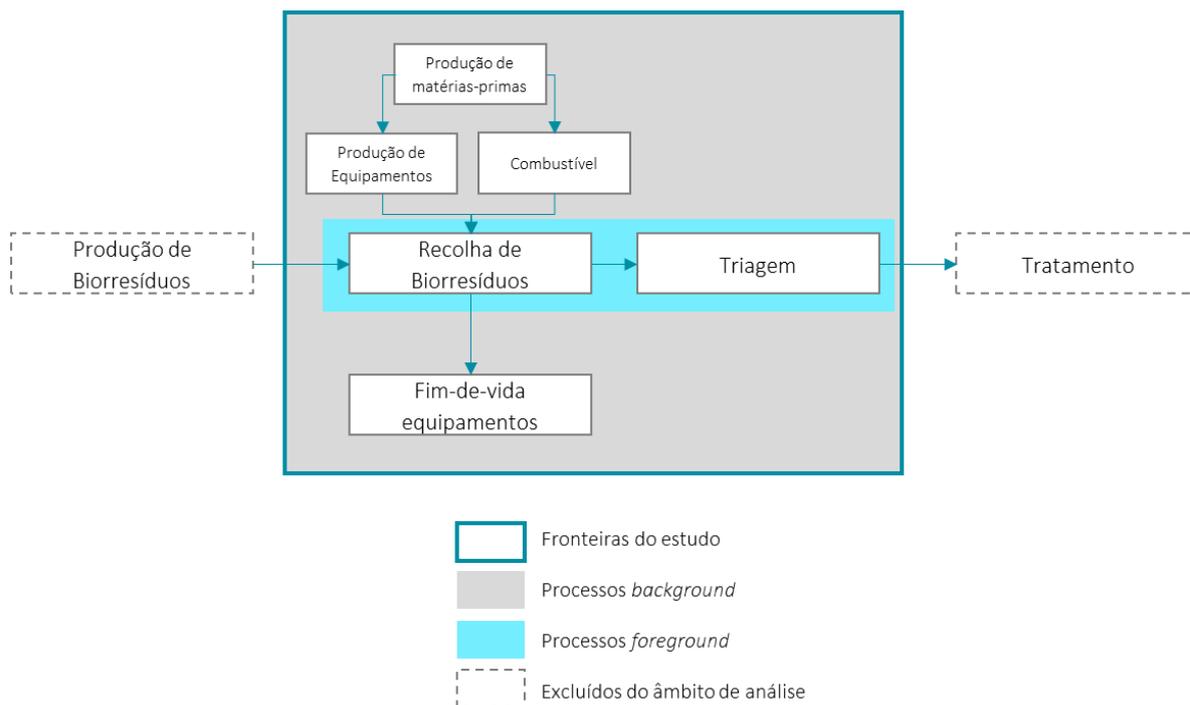


Figura 9 - Definição das fronteiras do sistema de ACV

Metodologia de Inventário de Ciclo de Vida

A fase de inventário de ciclo de vida (ICV) exige a definição de opções metodológicas e de pressupostos, que deverão ser apresentadas e justificadas de forma clara para que seja possível o contraditório ou replicação da ACV. No presente estudo, foram definidos os seguintes pressupostos:

- + Modelo de Ciclo de Vida: O modelo de ciclo de vida para o cálculo dos impactes ambientais diretos e indiretos associados às atividades de recolha é do tipo “*attributional model*”, ou seja, o modelo de ciclo de vida é desenvolvido de acordo com os processos unitários existentes. Este tipo de modelação é utilizado quando se pretende determinar o impacte ambiental de um produto ou processo ou quando se pretende comparar os impactes de dois produtos com a mesma unidade funcional.
- + Critérios de exclusão para a inclusão de entradas e saídas: Os critérios de inclusão para definir as quantidades de fluxos de materiais ou energia (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**) a incluir no âmbito das fronteiras do sistema são os considerados ao nível da ISO 14040, com a exclusão do critério ambiental. Foi considerado o critério de 5% de massa, ou seja, serão incluídas as entradas que cumulativamente contribuem mais de 5% da massa total de entradas do sistema de produto analisado.
- + Representatividade tecnológica, geográfica e temporal: Dado o âmbito do estudo, e de forma a melhor articular o processo de recolha de dados para a construção do Inventário do Ciclo de Vida, optou-se por utilizar as bases de dados externas para a modelação dos processos de produção de matérias-primas e gestão dos equipamentos no fim-de-vida (processos *background*).

- + Os processos mais relevantes, relacionados diretamente com o funcionamento do sistema de recolha, foram modelados com os dados dos próprios municípios da AMTRES, como no caso da avaliação económica. Contudo, importa referir que as emissões foram modeladas através de coeficientes da literatura e não através de medições nas próprias viaturas.

Metodologia de Avaliação dos Impactes de Ciclo de Vida

De forma análoga ao ICV, também na fase de avaliação dos impactes de ciclo de vida (AICV) é necessário definir e apresentar os pressupostos de base e opções metodológicas que permitem a replicação e contraditório. No presente estudo foram estabelecidos os seguintes pressupostos:

- + Categorias de Impacte, Métodos e Outros Aspetos: O âmbito da avaliação de impacte do ciclo de vida dos sistemas de recolha considerados inclui todas as categorias de impacte ambiental que são consideradas nos métodos de avaliação mais recentes, sendo que é dada ênfase particular às categorias de impacte geralmente mais associadas à produção e consumo de energia e de recursos materiais. Tendo em consideração os objetivos do projeto, utilizou-se o método ReCiPe Midpoint (H) v1.11 (2014).
- + Software utilizado: Para o desenvolvimento da ACV foi utilizado o programa SIMAPRO, versão 9.0

5.4. INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

O sistema descrito anteriormente foi modelado com base nas informações recolhidas junto dos municípios da AMTRES (processos de *foreground*) e nas bases de dados de ciclo de vida, nomeadamente *Ecoinvent* 3.0. Os principais parâmetros de análise seguem a análise económica, mas nos próximos parágrafos descreve-se de forma detalhada os valores considerados e os processos utilizados nas principais fases dos processos de recolha.

Inventários de ciclo de vida dos produtos

Com base nos dados e pressupostos apresentados definiu-se o inventário de ciclo de vida da recolha de resíduos, apresentado na Tabela 20. Dado que o fluxo de referência deste processo é dado por tkm, ou seja, a recolha e transporte de uma tonelada de resíduos por um quilómetro, um fluxo de referência muito utilizado no contexto da ACV, considerou-se que não seria necessário modelar de forma mais fina o próprio processo. Assim, as variações entre os modos de recolha são capturadas pela diferença da distância percorrida e pela carga média de todo o sistema, permitindo alinhar os pressupostos do modelo de avaliação ambiental com o modelo de avaliação económica.

Tabela 20 - Dados de inventário da recolha de resíduos

Processo:	Recolha de Resíduos		
Fluxo de referência:	1 tkm		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quantidade	Unid.
Entradas (materiais)	Lorry, 16 metric ton {GLO} market for	0.000000452	p
	Diesel, low-sulfur {RoW} market for	0.047208299	kg
	Maintenance, lorry 16 metric ton {GLO} market for	0.000000452	p
Saídas (emissões atmosféricas)	<i>Methane, fossil</i>	9.42E-08	kg
	<i>Ammonia</i>	9.13E-07	kg
	<i>Formaldehyde</i>	3.22E-07	kg
	<i>Carbon dioxide, fossil</i>	0.149106	kg
	<i>NM VOC, unspecified origin</i>	3.11E-06	kg
	<i>Dinitrogen monoxide</i>	7.85E-06	kg
	<i>Cadmium</i>	4.11E-10	kg
	<i>Toluene</i>	3.83E-10	kg
	<i>Lead</i>	2.46E-09	kg
	<i>Zinc</i>	8.2E-08	kg
	<i>Carbon monoxide, fossil</i>	0.000127	kg
	<i>Particulates, < 2.5 um</i>	5.99E-07	kg
	<i>Mercury</i>	2.5E-10	kg
	<i>Propane</i>	3.83E-09	kg
	<i>Copper</i>	1E-09	kg
	<i>m-Xylene</i>	3.75E-08	kg
	<i>Selenium</i>	4.72E-12	kg
	<i>o-Xylene</i>	1.53E-08	kg
	<i>Nickel</i>	4.15E-10	kg
	<i>Ethane</i>	1.15E-09	kg
	<i>Acetaldehyde</i>	1.75E-07	kg
	<i>Acrolein</i>	6.78E-08	kg
	<i>Benzene</i>	2.68E-09	kg
	<i>Heptane</i>	1.15E-08	kg
	<i>Chromium VI</i>	2.83E-12	kg
	<i>Pentane</i>	2.3E-09	kg
	<i>Sulfur dioxide</i>	7.4E-07	kg
	<i>Butane</i>	5.75E-09	kg
	<i>PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons</i>	3.69E-09	kg
	<i>Styrene</i>	2.15E-08	kg
	<i>Chromium</i>	1.42E-09	kg
	<i>Benzaldehyde</i>	5.25E-08	kg
<i>Nitrogen oxides</i>	6.38E-05	kg	
<i>Arsenic</i>	4.72E-12	kg	

Para além da própria recolha, é necessário também considerar a unidade de triagem de sacos. Para este efeito, acrescentaram-se dois processos no ciclo de vida do cenário A, como apresentado na Tabela 21. No caso dos processos de eletricidade e a infraestrutura foram utilizados processos já modelados e pertencentes à base de dados Ecoinvent 3.0.

Tabela 21 -Dados de inventário relativo à unidade de separadores óticos (Cenário A).

Ciclo de Vida:	Cenário A (co-coleção)		
Fluxo de referência:	100.000 toneladas de RU		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quantidade	Unid.
Entradas (processos)	Recolha de Resíduos	$625000 \times 12 = 7,5E7$	tkm
	Electricity, Medium Voltage {PT}	$0,010 \times 100.000 = 1000$	kWh
	Sorting facility, for construction waste {RER}	$1/(25*100.000) = 3,0E-6$	p

No caso dos Cenários BI, BII e BIII, consideraram-se os ciclos de vida descritos na Tabela 22, onde se consolidaram os vários cenários já que estes diferem apenas nas quantidades percorridas para cada fluxo e na carga média ao longo do circuito (esta carga considera também a tara do veículo.) Tal como na análise económica, o aumento da recolha de biorresíduos obriga também ao aumento das distâncias percorridas pelos veículos, mesmo considerando as oportunidades de otimização (p.ex., através da redução da frequência dos circuitos).

Tabela 22 -Dados de inventário relativo à unidade de separadores óticos (Cenário A).

Ciclo de Vida:	Cenários B (recolha seletiva dedicada)		
Fluxo de referência:	100.000 toneladas de RU		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quantidade	Unid.
Entradas (processos)	Recolha de Resíduos Ind. (BI)	$625.000 \times 12,0 = 7,5E6$	tkm
	Recolha Seletiva de Biorresíduos (BI)	$183.000 \times 10,0 = 1,8E6$	tkm
	Recolha de Resíduos Ind. (BII)	$473.875 \times 12,5 = 5,9E6$	tkm
	Recolha Seletiva de Biorresíduos (BII)	$314.071 \times 10,0 = 3,1E6$	tkm
	Recolha de Resíduos Ind. (BIII)	$423.944 \times 12,0 = 5,1E6$	tkm
	Recolha Seletiva de Biorresíduos (BIII)	$423.944 \times 10,0 = 4,7E6$	tkm

5.5. AVALIAÇÃO DOS IMPACTES

Neste capítulo são apresentados os resultados da Avaliação de Impactes do Ciclo de Vida cuja metodologia foi desenvolvida de acordo com o estabelecido na norma ISO 14040.

Foi utilizado o método ReCiPe Midpoint (H) na sua versão 1.11, de 2014, que permitiu a classificação e caracterização dos impactes dos serviços de recolha de biorresíduos (Tabela 23). O método fornece um conjunto de indicadores para diferentes categorias de impacte que refletem impactes potenciais (pressões) relacionados com emissões poluentes ou consumo de recursos.

Tabela 23 – Comparação do perfil ambiental dos serviços de recolha de biorresíduos (caracterização).

Categoria de impacte	Unidade	Cenário A	Cenário BI	Cenário BII	Cenário BIII
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	1487221	1850016	1797301	1933437
Depleção da camada de ozono	kg CFC-11 eq	0	0	0	0
Acidificação terrestre	kg SO ₂ eq	2976	3701	3596	3868
Eutrofização de águas doces	kg P eq	21	26	26	28
Eutrofização marinha	kg N eq	76	94	92	99
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	262218	326197	316902	340906
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	2425	3016	2930	3152
Formação de partículas atmosféricas	kg PM10 eq	1533	1906	1852	1992
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	570	709	688	741
Ecotoxicidade de águas doces	kg 1,4-DB eq	906	1127	1095	1178
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	4514	5615	5455	5868
Radiação ionizante	kg U235 eq	90986	113183	109958	118287
Ocupação de solos agrícola	m ² a	12100	15032	14603	15709
Ocupação de solos urbanos	m ² a	4620	5744	5580	6003
Transformação de solos naturais	m ²	545	677	658	708
Depleção de recursos hídricos	m ³	3253	4046	3931	4229
Depleção de recursos metálicos	kg Fe eq	46277	57562	55922	60157
Depleção de combustíveis fósseis	kg oil eq	505308	628580	610669	656924

Estabelecendo o cenário BIII como referência, já que corresponde ao impacte máximo em todas as categorias, e atribuindo um índice de 100, então podemos afirmar que o cenário A, correspondente à co-coleção, tem um impacte de 77. Ou seja, 23% mais baixo que o valor máximo de impacte.

Apresentam-se também os resultados da normalização dos impactes de ciclo de vida (Figura 10). Como referido, a normalização divide os resultados da caracterização pelo impacte médio de um cidadão europeu, permitindo assim obter uma comparação das várias categorias de impacte. A análise dos resultados normalizados permite concluir que os impactes mais significativos decorrem da libertação de partículas para a atmosfera, que pode ser diretamente associada à toxicidade humana e ambiental, as duas categorias mais relevantes. As alterações climáticas e a depleção de combustíveis fósseis são também categorias relevantes, estando estas associadas ao consumo de combustível das viaturas de recolha. A segunda conclusão relevante é que o processo de triagem, onde se inclui a própria instalação e o consumo de eletricidade, não é relevante do ponto de vista ambiental. O seu impacte é inferior a 1% do impacte do Cenário A.

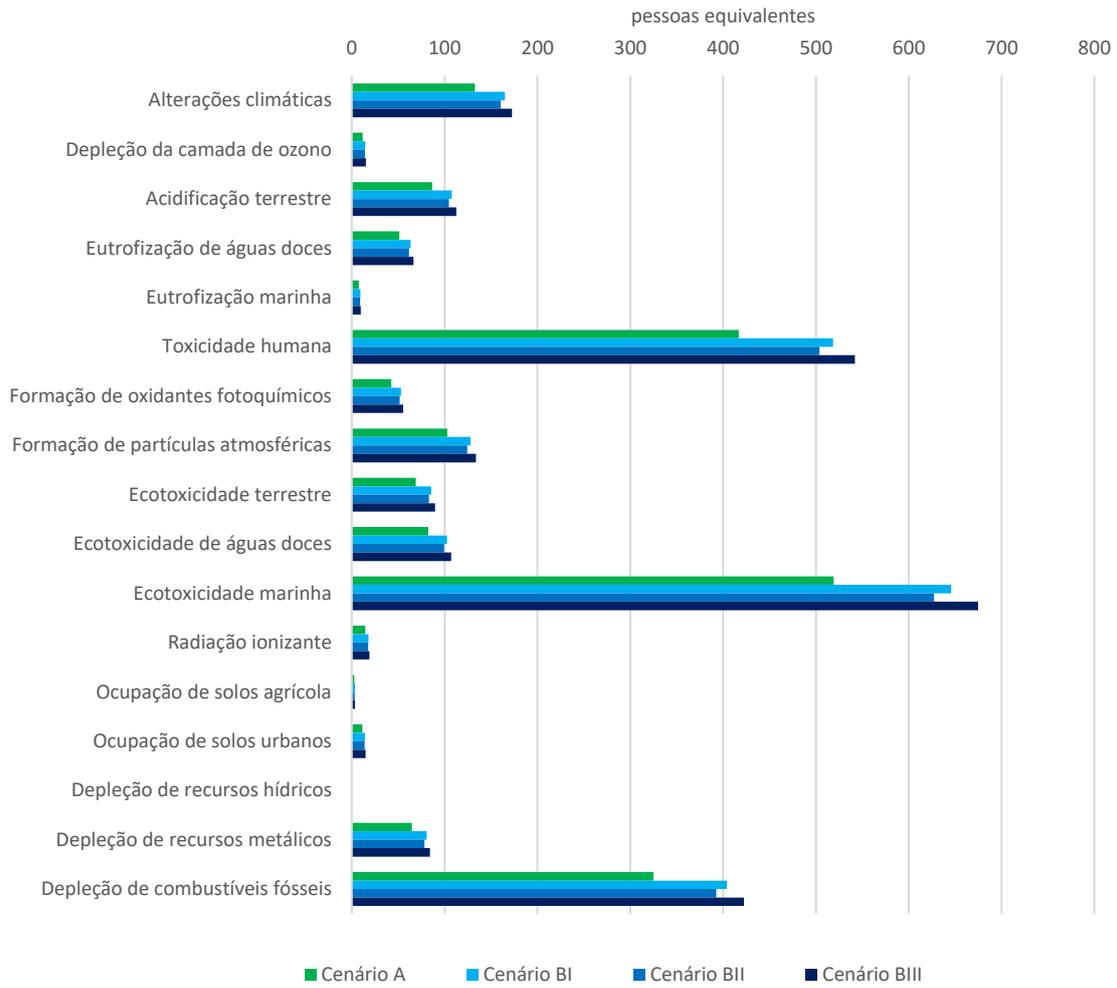


Figura 10 - Comparação do perfil ambiental dos serviços de recolha de biorresíduos (normalização)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biorresíduos, considerando o conjunto dos resíduos alimentares e dos resíduos verdes, constitui uma excelente oportunidade para incrementar as taxas de reciclagem a nível nacional, e em complemento, diminuir os impactos ambientais da gestão de resíduos. Se por um lado já existem inúmeras soluções para a recolha de resíduos verdes de origem doméstica implementadas por todo o país, a recolha da fração orgânica dos resíduos urbanos é ainda uma realidade distante, existindo atualmente algumas soluções implementadas nas regiões Norte e Lisboa e Vale do Tejo – que representou em 2017 cerca de 5% do potencial¹⁷.

A implementação de um sistema de recolha seletiva de biorresíduos implica um acréscimo inevitável dos custos anuais com o sistema municipal de gestão de resíduos urbanos. Existem, contudo, diferentes soluções tecnológicas que constituem distintos impactos no sistema financeiro, de acordo com as suas características operacionais. Quer isto dizer que, são essas especificidades técnicas que determinam não apenas as necessidades de novos investimentos, mas também os ajustes operacionais necessários para a sua assimilação no funcionamento global do sistema.

O presente estudo tem como foco principal a recolha em co-coleção através de sacos óticos e a sua comparação com a solução de recolha seletiva dedicada, uma vez que é aquela que apresenta maior potencial de abrangência territorial imediata, face à atual estrutura de recolha dos Municípios abrangidos pelo estudo.

A avaliação técnica centrou-se nas características operacionais de cada solução e, numa abordagem comparativa, permitiu compreender em que pontos se destacam e quais os potenciais riscos da sua implementação. Os resultados foram consolidados em cinco parâmetros de avaliação: robustez, facilidade de implementação, adaptabilidade, eficácia e resposta da população. Da análise dos resultados é possível concluir que a **solução de recolha em regime de Co-coleção é aquela que se mostra mais vantajosa, face a todos os critérios de avaliação**, com eventual exceção da robustez uma vez que é um sistema relativamente pouco explorado, mostrando, contudo, excelentes resultados nos locais onde está implementado.

Cabe destacar os pontos fortes mais importantes desta solução técnica e que se prendem com a **elevada flexibilidade e adaptabilidade** a eventuais alterações ao modelo, a **grande facilidade de implementação** uma vez que é compatível com todos os sistemas de recolha e requer alterações pouco significativas ao

¹⁷ APA – Agência Portuguesa do Ambiente (2019). PERSU 2020+ - Reflexão estratégica e ajustamentos às medidas do PERSU 2020. Lisboa: APA

modelo atual de recolha de indiferenciados e a **eficácia demonstrada** noutros países mas também através do projeto piloto levado a cabo pela CM Cascais, especialmente na adesão imediata pela população.

As principais fraquezas deste sistema estão essencialmente relacionadas com a participação da população e que podem ser mitigadas através de fortes campanhas de informação e sensibilização no momento da implementação do projeto, mas, não menos importante, com planos de ações periódicas que mantenham a população informada e principalmente acompanhada e motivada.

Em termos económicos, a aplicação do modelo de análise desenvolvido permitiu perceber que a solução de co-coleção com sacos óticos poderá representar, em termos globais, um aumento de 19% a 25% no orçamento anual municipal respeitante à gestão de resíduos urbanos, e face aos atuais custos estimados para a recolha de resíduos indiferenciados. A variação na percentagem diz respeito à evolução crescente da maturidade do sistema e com ela a eficiência da recuperação da fração orgânica. **Comparativamente, a implementação de uma solução de recolha seletiva dedicada terá um impacto consideravelmente superior, da ordem dos 25 a 51%.** Estes resultados contemplam a eventual otimização do serviço de recolha indiferenciada decorrente da maior eficiência da recolha de biorresíduos.

Importa realçar a importante relação entre a maturidade do sistema e os custos associados à prestação de serviços, independente da solução tecnológica implementada. Não estando previstas alterações significativas ao potencial de biorresíduos produzidos no setor doméstico, que se manterá a rondar os 50%, os custos unitários da recolha deverão estabilizar mesmo que a recolha de biorresíduos atingisse o potencial teórico de 100%. Analisando este ponto de estabilização sob a perspetiva individual de cada solução técnica, prevê-se que os custos unitários do sistema de recolha em co-coleção possa fixar-se dentro dos 58 €/t recolhida e a recolha seletiva dedicada represente um valor aproximado de 84 € por tonelada. Apesar de a solução de recolha seletiva porta-a-porta não estar incluída no âmbito deste projeto, consideraram-se dados da bibliografia respeitantes aos custos operacionais que lhes estão associados, e que permitiram apurar que esta solução representa um sobrecusto por tonelada recolhida de cerca de 20%.¹⁸

Conclui-se, portanto, que no espaço evolutivo e de consolidação sempre associado à implementação de um novo sistema de recolha, a co-coleção de biorresíduos mostra-se como a solução economicamente mais equilibrada e sustentável. Acresce a versatilidade do sistema, facilmente adaptável às necessidades que possam surgir, e que tornam mais seguro o investimento associado

Em termos ambientais, foi utilizada a ferramenta de Avaliação de Ciclo de Vida por ser uma metodologia estruturada e particularmente adequada para comparar produtos ou sistemas com funções semelhantes.

¹⁸ ENT (2014): Economic balance of door-to-door and road containers waste collection for local authorities and proposals for its optimization. Associació de Municipis Catalans per a la Recollida selectiva Porta a Porta.

Estas características levaram a que fosse selecionada para efeitos de comparação do perfil ambiental dos dois sistemas de recolha de resíduos em estudo, nomeadamente a recolha em co-coleção (também referida como recolha em sacos óticos) e a recolha seletiva dedicada de biorresíduos.

No desenvolvimento da análise apresentaram-se todos os passos da ACV, como definidos pela ISO 14040, tendo-se identificado os objetivos, âmbito e pressupostos, sendo depois apresentados o respetivo inventário de ciclo de vida e resultados. A ausência de entradas relativas à recolha de resíduos nas bases de dados tipicamente utilizadas no SIMAPRO, nomeadamente no Ecoinvent¹⁹, obrigou a que os processos fossem modelados de forma individualizada. Para isso, considerou-se um processo único de recolha de resíduos com fluxo de referência 1tkm, tendo-se depois ajustado no próprio 'ciclo de vida' de cada cenário a distância e carga média. Assim, foi possível capturar o efeito esperado de crescimento de distâncias percorridas decorrentes da existência de uma rede de recolha seletiva própria para os biorresíduos.

De forma global, **o impacte ambiental do sistema de recolha em co-coleção é 16% a 27% inferior ao sistema de recolha seletiva dedicada**, dependendo fundamentalmente da taxa de sucesso do sistema implementado. O impacte ambiental global é essencialmente devido à **extração de metais e ao consumo de combustível**, que contribuem não só para as emissões de partículas, que por sua vez contribuem para a toxicidade humana e ambiental, como para a emissão de GEE, que contribuem para as alterações climáticas.

Apesar de não estar incluído no âmbito do estudo e de não contribuir para a diferença de impactes entre os sistemas analisados, importa referir que **os resultados apresentados sugerem que a utilização de veículos mais duráveis e a utilização de combustíveis como o gás natural poderão contribuir de forma significativa para a redução dos impactes ambientais** dos serviços de recolha.

¹⁹ As referências encontradas foram analisadas e concluiu-se que o processo 'Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {ROW} não tem o nível de robustez e precisão necessário, implicando, por exemplo, um consumo de combustível cerca de quatro vezes superior ao verificado junto dos municípios da AMTRES.

REFERÊNCIAS

APA – Agência Portuguesa do Ambiente (2019). PERSU 2020+ - Reflexão estratégica e ajustamentos às medidas do PERSU 2020. Lisboa: APA

Agència de Residus de Catalunya: Models de recollida. [On-line]. [Consult. maio 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://residus.gencat.cat/ca/ambits_dactuacio/recollida_selectiva/models_de_recollida/>.

Avfall Sverige (2016): Vad slänger hushållen i soppåsen? - Nationell sammanställning av plockanalyser av hushållens mat- och restavfall. Malmö. Avfall Sverige.

Comissão Europeia (2015). Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU (Reference: 070201/ENV/2014/691401/SFRA/A2). Luxembourg. Publications Office of the European Union.

Dubois, M. [et al.] (2020). Guidance for separate collection of municipal waste (Framework Contract N° ENV/B.3/FRA/2017/0005). Luxembourg. Publications Office of the European Union.

Envac Optibag: How to evaluate single-stream collection with separated fractions in a three to six-month trial. Mjölby. Envac Optibag.

Ferrão, P (1998). Introdução à gestão ambiental: A avaliação do ciclo de vida de produtos. Coleção ensino da ciência e tecnologia. IST PRESS

Ferrão, P. (2009) Ecologia Industrial: Princípios e Ferramentas. Coleção ensino da ciência e tecnologia. IST PRESS.

Fundació ENT (2014). Economic Balance of door-to-door and road containers waste collection for local authorities and proposals for its optimization. Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Selectiva Porta a Porta. Catalunya.

ISO/FDIS 14040, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. France: AFNOR Standardization Unit, 2006

Gomes, P.[et al.] (2011) – Anexo 5: Custos de Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos. Projeto de Investigação PTDC/AUR/64086/2006. Universidade de Aveiro. [Consul. mar. 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.ua.pt/ii/ocupacao_dispersa>

Joint Research Centre (2015). Improving Sustainability and Circularity of European Food Waste Management with a Life Cycle Approach (EUR 27657 EN; doi:10.2788/182997). Luxembourg. Publications Office of the European Union.

PORDATA (2018).- O seu Município em Números [Em linha]. [Consult. abr. 2020]. Disponível em WWW:
<URL: <https://www.pordata.pt/Municipios/Continente>>.

Renovasjonsetaten Oslo (2019). Avfallsanalyse 2019 - En analyse av husholdningsavfallet fra Oslo kommunes innbyggere. Oslo. Renovasjonsetaten Oslo.

Rodrigues, S. (2016). Classificação e Benchmarking de Sistemas de Recolha de Resíduos Urbanos. Dissertação para a obtenção de Grau de Doutor em Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

TRATOLIXO, EIM (2019). Adaptação das Unidades de Tratamento Mecânico e de Tratamento Biológico da TRATOLIXO à recolha seletiva de biorresíduos - Memória descritiva APA. Cascais. TRATOLIXO, EIM.

WRAP - Waste and Resources Action Programme (2016): Household food waste collection guide. Oxon: WRAP.

ANEXO I – AVALIAÇÃO ECONÓMICA PARA A REALIDADE DE CADA MUNICÍPIO

O modelo desenvolvido para a avaliação económica das soluções de recolha seletiva de biorresíduos em estudo, foi aplicado particularmente à realidade de cada município que constitui a TratoLixo, EIM. Os pressupostos de cálculo e os parâmetros considerados decorrem das informações operacionais e financeiras disponibilizadas no âmbito do presente projeto, pelos órgãos municipais responsáveis pela gestão de resíduos urbanos, e dizem respeito aos serviços de recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem dos equipamentos de deposição.

Os cenários estabelecidos e analisados, para cada solução técnica de recolha, podem ser representados da seguinte forma:

Tabela 24 – Cenários de análise económica

Solução técnica de recolha	Eficiência de recolha seletiva de biorresíduos (% face ao potencial)		
	Cenário I 25%	Cenário II 50%	Cenário III 75%
Cenário A Co-coleção	A.I	A.II	A.III
Cenário B Rec. Seletiva Dedicada	B.I	B.II	B.III

Os resultados são apresentados individualmente para os quatro municípios nas seguintes fichas respetivas.

MUNICÍPIO DE CASCAIS

I. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICA DO MUNICÍPIO

População residente (hab.)	212 094
Dimensão média dos agregados familiares (pessoas/família)	2,5
Estimativa do n.º de famílias residentes	84 838
Área (km ²)	97,4
Densidade populacional (hab/km ²)	2 178

(Fonte dos dados: PORDATA – 2018)

II. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS

Tabela 25 – Dados de produção e composição de resíduos no Município de Cascais

Parâmetro	2017	2018	2019
Resíduos Indiferenciados (t)	89 563	90 321	89 891
Composição da fração orgânica dos resíduos indiferenciados (%)	54%	57%	57%
Resíduos alimentares	48%	51%	51%
Resíduos de jardim	5%	5%	5%
Outros resíduos putrescíveis	1%	1%	1%
Potencial de biorresíduos (t)	45 390	45 775	45 557
Capitação resíduos indiferenciados (kg/hab.ano)	422	426	424

(Fonte dos dados: TratoLixo, EIM)

III. CENÁRIOS E PRESSUPOSTOS DE ANÁLISE

Cenário Zero: Recolha Indiferenciada

O Cenário Zero pretende representar as condições atuais, operacionais e financeiras, dos serviços municipais de recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de equipamentos de deposição. A análise destas informações através do modelo desenvolvido permite obter uma estimativa das despesas do Município com a gestão dos seus resíduos urbanos que servirão de base de comparação para os restantes cenários analisados.

Nas tabelas seguintes apresentam-se os parâmetros utilizados para alimentar o modelo, que constituem essencialmente os dados disponibilizados pela Cascais Ambiente – Empresa Municipal de Ambiente de Cascais.

Sobre a lavagem dos equipamentos importa realçar que a solução técnica implementada pelo Município é diferente das soluções habituais uma vez que a limpeza dos equipamentos é realizada na viatura de recolha através de um sistema de lavagem instalado, pelo que dispensa meios específicos afetos ao serviço.

Tabela 26 – Parâmetros operacionais da recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de contentores no Município de Cascais

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Planeamento</i>		
Periodicidade de recolha (dias/semana)	7	(Fonte: Cascais Ambiente)
Quantidade de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	12	Valor médio dos circuitos implementados (Fonte: Cascais Ambiente)
Distância média do circuito (km percorridos/circuito)	80	(Fonte: Cascais Ambiente)
Circuitos diários de recolha	20	(Fonte: Cascais Ambiente)
<i>Meios mecânicos</i>		
Viaturas de recolha afetas ao serviço	27	Inclui meios necessários para suprimir paragens das viaturas por avaria ou manutenção programada. (Fonte: Cascais Ambiente)
Consumo de combustível (L/km percorrido)	0,669	(Fonte: Cascais Ambiente)
<i>Meios humanos</i>		
Encarregados afetos ao serviço	5	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Cascais Ambiente)
Motoristas afetos ao serviço	29	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Cascais Ambiente)
Cantoneiros afetos ao serviço	85	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Cascais Ambiente)
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Parque de contentores para resíduos indiferenciados	340	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade (Fonte: Cascais Ambiente)
	7 125	Contentores de superfície com capacidades entre os 120L, 240L e 800L (Fonte: Cascais Ambiente)
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Periodicidade de lavagem dos contentores (dias/cont.ano)	12	(Fonte: Cascais Ambiente)
Contentores lavados por circuito (cont./circuito de lavagem)	40	(Fonte: Cascais Ambiente)
Quantidade de água utilizada (L _{água} /circuito de lavagem)	400	(Fonte: Cascais Ambiente)
Quantidade de detergente utilizado (L _{detergente} /circuito de lavagem)	1,5	(Fonte: Cascais Ambiente)

Tabela 27 – Pressupostos financeiros da recolha de resíduos e de lavagem de contentores no Município de Cascais

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Meios mecânicos</i>		
Preço do combustível (€/L)	1,12	(Fonte: Cascais Ambiente)
Custos mensais com seguros (€/mês.viatura)	73,32	(Fonte: Cascais Ambiente)
Custos mensais com manutenção (€/mês.viatura)	2.147,19	(Fonte: Cascais Ambiente)
Valor de aquisição de viatura de recolha (€/viatura)	200.000	(Fonte: Cascais Ambiente)
Tempo de amortização (anos)	5	(Fonte: Cascais Ambiente)
<i>Meios humanos</i>		
Custos mensais, por categoria profissional Encarregado (€/mês.colaborador)	2.190,77	(Fonte: Cascais Ambiente)
Custos mensais, por categoria profissional Motorista de pesados (€/mês.colaborador)	1.563,75	(Fonte: Cascais Ambiente)
Custos mensais, por categoria profissional Cantoneiro (€/mês.colaborador)	1.209,61	(Fonte: Cascais Ambiente)
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Custos anuais com contentores instalados (€/cont.ano)	340	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	32	Contentores de superfície de 800L de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
Custos anuais com contentores novos (€/cont.ano)	623	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: Inclui valor de aquisição (1.700€/cont), amortização a 6 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	85	Contentores de superfície de 800L de capacidade: Inclui valor de aquisição (160€/cont), amortização a 3 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição)
Custo unitário dos contentores castanhos de cozinha (€/cont.)	3,75	Considera o custo de aquisição do contentor, amortizado em 3 anos.
Custo unitários dos sacos verdes (€/saco)	0,03	Inclui o custo de aquisição (0,02€/saco) e os custos associados à distribuição dos sacos ao longo do ano (0,5€/rolo de sacos, sendo que cada rolo tem 50 sacos) (Fonte para os custos de aquisição: TratoLixo, 2020)
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Custo unitário da água (€/m ³ _{água})	0,8	(Fonte: Cascais Ambiente)
Custo unitário do detergente (€/L _{detergente})	5,25	(Fonte: Cascais Ambiente)
Custo unitário da lavagem de contentores (€/cont)	1,89	Estimado tendo em consideração os parâmetros anteriores.

Cenário A: Co-coleção de biorresíduos

Tendo por base as condições operacionais e financeiras apresentadas, foram definidos os pressupostos para os cenários de evolução da eficiência da recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenário A). Em termos operacionais, nos três patamares definidos para a eficiência de recuperação de biorresíduos face ao potencial existente, entendeu-se que não deveriam estar previstas alterações no que aos serviços de recolha e de lavagem de equipamentos propriamente ditos diz respeito. Importa compreender que nestes cenários, as principais rúbricas de custos estão relacionados com os investimentos associados a:

- aquisição dos contentores pequenos para cozinha e dos sacos, e sua distribuição pela população;
- alterações na instalação de tratamento.

pelo que os investimentos necessários serão realizados praticamente na totalidade num só momento temporal e não dependem da maior ou menor adesão da população, exceto no que respeita ao número de sacos a distribuir. Neste sentido, assumiu-se uma evolução crescente dos sacos disponibilizados de acordo com o aumento da eficiência da recolha de biorresíduos, nos seguintes moldes:

Tabela 28 – Previsão da distribuição efetiva de sacos verdes para recolha de biorresíduos, no Município de Cascais

Parâmetro	Cenário A.I	Cenário A.II	Cenário A.III	Observações
Contentores castanhos de cozinha	84 838	84 838	84 838	Estimado de acordo com o n.º de famílias residentes no concelho
Quantidade anual de sacos verdes para biorresíduos (sacos/ano)	22 778 314	22 778 314	22 778 314	Estimado de acordo com a necessidade mensal de sacos definida nos pressupostos da Tabela 4, do relatório
Distribuição efetiva de sacos verdes para biorresíduos	45%	75%	100%	Definido tendo em consideração a eficiência da recolha de biorresíduos em cada cenário

Os parâmetros operacionais e financeiros relativos às alterações no processo de tratamento e que estão considerados nestes cenários analisados são os descritos na Tabela 6 do relatório, aplicáveis a todos os Municípios, independentemente das suas características operacionais.

Cenário B: Recolha seletiva dedicada de biorresíduos

Na definição dos pressupostos operacionais para os cenários de evolução da eficiência da recolha seletiva dedicada de biorresíduos (Cenário B) assumiram-se condições de operação ajustadas à realidade de cada cenário com o intuito de introduzir racionalidade ao modelo assegurando que as situações são desenhadas numa base de qualidade de serviço e da maior sustentabilidade económica. Considera-se, ainda, a necessidade de otimização da recolha indiferenciada que resultará do desvio de biorresíduos desse fluxo para o circuito dedicado. Quer dizer que a evolução da percentagem de resíduos orgânicos desviados dos

resíduos indiferenciados terá impacto direto na periodicidade de recolha necessária para estes últimos, que diminuirá com o aumento da eficiência da recuperação de biorresíduos. Na mesma medida, as características operacionais da solução de recolha seletiva dedicada têm implicações no serviço de lavagem de contentores, não apenas porque existirá um maior número de equipamentos para lavar, mas porque a tipologia dos resíduos depositados requererá periodicidades de limpeza adaptadas. Neste quadro, entende-se que à medida que a eficiência de recolha de biorresíduos aumenta as necessidades de lavagem dos contentores de indiferenciados poderá diminuir.

A tabela seguinte apresenta os principais pressupostos considerados para cada um dos cenários em análise especificamente para a realidade do Município de Cascais:

Tabela 29 – Principais pressupostos operacionais considerados na análise económica dos Cenários B, no Município de Cascais

Pressupostos	Cenário B.I	Cenário B.II	Cenário B.III
<i>Recolha seletiva de biorresíduos</i>			
Quantidade média de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	6	7	9
Periodicidade de recolha (d/semana)	4	6	7
Novos contentores instalados	35% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado	65% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado	100% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado, considerando a reconversão de 10%
Periodicidade de lavagem dos contentores (d/ano)	16	20	22
<i>Recolha indiferenciada</i>			
Periodicidade de recolha (d/semana)	7	6	4
Periodicidade de lavagem dos contentores (d/ano)	12	10	8

IV. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da aplicação do modelo económico desenvolvido, tendo por base os pressupostos operacionais e financeiros explicados anteriormente, estão representados nas figuras e tabelas seguintes.

A Figura 11 mostra os custos unitários da recolha seletiva de biorresíduos, para cada solução técnica nos cenários de eficiência desenhados.

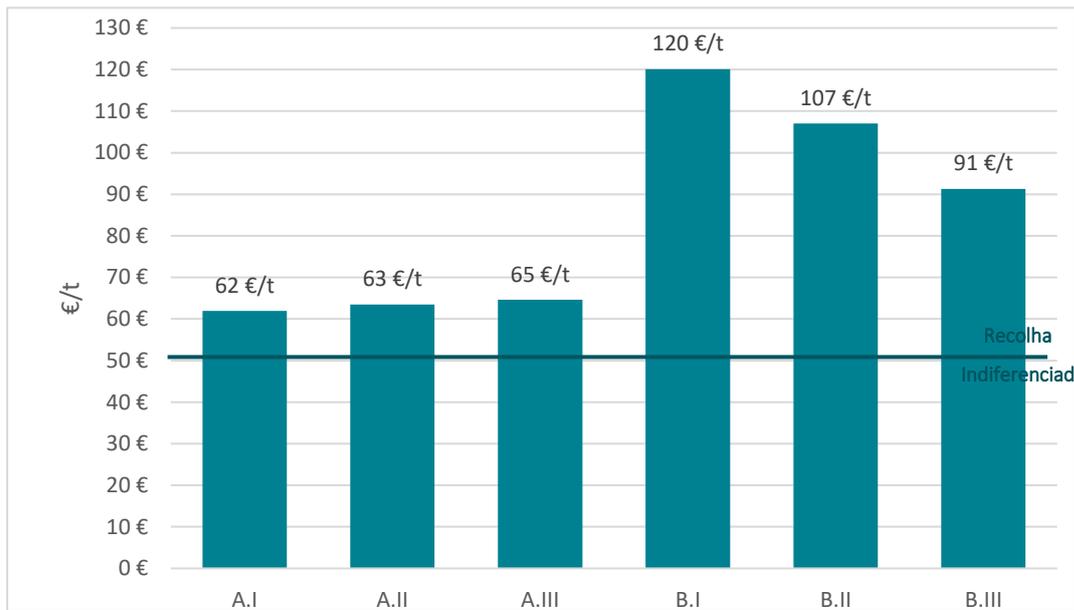


Figura 11 - Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado – Município de Cascais

Na análise dos dados apresentados é importante ter em consideração que o sistema de recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenários A) prevê que a fração orgânica é recolhida em simultâneo com os resíduos indiferenciados, em sacos de cor diferente, seguindo o mesmo fluxo de recolha e transporte, sendo depois separada a jusante na instalação de tratamento. Neste sentido, não é possível dissociar os custos relacionados com a operação de recolha propriamente dita para cada um dos fluxos de resíduos. No que respeita aos valores obtidos para os Cenários B, está representada no gráfico anterior a parcela financeira referente apenas à recolha seletiva dedicada de biorresíduos, não estando por isso considerados os custos associados à recolha indiferenciada. A linha representada no gráfico corresponde ao custo unitário do serviço de recolha indiferenciada estimada com base nos dados operacionais e financeiros disponibilizados pelo Município.

Numa abordagem comparativa dos resultados representados no gráfico anterior é possível perceber que a **recolha seletiva em regime de co-coleção (Cenários A)** representará, em **termos globais, um acréscimo nos custos anuais com a gestão de resíduos urbanos da ordem dos 19% a 24%**, de acordo com a evolução da eficiência da recuperação de biorresíduos. Comparativamente, a implementação de uma solução de **recolha seletiva dedicada (Cenários B)** terá um impacto consideravelmente superior, da ordem dos **29% a**

32%. Estes resultados contemplam a eventual otimização do serviço de recolha indiferenciada decorrente da maior eficiência da recolha de biorresíduos.

No caso da **recolha seletiva em regime de co-coleção**, os sobrecustos estimados estão essencialmente associados aos à operação de recolha propriamente dita, mas também à implementação de alterações ao sistema de tratamento atual que representam cerca de 2% do orçamento anual no sistema analisado. No que respeita à recolha, os novos investimentos decorrentes da implementação do modelo de co-coleção estão relacionados com a aquisição e distribuição de equipamentos de deposição, como sendo os sacos verdes e os contentores de cozinha que serão distribuídos pela população. Estima-se que estes equipamentos constituam em conjunto cerca de 17% do orçamento anual apurado para o sistema implementado nas condições do Cenário A.III – que considera a distribuição do total anual estimado de sacos necessários. É importante ter em consideração que os custos com os contentores de cozinha apenas se verificarão no ano de implementação, estando previsto que nos anos seguintes possam existir situações de substituição ou novas entregas, contudo numa dimensão financeira pouco significativa. Individualmente, o peso financeiro dos sacos no orçamento anual é de 12%.

Em relação ao sistema de **recolha seletiva dedicada de biorresíduos** é possível estabelecer uma comparação direta entre os custos associados à recolha de biorresíduos e os custos da recolha indiferenciada, assim como perceber a influência que a primeira tem na estrutura da segunda, que pode ser otimizada em cada cenário analisado face à dimensão do desvio de biorresíduos para o circuito dedicado. Quer dizer que, em termos globais, o orçamento anual estimado diminui com o aumento dos resíduos orgânicos recolhidos seletivamente. Os custos unitários apurados para cada cenário podem ser representados da seguinte forma:

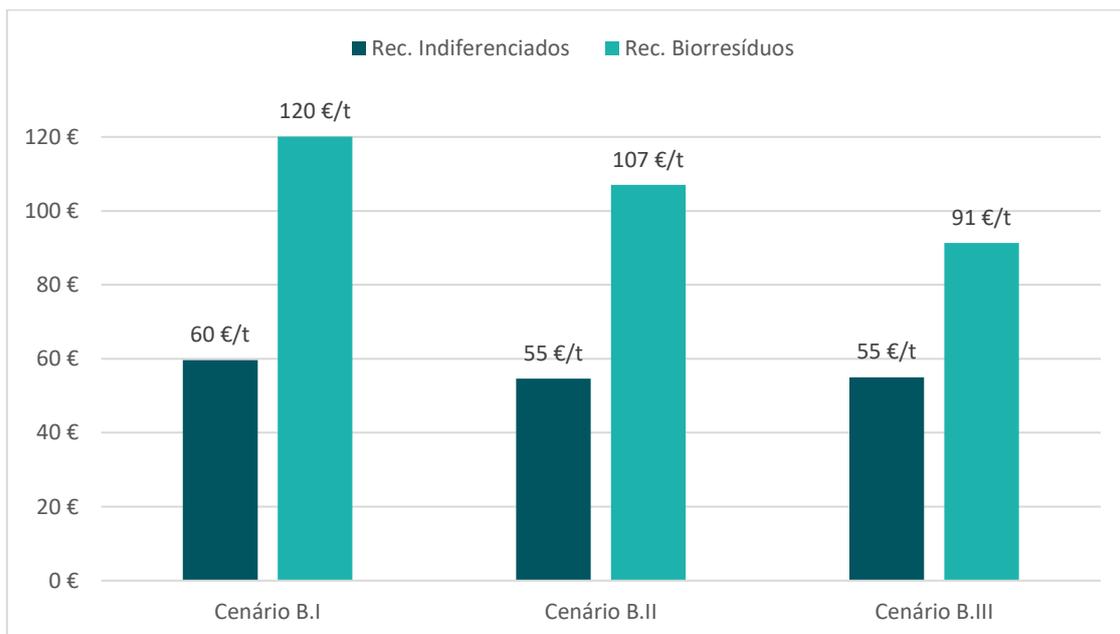


Figura 12 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada - Município de Cascais

A evolução crescente dos custos da recolha de biorresíduos está relacionada com o aumento da necessidade de meios mecânicos e humanos associados aos novos circuitos de recolha dedicada e de lavagem de equipamentos. Verifica-se uma estreita relação entre a eficiência da recolha e o custo unitário da prestação do serviço, querendo isto dizer que, a maturidade do sistema é essencial para o seu sucesso operacional, mas principalmente económico. Por outro lado, não se prevê que o potencial de biorresíduos produzidos no setor doméstico sofra alterações significativas no futuro, mantendo-se perto dos 51%, o que pode representar que os custos unitários estagnarão em certo ponto mesmo que a recolha de biorresíduos seja 100% eficiente face ao potencial.

Analisando este ponto de estabilização sob a perspetiva individual de cada solução técnica, prevê-se que **os custo unitário do sistema de recolha em co-coleção possa fixar-se dentro dos 65 € por tonelada recolhida e a recolha seletiva dedicada represente um valor aproximado de 77 € por tonelada.**

Conclui-se, portanto, que no espaço evolutivo e de consolidação sempre associado à implementação de um novo sistema de recolha, a co-coleção de biorresíduos mostra-se como a solução economicamente mais equilibrada e sustentável. Acresce a versatilidade do sistema, facilmente adaptável às necessidades que possam surgir, e que tornam mais seguro o investimento associado.

MUNICÍPIO DE MAFRA

I. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICA DO MUNICÍPIO

População residente (hab.)	83 649
Dimensão média dos agregados familiares (pessoas/família)	2,6
Estimativa do n.º de famílias residentes	32 173
Área (km ²)	292
Densidade populacional (hab/km ²)	287

(Fonte dos dados: PORDATA – 2018)

II. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS

Tabela 30 – Dados de produção e composição de resíduos no Município de Mafra

Parâmetro	2017	2018	2019
Resíduos Indiferenciados (t)	31 956	33 414	33 476
Composição da fração orgânica dos resíduos indiferenciados (%)	55%	53%	53%
Resíduos alimentares	49%	45%	45%
Resíduos de jardim	4%	6%	6%
Outros resíduos putrescíveis	2%	3%	3%
Potencial de biorresíduos (t)	14 259	14 909	14 937
Capitação resíduos indiferenciados (kg/hab.ano)	382	399	400

(Fonte dos dados: Tratolixo, EIM)

III. CENÁRIOS E PRESSUPOSTOS DE ANÁLISE

Cenário Zero: Recolha Indiferenciada

O Cenário Zero pretende representar as condições atuais, operacionais e financeiras, dos serviços municipais de recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de equipamentos de deposição. A análise destas informações através do modelo desenvolvido permite obter uma estimativa das despesas do Município com a gestão dos seus resíduos urbanos que servirão de base de comparação para os restantes cenários analisados.

Nas tabelas seguintes apresentam-se os parâmetros utilizados para alimentar o modelo, que constituem essencialmente os dados disponibilizados pela Divisão de Ambiente da Câmara Municipal de Mafra.

Importa realçar que os dados na tabela em baixo representam a média dos valores associados a cada circuito de recolha indiferenciada, considerando, no entanto, as diferenças decorrentes das distintas tipologias do território do Concelho de Mafra, caracterizado por zonas urbanas e zonas rurais.

Tabela 31 – Parâmetros operacionais da recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de contentores no Município de Mafra

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Planeamento</i>		
Periodicidade de recolha (dias/semana)	6	Valor médio dos circuitos implementados (Fonte: Município de Mafra)
Quantidade de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	12	Valor médio dos circuitos implementados (Fonte: Município de Mafra)
Distância média do circuito (km percorridos/circuito)	120	Estimado pela equipa de projeto, de acordo com as características territoriais do concelho de Mafra.
Circuitos diários de recolha	9	(Fonte: Município de Mafra)
<i>Meios mecânicos</i>		
Viaturas de recolha afetas ao serviço	13	Inclui meios necessários para suprimir paragens das viaturas por avaria ou manutenção programada. (Fonte: Município de Mafra)
Consumo de combustível (L/km percorrido)	0,61	(Fonte: Município de Mafra)
<i>Meios humanos</i>		
Encarregados afetos ao serviço	1	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Mafra)
Motoristas afetos ao serviço	12	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Mafra)
Cantoneiros afetos ao serviço	25	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Mafra)
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Parque de contentores para resíduos indiferenciados	256	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade (Fonte: Município de Mafra)
	4 078	Contentores de superfície de 800L de capacidade (Fonte: Município de Mafra)
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Periodicidade de lavagem dos contentores (dias/cont.ano)	12	(Fonte: Município de Mafra)
Contentores lavados por circuito (cont./circuito de lavagem)	130	Valor médio dos circuitos implementados (Fonte: Município de Mafra)
Quantidade de água utilizada (L _{água} /circuito de lavagem)	3 000	(Fonte: Dados de fornecedor de equipamentos de lavagem)
Quantidade de detergente utilizado (L _{detergente} /circuito de lavagem)	3	Consumo médio de detergente diluído

Tabela 32 – Pressupostos financeiros da recolha de resíduos e de lavagem de contentores no Município de Mafra

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Meios mecânicos</i>		
Preço do combustível (€/L)	1,12	Estimativa tendo em consideração o desconto de 9% aplicado ao preço de tabela diário (Fonte: Município de Mafra)
Custos mensais com seguros (€/mês.viatura)	75	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custos mensais com manutenção (€/mês.viatura)	2 150	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Valor de aquisição de viatura de recolha (€/viatura)	170 000	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Tempo de amortização (anos)	5	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
<i>Meios humanos</i>		
Custos mensais, por categoria profissional Encarregado (€/mês.colaborador)	2 382	(Fonte: Município de Mafra)
Custos mensais, por categoria profissional Motorista de pesados (€/mês.colaborador)	1 949	(Fonte: Município de Mafra)
Custos mensais, por categoria profissional Cantoneiro (€/mês.colaborador)	1 733	(Fonte: Município de Mafra)
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Custos anuais com contentores instalados (€/cont.ano)	340	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	32	Contentores de superfície de 800L de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
Custos anuais com contentores novos (€/cont.ano)	623	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: Inclui valor de aquisição (1.700€/cont), amortização a 6 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	85	Contentores de superfície de 800L de capacidade: Inclui valor de aquisição (160€/cont), amortização a 3 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição)
Custo unitário dos contentores castanhos de cozinha (€/cont.)	3,75	Considera o custo de aquisição do contentor, amortizado em 3 anos.
Custo unitários dos sacos verdes (€/saco)	0,03	Inclui o custo de aquisição (0,02€/saco) e os custos associados à distribuição dos sacos ao longo do ano (0,5€/rolo de sacos, sendo que cada rolo tem 50 sacos) (Fonte para os custos de aquisição: TratoLixo, 2020)
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Custo unitário da água (€/m ³ _{água})	0,8	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custo unitário do detergente (€/L _{detergente})	6	(Fonte: Município de Mafra)
Custo unitário da lavagem de contentores (€/cont)	2,73	Estimado tendo em consideração os parâmetros anteriores.

Cenário A: Co-coleção de biorresíduos

Tendo por base as condições operacionais e financeiras apresentadas, foram definidos os pressupostos para os cenários de evolução da eficiência da recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenário A). Em termos operacionais, nos três patamares definidos para a eficiência de recuperação de biorresíduos face ao potencial existente, entendeu-se que não deveriam estar previstas alterações no que aos serviços de recolha e de lavagem de equipamentos propriamente ditos diz respeito. Importa compreender que nestes cenários, as principais rúbricas de custos estão relacionados com os investimentos associados a:

- aquisição dos contentores pequenos para cozinha e dos sacos, e sua distribuição pela população;
- alterações na instalação de tratamento.

pelo que os investimentos necessários serão realizados praticamente na totalidade num só momento temporal e não dependem da maior ou menor adesão da população, exceto no que respeita ao número de sacos a distribuir. Neste sentido, assumiu-se uma evolução crescente dos sacos disponibilizados de acordo com o aumento da eficiência da recolha de biorresíduos, nos seguintes moldes:

Tabela 33 – Previsão da distribuição efetiva de sacos verdes para recolha de biorresíduos, no Município de Mafra

Parâmetro	Cenário A.I	Cenário A.II	Cenário A.III	Observações
Contentores castanhos de cozinha	32 173	32 173	32 173	Estimado de acordo com o n.º de famílias residentes no concelho
Quantidade anual de sacos verdes para biorresíduos (sacos/ano)	7 468 482	7 468 482	7 468 482	Estimado de acordo com a necessidade mensal de sacos definida nos pressupostos da Tabela 4, do relatório
Distribuição efetiva de sacos verdes para biorresíduos	45%	75%	100%	Definido tendo em consideração a eficiência da recolha de biorresíduos em cada cenário

Os parâmetros operacionais e financeiros relativos às alterações no processo de tratamento e que estão considerados nestes cenários analisados são os descritos na Tabela 6 do relatório, aplicáveis a todos os Municípios, independentemente das suas características operacionais.

Cenário B: Recolha seletiva dedicada de biorresíduos

Na definição dos pressupostos operacionais para os cenários de evolução da eficiência da recolha seletiva dedicada de biorresíduos (Cenário B) assumiram-se condições de operação ajustadas à realidade de cada cenário com o intuito de introduzir racionalidade ao modelo assegurando que as situações são desenhadas numa base de qualidade de serviço e da maior sustentabilidade económica. Considera-se, ainda, a necessidade de otimização da recolha indiferenciada que resultará do desvio de biorresíduos desse fluxo para o circuito dedicado. Quer dizer que a evolução da percentagem de resíduos orgânicos desviados dos

resíduos indiferenciados terá impacto direto na periodicidade de recolha necessária para estes últimos, que diminuirá com o aumento da eficiência da recuperação de biorresíduos. Na mesma medida, as características operacionais da solução de recolha seletiva dedicada têm implicações no serviço de lavagem de contentores, não apenas porque existirá um maior número de equipamentos para lavar, mas porque a tipologia dos resíduos depositados requererá periodicidades de limpeza adaptadas. Neste quadro, entende-se que à medida que a eficiência de recolha de biorresíduos aumenta as necessidades de lavagem dos contentores de indiferenciados poderá diminuir.

A tabela seguinte apresenta os principais pressupostos considerados para cada um dos cenários em análise especificamente para a realidade do Município de Mafra:

Tabela 34 – Principais pressupostos operacionais considerados na análise económica dos Cenários B, no Município de Mafra

Pressupostos	Cenário B.I	Cenário B.II	Cenário B.III
<i>Recolha seletiva de biorresíduos</i>			
Quantidade média de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	6	6	8
Periodicidade de recolha (d/semana)	4	4	5
Novos contentores instalados	35% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado	65% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado	100% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado, considerando a reconversão de 10%
Periodicidade de lavagem dos contentores (d/ano)	16	20	22
<i>Recolha indiferenciada</i>			
Periodicidade de recolha (d/semana)	6	5	3
Periodicidade de lavagem dos contentores (d/ano)	12	10	8

IV. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da aplicação do modelo económico desenvolvido, tendo por base os pressupostos operacionais e financeiros explicados anteriormente, estão representados nas figuras e tabelas seguintes.

A Figura 11 mostra os custos unitários da recolha seletiva de biorresíduos, para cada solução técnica nos cenários de eficiência desenhados.

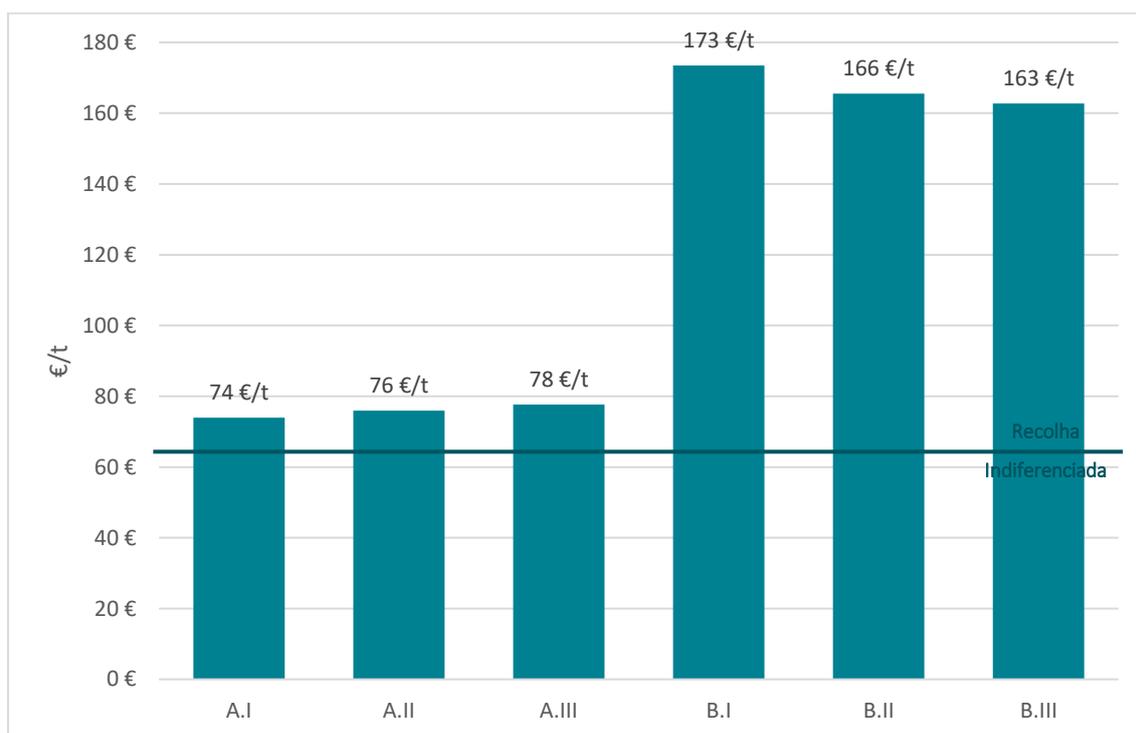


Figura 13 - Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado – Município de Mafra

Na análise dos dados apresentados é importante ter em consideração que o sistema de recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenários A) prevê que a fração orgânica é recolhida em simultâneo com os resíduos indiferenciados, em sacos de cor diferente, seguindo o mesmo fluxo de recolha e transporte, sendo depois separada a jusante na instalação de tratamento. Neste sentido, não é possível dissociar os custos relacionados com a operação de recolha propriamente dita para cada um dos fluxos de resíduos. No que respeita aos valores obtidos para os Cenários B, está representada no gráfico anterior a parcela financeira referente apenas à recolha seletiva dedicada de biorresíduos, não estando por isso considerados os custos associados à recolha indiferenciada. A linha representada no gráfico corresponde ao custo unitário do serviço de recolha indiferenciada estimada com base nos dados operacionais e financeiros disponibilizados pelo Município.

Numa abordagem comparativa dos resultados representados no gráfico anterior é possível perceber que a **recolha seletiva em regime de co-coleção (Cenários A)** representará, em **termos globais, um acréscimo nos custos anuais com a gestão de resíduos urbanos da ordem dos 12% a 18%**, de acordo com a evolução

da eficiência da recuperação de biorresíduos. Comparativamente, a implementação de uma solução de **recolha seletiva dedicada (Cenários B)** terá um impacto consideravelmente superior, da ordem dos **15% a 71%**. Estes resultados contemplam a eventual otimização do serviço de recolha indiferenciada decorrente da maior eficiência da recolha de biorresíduos.

No caso da **recolha seletiva em regime de co-coleção**, os sobrecustos estimados estão essencialmente associados aos à operação de recolha propriamente dita, mas também à implementação de alterações ao sistema de tratamento atual que representam cerca de 2% do orçamento anual no sistema analisado. No que respeita à recolha, os novos investimentos decorrentes da implementação do modelo de co-coleção estão relacionados com a aquisição e distribuição de equipamentos de deposição, como sendo os sacos verdes e os contentores de cozinha que serão distribuídos pela população. Estima-se que estes equipamentos constituam em conjunto cerca de 13% do orçamento anual apurado para o sistema implementado nas condições do Cenário A.III – que considera a distribuição do total anual estimado de sacos necessários. É importante ter em consideração que os custos com os contentores de cozinha apenas se verificarão no ano de implementação, estando previsto que nos anos seguintes possam existir situações de substituição ou novas entregas, contudo numa dimensão financeira pouco significativa. Individualmente, o peso financeiro dos sacos no orçamento anual é de 9%.

Em relação ao sistema de **recolha seletiva dedicada de biorresíduos** é possível estabelecer uma comparação direta entre os custos associados à recolha de biorresíduos e os custos da recolha indiferenciada, assim como perceber a influência que a primeira tem na estrutura da segunda, que pode ser otimizada em cada cenário analisado face à dimensão do desvio de biorresíduos para o circuito dedicado. Quer dizer que, em termos globais, o orçamento anual estimado diminui com o aumento dos resíduos orgânicos recolhidos seletivamente. Os custos unitários apurados para cada cenário podem ser representados da seguinte forma:

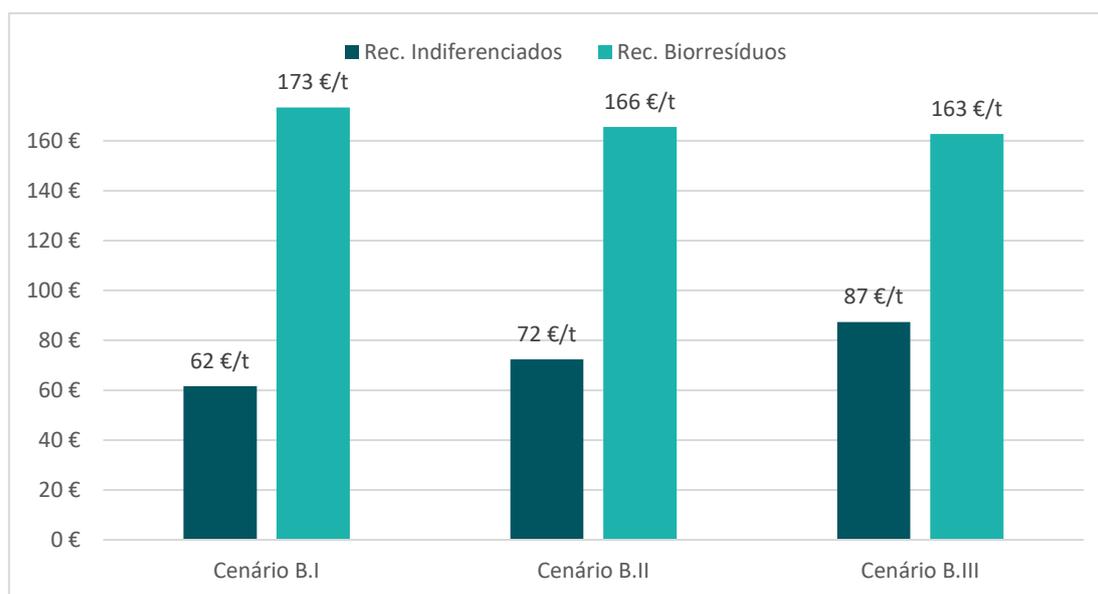


Figura 14 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada - Município de Mafra

A evolução crescente dos custos da recolha de biorresíduos está relacionada com o aumento da necessidade de meios mecânicos e humanos associados aos novos circuitos de recolha dedicada e de lavagem de equipamentos. Verifica-se uma estreita relação entre a eficiência da recolha e o custo unitário da prestação do serviço, querendo isto dizer que, a maturidade do sistema é essencial para o seu sucesso operacional, mas principalmente económico. Por outro lado, não se prevê que o potencial de biorresíduos produzidos no setor doméstico sofra alterações significativas no futuro, mantendo-se perto dos 50%, o que pode representar que os custos unitários estagnarão em certo ponto mesmo que a recolha de biorresíduos seja 100% eficiente face ao potencial.

Analisando este ponto de estabilização sob a perspetiva individual de cada solução técnica, prevê-se que **os custo unitário do sistema de recolha em co-coleção possa fixar-se dentro dos 78 € por tonelada recolhida e a recolha seletiva dedicada represente um valor aproximado de 122 € por tonelada.**

Conclui-se, portanto, que no espaço evolutivo e de consolidação sempre associado à implementação de um novo sistema de recolha, a co-coleção de biorresíduos mostra-se como a solução economicamente mais equilibrada e sustentável. Acresce a versatilidade do sistema, facilmente adaptável às necessidades que possam surgir, e que tornam mais seguro o investimento associado.

MUNICÍPIO DE OEIRAS

I. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICA DO MUNICÍPIO

População residente (hab.)	175 721
Dimensão média dos agregados familiares (pessoas/família)	2,4
Estimativa do n.º de famílias residentes	73 217
Área (km ²)	45,9
Densidade populacional (hab/km ²)	3 830

(Fonte dos dados: PORDATA – 2018)

II. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS

Tabela 35 – Dados de produção e composição de resíduos no Município de Oeiras

Parâmetro	2017	2018	2019
Resíduos Indiferenciados (t)	58 017	59 639	59 790
Composição da fração orgânica dos resíduos indiferenciados (%)	56%	55%	55%
Resíduos alimentares	50%	51%	51%
Resíduos de jardim	6%	3%	3%
Outros resíduos putrescíveis	1%	1%	1%
Potencial de biorresíduos (t)	29 600	30 428	30 505
Capitação resíduos indiferenciados (kg/hab.ano)	330	339	340

(Fonte dos dados: Tratolixo, EIM)

III. CENÁRIOS E PRESSUPOSTOS DE ANÁLISE

Cenário Zero: Recolha Indiferenciada

O Cenário Zero pretende representar as condições atuais, operacionais e financeiras, dos serviços municipais de recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de equipamentos de deposição. A análise destas informações através do modelo desenvolvido permite obter uma estimativa das despesas do Município com a gestão dos seus resíduos urbanos que servirão de base de comparação para os restantes cenários analisados.

Nas tabelas seguintes apresentam-se os parâmetros utilizados para alimentar o modelo, que constituem essencialmente os dados disponibilizados pela Divisão de Gestão de Resíduos Urbanos da Câmara Municipal de Oeiras.

Tabela 36 – Parâmetros operacionais da recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de contentores no Município de Oeiras

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Planeamento</i>		
Periodicidade de recolha (dias/semana)	6	(Fonte: Município de Oeiras)
Quantidade de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	10	(Fonte: Município de Oeiras)
Distância média do circuito (km percorridos/circuito)	64	(Fonte: Município de Oeiras)
Circuitos diários de recolha	20	(Fonte: Município de Oeiras)
<i>Meios mecânicos</i>		
Viaturas de recolha afetas ao serviço	25	Inclui meios necessários para suprimir paragens das viaturas por avaria ou manutenção programada. (Fonte: Município de Oeiras)
Consumo de combustível (L/km percorrido)	0,81	(Fonte: Município de Oeiras)
<i>Meios humanos</i>		
Encarregados afetos ao serviço	2	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Oeiras)
Motoristas afetos ao serviço	25	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Oeiras)
Cantoneiros afetos ao serviço	50	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Oeiras)
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Parque de contentores para resíduos indiferenciados	477	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade (Fonte: Município de Oeiras)
	7 536	Contentores de superfície com capacidades entre os 120L, 240L e 800L (Fonte: Município de Oeiras)
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Periodicidade de lavagem dos contentores (dias/cont.ano)	12	(Fonte: Município de Oeiras)
Contentores lavados por circuito (cont./circuito de lavagem)	130	(Fonte: Dados de fornecedor de equipamentos de lavagem)
Quantidade de água utilizada (L _{água} /circuito de lavagem)	3 000	(Fonte: Dados de fornecedor de equipamentos de lavagem)
Quantidade de detergente utilizado (L _{detergente} /circuito de lavagem)	3	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios

Tabela 37 – Pressupostos financeiros da recolha de resíduos e de lavagem de contentores no Município de Oeiras

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Meios mecânicos</i>		
Preço do combustível (€/L)	1,21	(Fonte: Município de Oeiras)
Custos mensais com seguros (€/mês.viatura)	158	(Fonte: Município de Oeiras)
Custos mensais com manutenção (€/mês.viatura)	1 970	(Fonte: Município de Oeiras)
Valor de aquisição de viatura de recolha (€/viatura)	170 000	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Tempo de amortização (anos)	5	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
<i>Meios humanos</i>		
Custos mensais, por categoria profissional Encarregado (€/mês.colaborador)	1 877	(Fonte: Município de Oeiras)
Custos mensais, por categoria profissional Motorista de pesados (€/mês.colaborador)	1 352	(Fonte: Município de Oeiras)
Custos mensais, por categoria profissional Cantoneiro (€/mês.colaborador)	1 352	(Fonte: Município de Oeiras)
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Custos anuais com contentores instalados (€/cont.ano)	340	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	32	Contentores de superfície de 800L de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
Custos anuais com contentores novos (€/cont.ano)	623	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: Inclui valor de aquisição (1.700€/cont), amortização a 6 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	85	Contentores de superfície de 800L de capacidade: Inclui valor de aquisição (160€/cont), amortização a 3 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição)
Custo unitário dos contentores castanhos de cozinha (€/cont.)	3,75	Considera o custo de aquisição do contentor, amortizado em 3 anos.
Custo unitários dos sacos verdes (€/saco)	0,03	Inclui o custo de aquisição (0,02€/saco) e os custos associados à distribuição dos sacos ao longo do ano (0,5€/rolo de sacos, sendo que cada rolo tem 50 sacos) (Fonte para os custos de aquisição: TratoLixo, 2020)
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Custo unitário da água (€/m ³ _{água})	0,8	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custo unitário do detergente (€/L _{detergente})	6	Definido de acordo com os dados disponibilizados pelos Municípios.
Custo unitário da lavagem de contentores (€/cont)	2,45	Estimado tendo em consideração os parâmetros anteriores.

Cenário A: Co-coleção de biorresíduos

Tendo por base as condições operacionais e financeiras apresentadas, foram definidos os pressupostos para os cenários de evolução da eficiência da recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenário A). Em termos operacionais, nos três patamares definidos para a eficiência de recuperação de biorresíduos face ao potencial existente, entendeu-se que não deveriam estar previstas alterações no que aos serviços de recolha e de lavagem de equipamentos propriamente ditos diz respeito. Importa compreender que nestes cenários, as principais rúbricas de custos estão relacionados com os investimentos associados a:

- aquisição dos contentores pequenos para cozinha e dos sacos, e sua distribuição pela população;
- alterações na instalação de tratamento.

pelo que os investimentos necessários serão realizados praticamente na totalidade num só momento temporal e não dependem da maior ou menor adesão da população, exceto no que respeita ao número de sacos a distribuir. Neste sentido, assumiu-se uma evolução crescente dos sacos disponibilizados de acordo com o aumento da eficiência da recolha de biorresíduos, nos seguintes moldes:

Tabela 38 – Previsão da distribuição efetiva de sacos verdes para recolha de biorresíduos, no Município de Oeiras

Parâmetro	Cenário A.I	Cenário A.II	Cenário A.III	Observações
Contentores castanhos de cozinha	73 217	73 217	73 217	Estimado de acordo com o n.º de famílias residentes no concelho
Quantidade anual de sacos verdes para biorresíduos (sacos/ano)	15 252 526	15 252 526	15 252 526	Estimado de acordo com a necessidade mensal de sacos definida nos pressupostos da Tabela 4, do relatório
Distribuição efetiva de sacos verdes para biorresíduos	45%	75%	100%	Definido tendo em consideração a eficiência da recolha de biorresíduos em cada cenário

Os parâmetros operacionais e financeiros relativos às alterações no processo de tratamento e que estão considerados nestes cenários analisados são os descritos na Tabela 6 do relatório, aplicáveis a todos os Municípios, independentemente das suas características operacionais.

Cenário B: Recolha seletiva dedicada de biorresíduos

Na definição dos pressupostos operacionais para os cenários de evolução da eficiência da recolha seletiva dedicada de biorresíduos (Cenário B) assumiram-se condições de operação ajustadas à realidade de cada cenário com o intuito de introduzir racionalidade ao modelo assegurando que as situações são desenhadas numa base de qualidade de serviço e da maior sustentabilidade económica. Considera-se, ainda, a necessidade de otimização da recolha indiferenciada que resultará do desvio de biorresíduos desse fluxo para o circuito dedicado. Quer dizer que a evolução da percentagem de resíduos orgânicos desviados dos

resíduos indiferenciados terá impacto direto na periodicidade de recolha necessária para estes últimos, que diminuirá com o aumento da eficiência da recuperação de biorresíduos. Na mesma medida, as características operacionais da solução de recolha seletiva dedicada têm implicações no serviço de lavagem de contentores, não apenas porque existirá um maior número de equipamentos para lavar, mas porque a tipologia dos resíduos depositados requererá periodicidades de limpeza adaptadas. Neste quadro, entende-se que à medida que a eficiência de recolha de biorresíduos aumenta as necessidades de lavagem dos contentores de indiferenciados poderá diminuir.

A tabela seguinte apresenta os principais pressupostos considerados para cada um dos cenários em análise especificamente para a realidade do Município de Oeiras:

Tabela 39 – Principais pressupostos operacionais considerados na análise económica dos Cenários B, no Município de Oeiras

Pressupostos	Cenário B.I	Cenário B.II	Cenário B.III
<i>Recolha seletiva de biorresíduos</i>			
Quantidade média de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	6	7	8
Periodicidade de recolha (d/semana)	4	5	6
Novos contentores instalados	35% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado	65% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado	100% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado, considerando a reconversão de 10%
Periodicidade de lavagem dos contentores (d/ano)	16	20	22
<i>Recolha indiferenciada</i>			
Periodicidade de recolha (d/semana)	6	5	3
Periodicidade de lavagem dos contentores (d/ano)	12	10	8

IV. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da aplicação do modelo económico desenvolvido, tendo por base os pressupostos operacionais e financeiros explicados anteriormente, estão representados nas figuras e tabelas seguintes.

A Figura 11 mostra os custos unitários da recolha seletiva de biorresíduos, para cada solução técnica nos cenários de eficiência desenhados.



Figura 15 - Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado – Município de Oeiras

Na análise dos dados apresentados é importante ter em consideração que o sistema de recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenários A) prevê que a fração orgânica é recolhida em simultâneo com os resíduos indiferenciados, em sacos de cor diferente, seguindo o mesmo fluxo de recolha e transporte, sendo depois separada a jusante na instalação de tratamento. Neste sentido, não é possível dissociar os custos relacionados com a operação de recolha propriamente dita para cada um dos fluxos de resíduos. No que respeita aos valores obtidos para os Cenários B, está representada no gráfico anterior a parcela financeira referente apenas à recolha seletiva dedicada de biorresíduos, não estando por isso considerados os custos associados à recolha indiferenciada. A linha representada no gráfico corresponde ao custo unitário do serviço de recolha indiferenciada estimada com base nos dados operacionais e financeiros disponibilizados pelo Município.

Numa abordagem comparativa dos resultados representados no gráfico anterior é possível perceber que a **recolha seletiva em regime de co-coleção (Cenários A)** representará, em **termos globais, um acréscimo nos custos anuais com a gestão de resíduos urbanos da ordem dos 15% a 22%**, de acordo com a evolução da eficiência da recuperação de biorresíduos. Comparativamente, a implementação de uma solução de **recolha seletiva dedicada (Cenários B)** terá um **impacto consideravelmente superior, da ordem dos 20% a**

45%. Estes resultados contemplam a eventual otimização do serviço de recolha indiferenciada decorrente da maior eficiência da recolha de biorresíduos.

No caso da **recolha seletiva em regime de co-coleção**, os sobrecustos estimados estão essencialmente associados aos à operação de recolha propriamente dita, mas também à implementação de alterações ao sistema de tratamento atual que representam cerca de 2% do orçamento anual no sistema analisado. No que respeita à recolha, os novos investimentos decorrentes da implementação do modelo de co-coleção estão relacionados com a aquisição e distribuição de equipamentos de deposição, como sendo os sacos verdes e os contentores de cozinha que serão distribuídos pela população. Estima-se que estes equipamentos constituam em conjunto cerca de 16% do orçamento anual apurado para o sistema implementado nas condições do Cenário A.III – que considera a distribuição do total anual estimado de sacos necessários. É importante ter em consideração que os custos com os contentores de cozinha apenas se verificarão no ano de implementação, estando previsto que nos anos seguintes possam existir situações de substituição ou novas entregas, contudo numa dimensão financeira pouco significativa. Individualmente, o peso financeiro dos sacos no orçamento anual é de 10%.

Em relação ao sistema de **recolha seletiva dedicada de biorresíduos** é possível estabelecer uma comparação direta entre os custos associados à recolha de biorresíduos e os custos da recolha indiferenciada, assim como perceber a influência que a primeira tem na estrutura da segunda, que pode ser otimizada em cada cenário analisado face à dimensão do desvio de biorresíduos para o circuito dedicado. Quer dizer que, em termos globais, o orçamento anual estimado diminui com o aumento dos resíduos orgânicos recolhidos seletivamente. Os custos unitários apurados para cada cenário podem ser representados da seguinte forma:

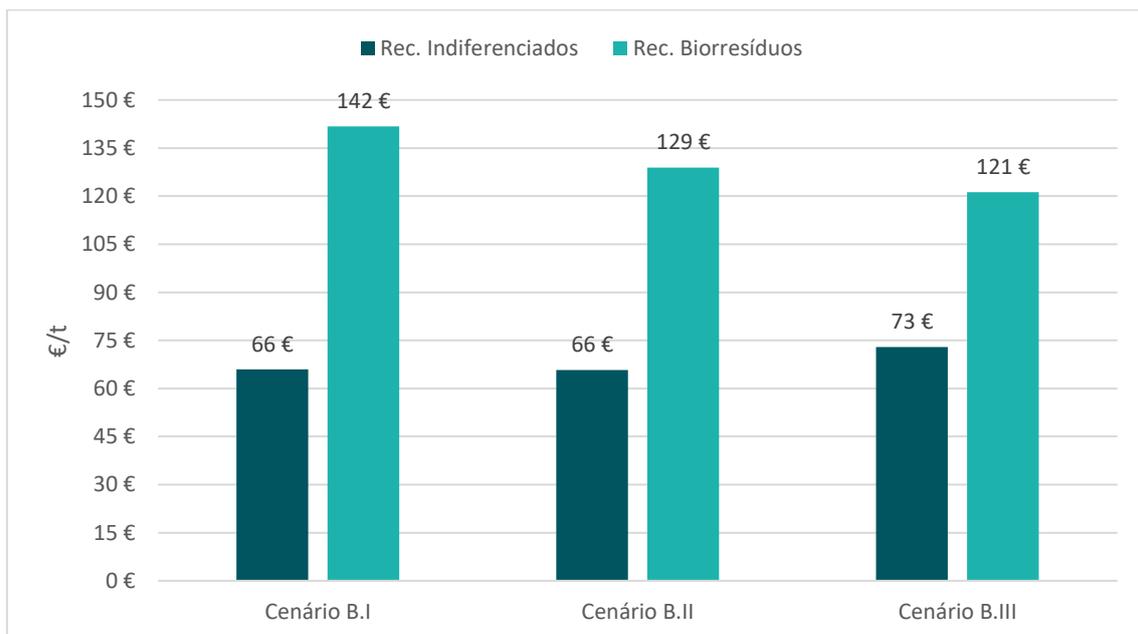


Figura 16 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada - Município de Oeiras

A evolução crescente dos custos da recolha de biorresíduos está relacionada com o aumento da necessidade de meios mecânicos e humanos associados aos novos circuitos de recolha dedicada e de lavagem de equipamentos. Verifica-se uma estreita relação entre a eficiência da recolha e o custo unitário da prestação do serviço, querendo isto dizer que, a maturidade do sistema é essencial para o seu sucesso operacional, mas principalmente económico. Por outro lado, não se prevê que o potencial de biorresíduos produzidos no setor doméstico sofra alterações significativas no futuro, mantendo-se perto dos 51%, o que pode representar que os custos unitários estagnarão em certo ponto mesmo que a recolha de biorresíduos seja 100% eficiente face ao potencial.

Analisando este ponto de estabilização sob a perspetiva individual de cada solução técnica, prevê-se que **os custo unitário do sistema de recolha em co-coleção possa fixar-se dentro dos 77 € por tonelada recolhida e a recolha seletiva dedicada represente um valor aproximado de 100 € por tonelada.**

Conclui-se, portanto, que no espaço evolutivo e de consolidação sempre associado à implementação de um novo sistema de recolha, a co-coleção de biorresíduos mostra-se como a solução economicamente mais equilibrada e sustentável. Acresce a versatilidade do sistema, facilmente adaptável às necessidades que possam surgir, e que tornam mais seguro o investimento associado.

MUNICÍPIO DE SINTRA

I. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICA DO MUNICÍPIO

População residente (hab.)	387 236
Dimensão média dos agregados familiares (pessoas/família)	2,6
Estimativa do n.º de famílias residentes	148 937
Área (km ²)	319,2
Densidade populacional (hab/km ²)	1 213

(Fonte dos dados: PORDATA – 2018)

II. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS

Tabela 40 – Dados de produção e composição de resíduos no Município de Sintra

Parâmetro	2017	2018	2019
Resíduos Indiferenciados (t)	126 030	132 204	134 456
Composição da fração orgânica dos resíduos indiferenciados (%)	54%	55%	55%
Resíduos alimentares	49%	47%	47%
Resíduos de jardim	5%	6%	6%
Outros resíduos putrescíveis	1%	3%	3%
Potencial de biorresíduos (t)	59 158	62 056	63 114
Capitação resíduos indiferenciados (kg/hab.ano)	325	341	347

(Fonte dos dados: Tratolixo, EIM)

III. CENÁRIOS E PRESSUPOSTOS DE ANÁLISE

Cenário Zero: Recolha Indiferenciada

O Cenário Zero pretende representar as condições atuais, operacionais e financeiras, dos serviços municipais de recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de equipamentos de deposição. A análise destas informações através do modelo desenvolvido permite obter uma estimativa das despesas do Município com a gestão dos seus resíduos urbanos que servirão de base de comparação para os restantes cenários analisados.

Nas tabelas seguintes apresentam-se os parâmetros utilizados para alimentar o modelo, que constituem essencialmente os dados disponibilizados pela Divisão de Resíduos Sólidos dos Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento de Sintra.

Importa realçar que os dados na tabela em baixo representam a média dos valores associados a cada circuito de recolha indiferenciada, considerando, no entanto, as diferenças decorrentes das distintas tipologias do território do Concelho de Sintra, caracterizado por zonas urbanas e zonas rurais.

Tabela 41 – Parâmetros operacionais da recolha de resíduos indiferenciados e de lavagem de contentores no Município de Sintra

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Planeamento</i>		
Periodicidade de recolha (dias/semana)	6	Valor médio dos circuitos implementados (Fonte: Município de Sintra)
Quantidade de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	12	Valor médio dos circuitos implementados (Fonte: Município de Sintra)
Distância média do circuito (km percorridos/circuito)	90	Estimado pela equipa de projeto, de acordo com as características territoriais do concelho de Sintra.
Circuitos diários de recolha	32	(Fonte: Município de Sintra)
<i>Meios mecânicos</i>		
Viaturas de recolha afetas ao serviço	24	Inclui meios necessários para suprimir paragens das viaturas por avaria ou manutenção programada. (Fonte: Município de Sintra)
Consumo de combustível (L/km percorrido)	0,625	(Fonte: Município de Sintra)
<i>Meios humanos</i>		
Encarregados afetos ao serviço	7	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Sintra)
Motoristas afetos ao serviço	45	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Sintra)
Cantoneiros afetos ao serviço	69	Inclui meios necessários para assegurar folgas e férias. (Fonte: Município de Sintra)
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Parque de contentores para resíduos indiferenciados	164	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade (Fonte: Município de Sintra)
	7 678	Contentores de superfície, carga traseira e carga lateral, com capacidades 1 100L (Fonte: Município de Sintra)
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Periodicidade de lavagem dos contentores (dias/cont.ano)	12	(Fonte: Município de Sintra)
Contentores lavados por circuito (cont./circuito de lavagem)	60	Valor médio dos circuitos implementados (Fonte: Município de Sintra)
Quantidade de água utilizada (L _{água} /circuito de lavagem)	3 000	(Fonte: Município de Sintra)
Quantidade de detergente utilizado (L _{detergente} /circuito de lavagem)	3	(Fonte: Município de Sintra)

Tabela 42 – Pressupostos financeiros da recolha de resíduos e de lavagem de contentores no Município de Sintra

Parâmetro	Valor	Observações
<i>Meios mecânicos</i>		
Preço do combustível (€/L)	1,43	(Fonte: Município de Sintra)
Valor de aluguer de viatura de recolha (€/viatura.mês)	10 500	Valor médio de acordo com os dados do Município. Inclui custos com seguros, manutenção e viatura de substituição. (Fonte: Município de Sintra).
<i>Meios humanos</i>		
Custos mensais, por categoria profissional Encarregado (€/mês.colaborador)	1 850	(Fonte: Município de Sintra)
Custos mensais, por categoria profissional Motorista de pesados (€/mês.colaborador)	1 400	(Fonte: Município de Sintra)
Custos mensais, por categoria profissional Cantoneiro (€/mês.colaborador)	1 350	(Fonte: Município de Sintra)
<i>Equipamentos de deposição</i>		
Custos anuais com contentores instalados (€/cont.ano)	340	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	40	Contentores de superfície, carga traseira e carga lateral, de 1 100L de capacidade: considera-se que os contentores existentes já foram amortizados, pelo que inclui gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
Custos anuais com contentores novos (€/cont.ano)	623	Contentores enterrados de 3 m ³ de capacidade: Inclui valor de aquisição (1.700€/cont), amortização a 6 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição).
	107	Contentores de superfície, carga traseira e carga lateral, de 1 100L de capacidade: Inclui valor de aquisição (média de 200€/cont), amortização a 3 anos e gastos com manutenção e substituição de peças (20% do preço de aquisição)
Custo unitário dos contentores castanhos de cozinha (€/cont.)	3,75	Considera o custo de aquisição do contentor, amortizado em 3 anos.
Custo unitários dos sacos verdes (€/saco)	0,03	Inclui o custo de aquisição (0,02€/saco) e os custos associados à distribuição dos sacos ao longo do ano (0,5€/rolo de sacos, sendo que cada rolo tem 50 sacos) (Fonte para os custos de aquisição: TratoLixo, 2020)
<i>Lavagem de equipamentos</i>		
Custo unitário da água (€/m ³ _{água})	0	Utilizada "ECOÁGUA" - resultante do tratamento nas ETARs. (Fonte: Município de Sintra)
Custo unitário do detergente (€/L _{detergente})	6,15	(Fonte: Município de Sintra)
Custo unitário da lavagem de contentores (€/cont)	3,08	Estimado tendo em consideração os parâmetros anteriores.

Cenário A: Co-coleção de biorresíduos

Tendo por base as condições operacionais e financeiras apresentadas, foram definidos os pressupostos para os cenários de evolução da eficiência da recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenário A). Em termos operacionais, nos três patamares definidos para a eficiência de recuperação de biorresíduos face ao potencial existente, entendeu-se que não deveriam estar previstas alterações no que aos serviços de recolha e de lavagem de equipamentos propriamente ditos diz respeito. Importa compreender que nestes cenários, as principais rúbricas de custos estão relacionados com os investimentos associados a:

- aquisição dos contentores pequenos para cozinha e dos sacos, e sua distribuição pela população;
- alterações na instalação de tratamento.

pelo que os investimentos necessários serão realizados praticamente na totalidade num só momento temporal e não dependem da maior ou menor adesão da população, exceto no que respeita ao número de sacos a distribuir. Neste sentido, assumiu-se uma evolução crescente dos sacos disponibilizados de acordo com o aumento da eficiência da recolha de biorresíduos, nos seguintes moldes:

Tabela 43 – Previsão da distribuição efetiva de sacos verdes para recolha de biorresíduos, no Município de Sintra

Parâmetro	Cenário A.I	Cenário A.II	Cenário A.III	Observações
Contentores castanhos de cozinha	148 937	148 937	148 937	Estimado de acordo com o n.º de famílias residentes no concelho
Quantidade anual de sacos verdes para biorresíduos (sacos/ano)	31 556 896	31 556 896	31 556 896	Estimado de acordo com a necessidade mensal de sacos definida nos pressupostos da Tabela 4, do relatório
Distribuição efetiva de sacos verdes para biorresíduos	45%	75%	100%	Definido tendo em consideração a eficiência da recolha de biorresíduos em cada cenário

Os parâmetros operacionais e financeiros relativos às alterações no processo de tratamento e que estão considerados nestes cenários analisados são os descritos na Tabela 6 do relatório, aplicáveis a todos os Municípios, independentemente das suas características operacionais.

Cenário B: Recolha seletiva dedicada de biorresíduos

Na definição dos pressupostos operacionais para os cenários de evolução da eficiência da recolha seletiva dedicada de biorresíduos (Cenário B) assumiram-se condições de operação ajustadas à realidade de cada cenário com o intuito de introduzir racionalidade ao modelo assegurando que as situações são desenhadas numa base de qualidade de serviço e da maior sustentabilidade económica. Considera-se, ainda, a necessidade de otimização da recolha indiferenciada que resultará do desvio de biorresíduos desse fluxo para o circuito dedicado. Quer dizer que a evolução da percentagem de resíduos orgânicos desviados dos

resíduos indiferenciados terá impacto direto na periodicidade de recolha necessária para estes últimos, que diminuirá com o aumento da eficiência da recuperação de biorresíduos. Na mesma medida, as características operacionais da solução de recolha seletiva dedicada têm implicações no serviço de lavagem de contentores, não apenas porque existirá um maior número de equipamentos para lavar, mas porque a tipologia dos resíduos depositados requererá periodicidades de limpeza adaptadas. Neste quadro, entende-se que à medida que a eficiência de recolha de biorresíduos aumenta as necessidades de lavagem dos contentores de indiferenciados poderá diminuir.

A tabela seguinte apresenta os principais pressupostos considerados para cada um dos cenários em análise especificamente para a realidade do Município de Sintra:

Tabela 44 – Principais pressupostos operacionais considerados na análise económica dos Cenários B, no Município de Sintra

Pressupostos	Cenário B.I	Cenário B.II	Cenário B.III
<i>Recolha seletiva de biorresíduos</i>			
Quantidade média de resíduos recolhidos por circuito (t/circuito)	6	8	9
Periodicidade de recolha (d/semana)	4	5	6
Novos contentores instalados	35% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado	65% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado	100% do parque de contentores já instalados para o fluxo indiferenciado, considerando a reconversão de 10%
Periodicidade de lavagem dos contentores (d/ano)	16	20	22
<i>Recolha indiferenciada</i>			
Periodicidade de recolha (d/semana)	6	6	4
Periodicidade de lavagem dos contentores (d/ano)	12	10	8

IV. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da aplicação do modelo económico desenvolvido, tendo por base os pressupostos operacionais e financeiros explicados anteriormente, estão representados nas figuras e tabelas seguintes.

A Figura 11 mostra os custos unitários da recolha seletiva de biorresíduos, para cada solução técnica nos cenários de eficiência desenhados.

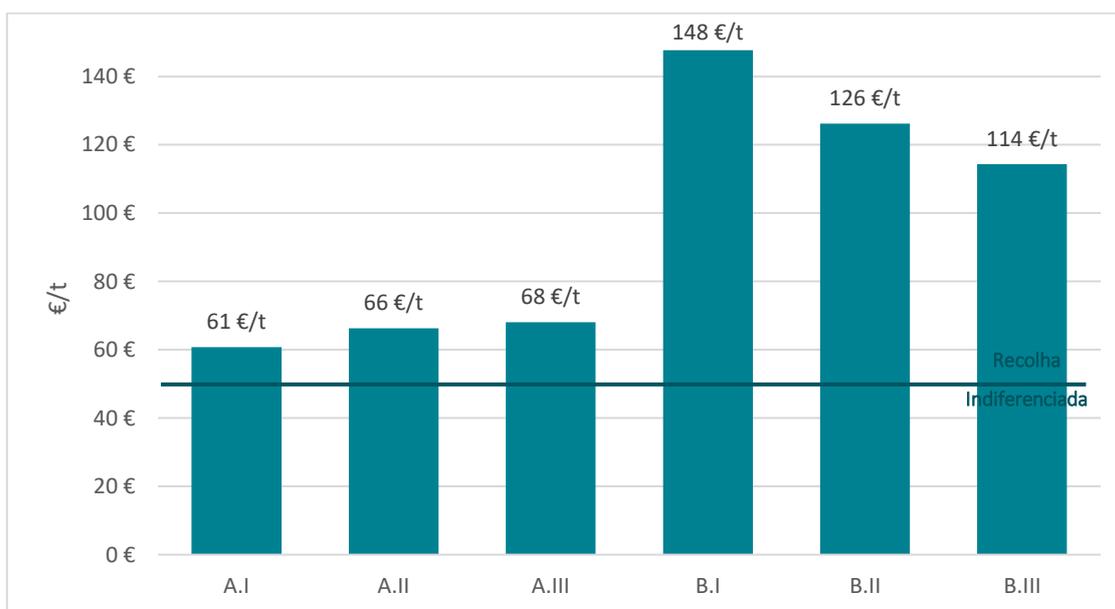


Figura 17 - Comparação dos custos unitários da recolha de biorresíduos em cada cenário analisado – Município de Sintra

Na análise dos dados apresentados é importante ter em consideração que o sistema de recolha seletiva de biorresíduos em regime de co-coleção (Cenários A) prevê que a fração orgânica é recolhida em simultâneo com os resíduos indiferenciados, em sacos de cor diferente, seguindo o mesmo fluxo de recolha e transporte, sendo depois separada a jusante na instalação de tratamento. Neste sentido, não é possível dissociar os custos relacionados com a operação de recolha propriamente dita para cada um dos fluxos de resíduos. No que respeita aos valores obtidos para os Cenários B, está representada no gráfico anterior a parcela financeira referente apenas à recolha seletiva dedicada de biorresíduos, não estando por isso considerados os custos associados à recolha indiferenciada. A linha representada no gráfico corresponde ao custo unitário do serviço de recolha indiferenciada estimada com base nos dados operacionais e financeiros disponibilizados pelo Município.

Numa abordagem comparativa dos resultados representados no gráfico anterior é possível perceber que a **recolha seletiva em regime de co-coleção (Cenários A)** representará, em **termos globais, um acréscimo nos custos anuais com a gestão de resíduos urbanos da ordem dos 27% a 43%**, de acordo com a evolução da eficiência da recuperação de biorresíduos. Comparativamente, a implementação de uma solução de **recolha seletiva dedicada (Cenários B)** terá um **impacto consideravelmente superior, da ordem dos 38% a 96%**. Estes resultados contemplam a eventual otimização do serviço de recolha indiferenciada decorrente da maior eficiência da recolha de biorresíduos.

No caso da **recolha seletiva em regime de co-colecção**, os sobrecustos estimados estão essencialmente associados aos à operação de recolha propriamente dita, mas também à implementação de alterações ao sistema de tratamento atual que representam cerca de 2% do orçamento anual no sistema analisado. No que respeita à recolha, os novos investimentos decorrentes da implementação do modelo de co-colecção estão relacionados com a aquisição e distribuição de equipamentos de deposição, como sendo os sacos verdes e os contentores de cozinha que serão distribuídos pela população. Estima-se que estes equipamentos constituam em conjunto cerca de 24% do orçamento anual apurado para o sistema implementado nas condições do Cenário A.III – que considera a distribuição do total anual estimado de sacos necessários. É importante ter em consideração que os custos com os contentores de cozinha apenas se verificarão no ano de implementação, estando previsto que nos anos seguintes possam existir situações de substituição ou novas entregas, contudo numa dimensão financeira pouco significativa. Individualmente, o peso financeiro dos sacos no orçamento anual é de 10%.

Em relação ao sistema de **recolha seletiva dedicada de biorresíduos** é possível estabelecer uma comparação direta entre os custos associados à recolha de biorresíduos e os custos da recolha indiferenciada, assim como perceber a influência que a primeira tem na estrutura da segunda, que pode ser otimizada em cada cenário analisado face à dimensão do desvio de biorresíduos para o circuito dedicado. Quer dizer que, em termos globais, o orçamento anual estimado diminui com o aumento dos resíduos orgânicos recolhidos seletivamente. Os custos unitários apurados para cada cenário podem ser representados da seguinte forma:

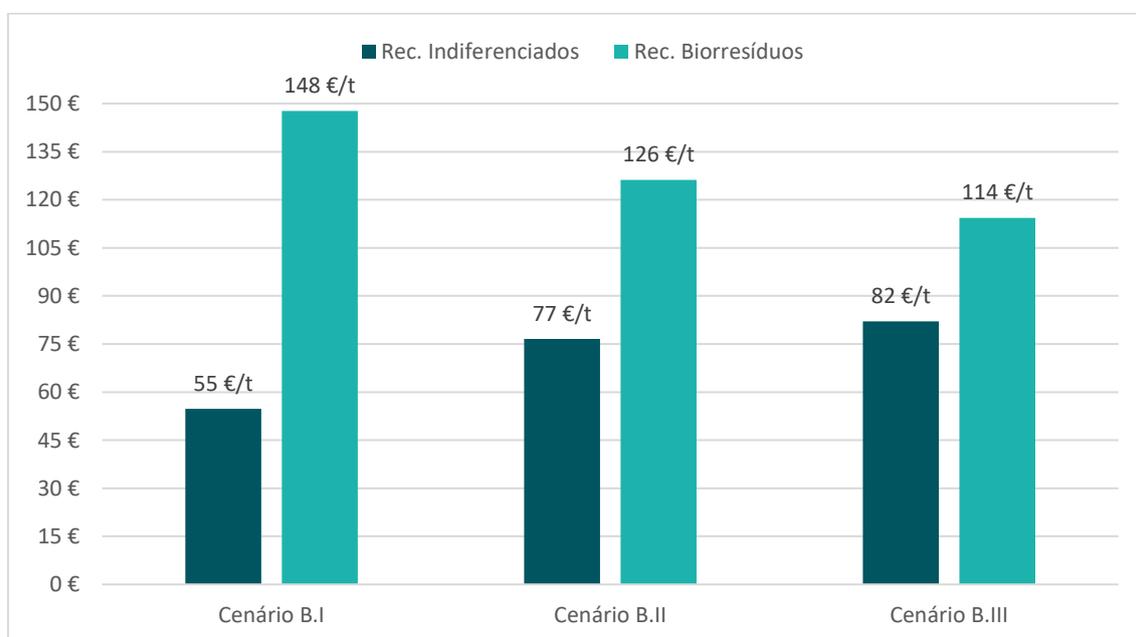


Figura 18 - Evolução estimada dos custos unitários da recolha seletiva dedicada de biorresíduos e da recolha indiferenciada otimizada - Município de Sintra

A evolução crescente dos custos da recolha de biorresíduos está relacionada com o aumento da necessidade de meios mecânicos e humanos associados aos novos circuitos de recolha dedicada e de

lavagem de equipamentos. Verifica-se uma estreita relação entre a eficiência da recolha e o custo unitário da prestação do serviço, querendo isto dizer que, a maturidade do sistema é essencial para o seu sucesso operacional, mas principalmente económico. Por outro lado, não se prevê que o potencial de biorresíduos produzidos no setor doméstico sofra alterações significativas no futuro, mantendo-se perto dos 50%, o que pode representar que os custos unitários estagnarão em certo ponto mesmo que a recolha de biorresíduos seja 100% eficiente face ao potencial.

Analisando este ponto de estabilização sob a perspetiva individual de cada solução técnica, prevê-se que **os custo unitário do sistema de recolha em co-coleção possa fixar-se dentro dos 68 € por tonelada recolhida e a recolha seletiva dedicada represente um valor aproximado de 98 € por tonelada.**

Conclui-se, portanto, que no espaço evolutivo e de consolidação sempre associado à implementação de um novo sistema de recolha, a co-coleção de biorresíduos mostra-se como a solução economicamente mais equilibrada e sustentável. Acresce a versatilidade do sistema, facilmente adaptável às necessidades que possam surgir, e que tornam mais seguro o investimento associado.

ANEXO II – FASES DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS E ÂMBITO

O(s) objetivo(s) descreve(m) o propósito do estudo e para que tipo de ação servirão de suporte. A definição deste(s) é um passo fulcral, já que os resultados são fortemente dependentes da questão a ser respondida pelo estudo. Os seguintes pontos devem ser referenciados na definição do(s) objetivo(s):

- aplicação do estudo,
- razões para realizar o estudo, e
- destinatários dos resultados do estudo.

No âmbito de uma ACV deve-se especificar as características funcionais do objeto de estudo. A definição do âmbito deve conter os seguintes pontos:

- descrição do sistema estudado e unidade funcional,
- procedimentos fundamentais do estudo,
- critérios de avaliação, e
- exigência de dados.

A descrição do sistema estudado compreende uma análise do sistema do objeto de estudo, acompanhada por uma apresentação sucinta e clara. Os contextos temporais e espaciais do sistema são definidos de acordo com esta descrição do mesmo. Uma componente muito importante deste primeiro ponto trata-se da unidade funcional.

A unidade funcional fornece uma referência para relacionar os fluxos (inputs e outputs) ao sistema do objeto de estudo, devendo ser escolhida de forma a especificar a função do objeto de estudo e respetiva eficiência.

A definição dos procedimentos fundamentais do estudo é um passo essencial, pois é aqui que se descrevem hipóteses e regras gerais que são importantes para uma correta interpretação dos resultados do estudo. Pode-se incluir neste passo, por exemplo, a descrição do detalhe pretendido nos dados de inventário ou os critérios para se poder desprezar fluxos menos significativos (critérios de *cut-off*).

Como será discutido, na fase de avaliação de impactes é preciso definir os critérios que permitem converter os fluxos de saída em categorias de impactes ambientais (e.g., transformar emissões de CH₄ em alterações climáticas) e, opcionalmente, na normalização e agregação em categorias finais ou indicadores únicos de impacto. A comunidade académica e científica tem vindo a desenvolver os métodos de avaliação de impacto ambiental, melhorando e adequando face aos objetivos pretendidos e ao estado da arte em áreas como a toxicologia, a saúde pública, stocks de recursos, entre outras.

A exigência de dados consiste essencialmente na qualidade de resultados pretendida, podendo esta representar um obstáculo. Assim, deverá ser explicitada a qualidade pretendida, por exemplo, em termos de representatividade ou precisão.

ANÁLISE DE INVENTÁRIO

Esta fase da ACV envolve a identificação e quantificação dos *inputs* e *outputs*, através da recolha e cálculo de informação, relevantes para todo o ciclo de vida do objeto de estudo.

Os passos mais importantes de uma análise de inventário são os seguintes:

- definição das fronteiras do sistema,
- descrição do sistema em diagrama de blocos,
- identificação de processos unitários a serem modelados com maior detalhe,
- planificação da procura de dados,
- recolha de dados (inclui a determinação qualitativa e quantitativa dos inputs e outputs), e
- processamento dos dados do inventário, incluindo imputações.

As fronteiras do sistema representam a separação deste com o ambiente envolvente. Aqui o ambiente é entendido como o limite externo da fronteira de análise, ou seja, os fluxos ocorrem de e para o ambiente, mas não são analisadas as transformações das matérias neste meio. Na definição das fronteiras do sistema há um compromisso entre tempo e recursos disponíveis e a qualidade de resultados do estudo. Como Ferrão (1998)²⁰ afirma, não é possível efetuar uma ACV completa (devido à inexistência de dados, falta de tempo ou recursos), pelo que é necessário selecionar os processos unitários a modelar no estudo, de acordo com as nossas possibilidades e exigências, sem comprometer a qualidade dos resultados.

Esta definição de fronteiras pode ser mais complicada do que aparenta, pelo que geralmente sofre redefinições ao longo do estudo, à medida que se ganha sensibilidade para o sistema em questão. Contudo, há várias características funcionais que devem ser consideradas para uma correta definição de fronteiras, nomeadamente a utilização de recursos naturais, produção e utilização de energia (combustíveis, eletricidade e calor), tipo de utilizações e processos para disposição de resíduos, entre outros (Ferrão, 1998).

A representação do ciclo de vida do objeto de estudo, através de um diagrama de blocos, é importante para entender os processos unitários que constituem o sistema e como se interrelacionam. Para a

²⁰ Ferrão, P (1998). Introdução à gestão ambiental: A avaliação do ciclo de vida de produtos. Coleção ensino da ciência e tecnologia. IST PRESS

elaboração deste diagrama, é necessária a identificação das fases relevantes do ciclo de vida, bem como os respetivos fluxos de massa e de energia que se estabelecem entre estas.

Os processos unitários que deverão ser modelados com maior detalhe são aqueles que representem, potencialmente, os maiores impactes ambientais e os que possam influenciar consideravelmente todo o sistema a jusante. Contudo, após obtenção de resultados, é fundamental rever a importância atribuída aos processos unitários, pois corre-se o risco de negligenciar processos importantes.

O passo seguinte consiste no planeamento efetivo da recolha de dados. Geralmente esta recolha é a fase mais dispendiosa, quer em recursos quer em tempo, pelo que que uma correta estratégia pode ser muito importante para a qualidade do estudo. De acordo com o detalhe pretendido na definição do âmbito do estudo, deve-se tentar evitar cair no erro de considerar demasiados detalhes, já que isto provoca um aumento considerável nos recursos utilizados, sem melhorar muito os resultados do estudo. Ferrão (1998) apresenta uma série de sugestões que devem ser incluídas neste plano:

- Dividir ou agrupar processos, quando estes têm fontes de informação diferentes ou comuns, respetivamente;
- Procurar envolver terceiros (indústrias, distribuidores, associações, etc.) que, caso se sintam desinteressados ou até ameaçados pelos resultados da ACV, deverão ser alvo de uma sensibilização quanto aos objetivos do estudo;
- considerar parte integrante da recolha de dados a verificação da consistência destes entre si (e.g. através de balanços de massa e energia) e com outras fontes;
- elaborar fichas de informação que possibilitam a sistematização da informação recolhida para facilitar a sua consulta e origem.

A recolha de informação tem como objetivo estabelecer qualitativamente e quantitativamente os fluxos de matéria de cada processo unitário. Esta fase é, como foi referido, a que mais recursos consome. As fontes possíveis são extensas: consumidores, distribuidores, produtores, respetivas associações, entidades reguladoras, administrativas, comunidade científica (artigos, outros estudos de ACV, bibliografia), entre outras.

Contudo, é importante referir que, complementariamente, os executantes de ACV utilizam bases de dados desenvolvidas propositadamente para a elaboração de ACV, por exemplo, a Ecoinvent ou LCA Food DK, para construir o inventário de ciclo de vida. É necessário fazer um balanço cuidadoso entre a recolha de dados específicos para o inventário e a utilização de processos de bases de dados de forma a não comprometer a precisão e interpretação do estudo e também a duração do mesmo.

Na eventualidade de inexistência de informação suficiente para um dado processo, dever-se-á recorrer a dados referentes a processos análogos, a extrapolações com base em balanços de massa ou energia,

modelos numéricos ou qualquer outro método que o operador considere adequado. No limite, a não existência de informação deverá ser documentada para mais tarde ser revista.

A construção de bases de dados de Avaliação de Ciclo de Vida é uma área de desenvolvimento que tem vindo a crescer nas últimas décadas, complementando-se aquilo que são bases de dados mais abrangentes (por exemplo, *Ecoinvent*, *GaBI Database Content*, *European Reference Life Cycle Database*) com bases de dados específicas para determinados setores ou áreas de atividade (por exemplo, ARVI, que contém dados para a cadeia de compósitos de madeira e polímeros, ou Agri-footprint, que contém dados para o setor agroalimentar).

Como foi apresentado anteriormente, devem-se estabelecer critérios para se poder desprezar fluxos menos significativos. Segundo a norma ISO 14044: 2006, deverão ser aplicados, em conjunto, critérios de contribuição mássica, energética e ambiental. Relativamente às contribuições de massa e energia, podem-se desprezar todas as entradas, acumuladas, que contribuam com uma fração inferior a valores pré-definidos (e.g. 10% para contribuições mássicas e 5% para energéticas) relativamente aos totais de entradas no sistema considerado. Relativamente a critérios de relevância ambiental, devem-se contabilizar entradas de matéria que contribuam para a emissão de substâncias com impactes considerados relevantes, numa fração superior a um valor pré-estabelecido relativamente ao total de emissão dessa mesma substância.

Finalmente, a informação deve ser toda processada, ou seja, compilada e organizada de forma a facilitar a leitura e a fase seguinte, a avaliação do impacte.

AVALIAÇÃO DO IMPACTE

A avaliação do impacte é feita com base nos dados da análise de inventário. O efeito real de uma emissão de dada substância é dependente de muitas variáveis tornando a sua modelação demasiado complexa, pelo que tipicamente a avaliação é baseada no efeito potencial. Os fluxos são classificados de acordo com o efeito potencial em áreas (e.g., saúde pública ou recursos naturais) ou em categorias de impacte (e.g., alterações climáticas). Esta classificação e passos subsequentes são aqueles em que existe maior discricionariedade por parte do executante, pelo que é fundamental escolher criticamente e apresentar de forma explícita todos os pressupostos na fase de avaliação de impacte, como foi já referido.

A avaliação de impacte numa ACV inclui elementos indispensáveis, nomeadamente,

- a seleção das categorias de impacte, respetivos indicadores e modelos de caracterização,
- a atribuição dos resultados da análise de inventário às categorias de impacte (classificação), e
- o cálculo dos valores dos indicadores de impacte para cada categoria (caracterização);

e elementos opcionais, nomeadamente,

- cálculo da significância do indicador obtido para cada categoria relativamente à informação de referência (normalização),
- conversão e agregação dos indicadores obtidos nas várias categorias de impacte, recorrendo a fatores numéricos de ponderação (ponderação), e
- análise da fiabilidade dos valores obtidos para os indicadores das várias categorias (*data quality analysis*).

O primeiro passo na avaliação de impacte é a seleção de categorias de impacte. Estas categorias devem estabelecer uma ligação entre os potenciais impactes dos fluxos de matéria e os efeitos nas áreas relevantes (recursos naturais, saúde pública, etc.). Na fase de classificação, os dados da análise de inventário, ou seja, os fluxos de saída, são atribuídos às categorias de acordo com o seu impacte. Se uma dada substância contribui para várias categorias de impacte, tem que ser considerada nas várias categorias.

Após a classificação procede-se à caracterização, fase na qual se atribui um impacte potencial na(s) categoria(s) relevantes. Este impacte potencial é geralmente relativo a um fator dominante na categoria, e.g. para a categoria de eutrofização é geralmente escolhido 1 kg de fosfato como referência. Estes impactes potenciais são multiplicados pela respetiva quantidade emitida, e os valores resultantes são somados por categoria, para se obter um valor para cada categoria.

Posteriormente à caracterização, é recomendável a apresentação do conjunto de valores dos indicadores das várias categorias de impacte para o produto – perfil ambiental do produto. Os resultados da análise de inventário que, por algum motivo, não são contabilizados na fase de avaliação de impacte, deverão também ser representados.

Relativamente aos elementos opcionais, é importante referir que estes são muito variáveis, já que têm uma forte componente subjetiva, principalmente na ponderação. A normalização do perfil ambiental traduz-se no quociente dos valores deste perfil por um valor de referência que é, geralmente, uma forma de efeito por indivíduo, para um dado local e período (e.g. impacte médio de um cidadão europeu médio, na década de 90, na categoria pretendida). Assim, a normalização é realizada com base numa referência temporal e espacial, pelo que também está dependente do que quem realiza a ACV acha adequado.

A fase de ponderação procura a obtenção de um único valor sobre o impacte de um produto ou serviço, de forma a apoiar o decisor de forma mais objetiva. Obviamente, esta operação implica uma elevada subjetividade (principalmente dependente da sensibilidade do agente que realiza a ponderação), pelo que não é obrigatória. Na sua essência, consiste em atribuir valores de ponderação às diversas categorias ambientais, o que significa considerar uma certa categoria mais importante do que outra, no contexto do problema.

Por estas razões, a aplicação dos elementos de normalização e ponderação tem que ser consistente com o(s) objetivo(s) e âmbitos do estudo.

Dada a quantidade de pressupostos na fase de avaliação de impacto e a necessidade de os sustentar de forma científica, a prática generalizada é utilizar modelos de avaliação desenvolvidos pela comunidade académica e científica que fazem uso da melhor informação disponível. Só através do uso destes modelos padronizados é possível, de facto, comparar ACV de produtos ou serviços distintos e concluir sobre os impactos de cada, não obstante outras diferenças que possam existir (por exemplo, âmbito, unidade funcional).

A título de exemplo, na Figura 19 apresenta-se o modelo de avaliação do ReCIpe, um modelo de avaliação de impacto que utiliza a informação do inventário de ciclo de vida e permite obter os impactos em categorias intermédias (método *midpoint*) ou em categorias finais (método *endpoint*). Como é prática generalizada destes métodos, as categorias *endpoint* são abrangentes e a sua utilidade é, essencialmente, permitir leituras aos não especialistas.



Figura 19 – Exemplo de modelo de avaliação de impacto ambiental – ReCIpe

INTERPRETAÇÃO

No enquadramento de uma ACV, os resultados da avaliação de impactos e da análise de inventário são analisados e conclusões e recomendações são concretizadas. As normas ISO referem três elementos na interpretação:

- identificação dos problemas significativos,
- avaliação da sensibilidade e consistência dos resultados, e
- apresentação das conclusões e recomendações.

Para a identificação dos problemas significativos é necessário determinar as principais contribuições para cada categoria de impacte. Os dados da análise de inventário relevantes, que não são considerados pelas categorias de impacte, têm também que ser integrados neste elemento da interpretação. Seguindo a definição do âmbito, as contribuições podem também ser agrupadas por processo individual, fase do ciclo de vida ou mesmo pelo ciclo de vida. Com toda esta estruturação de informação, é possível estabelecer os principais problemas.

A avaliação dos resultados, de acordo com a norma ISO, engloba uma verificação da sensibilidade e consistência dos processos ou fases do ciclo de vida.

A sensibilidade é verificada através da variação de cenários para diferentes processos ou parâmetros (e.g. variando a colheita de uma exploração agrícola ou a percentagem de material reciclado no produto final). Os efeitos destas variações no resultado global demonstram a sensibilidade da ACV. Alguns *softwares* utilizados no desenvolvimento da ACV permitem realizar esta análise de sensibilidade de forma paramétrica, estabelecendo, por exemplo, uma distribuição probabilística para um determinado parâmetro e, posteriormente, utilizar a análise de Monte Carlo para, no final, obter uma distribuição de resultados face à variação determinada para aquele parâmetro.

A consistência dos resultados assegura que o procedimento é adequado ao(s) objetivo(s) e âmbito do estudo e ainda que a metodologia e outros princípios foram aplicados corretamente em todo o ciclo de vida do produto. É prática comum solicitar a colaboração de uma terceira parte independente com o objetivo de avaliar a consistência do estudo realizado e, no final, concluir sobre a metodologia e respetiva aplicação.

O terceiro elemento engloba a apresentação dos resultados, com respetivas conclusões e recomendações. É importante voltar a salientar que as conclusões e recomendações de qualquer ACV podem apenas ser relacionadas dentro do que foi definido na definição dos objetivos e âmbito e tendo sempre em conta os demais parâmetros no estudo.