



**Francisco Andrade Avaliação ambiental do sistema de gestão de
Inácio Silveira resíduos no município de Estarreja**



**Francisco Andrade Avaliação ambiental do sistema de gestão de
Inácio Silveira resíduos no município de Estarreja**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos, Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

*“The ambition of science is not to open the door of knowledge infinite,
but put a limit to infinite error”*

Brecht, Bertolt

o júri

Presidente

Professora Doutora Maria Helena Gomes de Almeida Gonçalves Nadais
Professora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos

Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro
(Orientador)

Professora Doutora Célia Maria Dias Ferreira

Bolseira de Pós-Doutoramento do Departamento de Engenharia de Materiais e Cerâmica da Universidade de Aveiro
(Arguente)

agradecimentos

Agradeço a todos os professores que de alguma forma me auxiliaram ao longo do meu percurso acadêmico, em especial ao Prof. Arlindo Matos pelo acompanhamento e disponibilidade que demonstrou na realização desse trabalho.

Agradeço aos meus pais, Getúlio Antônio Inácio da Silveira e Eunice Freire de Andrade Matos da Silveira, que sempre fizeram o possível para eu realizar o meu percurso acadêmico, aos meus irmãos e todos os familiares.

Um agradecimento em especial à minha esposa Zélida Patrícia Monteiro Brito e à minha filha Priscila Ariel Brito Silveira, pelo carinho, força e apoio incansável ao longo desta etapa.

E, por fim, a todos os meus colegas e amigos que de forma direta ou indireta me ajudaram ao longo desse trajeto.

palavras-chave

Gestão de resíduos, avaliação ambiental, sistema de informação geográfica, sistema de base de dados, análise de fluxos de materiais, avaliação de impacto de ciclo de vida, pegada de carbono, pegada ecológica, município de Estarreja

resumo

Portugal faz parte da EU e tal como os restantes países, tem responsabilidades e exigências no que diz respeito aos padrões de proteção da saúde pública e de qualidade do ambiente, em resultado de um conjunto legislativo e procedimentos mais rigorosos. Neste contexto, a gestão dos resíduos urbanos tem constituído um desafio aos municípios trazendo custos acrescidos.

Fazer avaliação ambiental do sistema de gestão de resíduos urbanos é uma forma de o conhecer para identificar fragilidades e problemas e assim poder minimizar os custos económicos e ambientais em resultados das ações que sejam necessárias.

Este trabalho respeita à avaliação ambiental do sistema de gestão de resíduos urbanos no município de Estarreja. Para o efeito foi recolhida informação sobre a recolha seletiva e indiferenciada, bem como o modelo de gestão até ao destino final, tendo em vista a caracterização da situação para efeitos de análise do ciclo de vida dos resíduos.

A informação relativa à recolha indiferenciada foi organizada e estruturada, servindo de suporte a criação de um SBD, auxiliando a sua representação geográfica em SIG e o cálculo de alguns indicadores de gestão da recolha. Em SIG foram traçados os vários percursos de recolha, o que permitiu determinar as distâncias percorridas diariamente.

Com base nos processos de tratamento e destinos dados aos resíduos urbanos da região Aveiro e Coimbra pela ERSUC, fez-se um diagrama de balanço mássico considerando apenas os resíduos urbanos do município.

A análise de ciclo de vida foi elaborada, utilizando um o Modelo Excel de Análise Ciclo de Vida-UA (ACV-UA) usando três indicadores o IPCC 2007 (GWP 100a), Ecological footprint e o Recipe endpoint (EA) CC, ecosystems.

Os resultados obtidos mostram que a gestão de resíduos urbanos no município de Estarreja ocasiona a emissão de 99 kg CO₂_eq/hab.ano e 271 kg CO₂_eq/ton.

keywords

Waste management, environmental assessment, geographic information system, database system, material flow analysis, life cycle impact assessment, carbon footprint, ecological footprint, Estarreja municipality

abstract

Portugal is part of the EU, as are the other countries, Portugal have responsibilities and requirements regarding standards of public health protection and environmental quality, for that Portugal has adopted a set of legislation and stricter procedures. In this Context, the management of urban waste has been a challenge to the municipalities bringing higher cost.

Making an environmental assessment of the municipal waste management system is one way of minimizing the economic and environmental cost.

Information was collected of the municipal waste management system in the municipality of Estarreja, on undifferentiated collection, after all information was collected, it was organized and structured, supporting the creation of data base system (DBS), assisting its geographical representation in GIS and calculation of some indicators. In GIS, was traced several collection paths, which provided relative data on the collection effort, in particular the distances travelled.

Based on the treatment processes and destinations given to urban waste from the Aveiro and Coimbra regions by the ERSUC, a mass balance diagram was prepared only for Estarreja.

A life cycle analysis was performed using an Excel Life Cycle Analysis-UA model (LCA-UA), considering three AICV indicators: the IPCC 2007 (GWP 100a), ecological footprint and Recipe endpoint (EA) CC ecosystems.

The results show that urban waste management in the Estarreja municipality promotes the emission of 112 kg CO₂_eq / hab.ano and 306 kg CO₂eq / ton.

Índice

Índice	i
Índice de Figuras	iv
Índice de Tabelas	vi
Lista de abreviaturas	vii
Nomenclatura	viii
1 Introdução	1
1.1 Resíduos urbanos e a sua gestão em Portugal	2
1.1.1 Situação atual da gestão de resíduos	2
1.1.2 Infraestruturas e equipamentos	3
1.2 Caracterização dos resíduos	6
1.2.1 Composição dos resíduos urbanos	7
1.2.2 Metas de gestão de resíduos	8
1.2.3 Responsabilidade do cidadão	9
1.2.4 Responsabilidade do município	9
1.3 Legislação relativa a resíduos urbanos	10
1.3.1 Gestão de resíduos urbanos	11
1.3.2 Mapa de registo de resíduos urbanos (MRRU)	12
1.4 Operações de gestão de resíduos	13
1.4.1 Recolha	14
1.4.2 Transporte	15
1.4.3 Valorização	15
1.4.3.1 Tratamento biológico por compostagem	16
1.4.3.2 Tratamento biológico por digestão anaeróbia	16
1.4.3.3 Reciclagem	17
1.4.4 Eliminação	17
1.5 Taxas de gestão de resíduos	18
1.6 Incidências ambientais da gestão de resíduos urbanos	19
1.7 Enquadramento da dissertação	19
1.8 Objetivos da dissertação	20
2 Metodologia e ferramentas	21
2.1 Avaliação ambiental “ACV”	21
2.1.1 Aspetos gerais e metodológicos	21
2.1.2 Normas de ACV	22
2.1.3 Metodologia de ACV	23
2.2 ACV aplicada à gestão de resíduos	26
2.2.1 Aplicação IWM2	26

2.2.2	Aplicação EASETECH.....	26
2.2.3	Aplicação Wamps.....	27
2.2.4	Outras aplicações de ACV aplicadas a resíduos	27
2.3	Sistema de base de dados.....	28
2.3.1	Programa microsoft office access.....	29
2.3.2	Aplicação de SBD à gestão de resíduos	30
2.4	Representação de um SBD e análise em SIG.....	31
2.4.1	Representação e análise espacial da contentorização	32
2.4.2	Percursos.....	33
2.5	Análise de fluxo de materiais	33
3	Caso de estudo.....	35
3.1	Localização e informação de base do município de Estarreja	35
3.2	Gestão de resíduos urbanos de Estarreja	36
3.2.1	ERSUC – Resíduos Sólidos do Centro, S.A	37
3.2.2	LUSÁGUA – Serviços Ambientais, S.A.....	39
3.3	Produção e recolha de resíduos urbanos	39
3.3.1	Recolha seletiva.....	40
3.3.2	Recolha indiferenciada	41
3.3.3	Frequência e circuito de recolha indiferenciada	43
3.4	Tratamento dos resíduos urbanos	44
3.5	Informação de base para avaliação ambiental	45
3.5.1	Circuitos de recolha de resíduos indiferenciados.....	45
3.5.2	Organização de informação.....	46
3.6	Modelo Excel ACV-UA.....	48
3.6.1	Diagrama de processos.....	48
3.6.2	Parametrização do modelo Excel ACV-UA	49
3.6.2.1	Recolha e transporte.....	49
3.6.2.2	Tratamento mecânico	50
3.6.2.3	Tratamento biológico.....	51
3.6.3	Modelo de cálculo.....	52
3.6.4	Indicadores de avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV)	53
4	Análise de resultados	55
4.1	Inventário do dispositivo de contentores.....	55
4.1.1	Contentor/capacidade.....	55
4.1.2	Ecopontos/Locais	56
4.1.3	Freguesias	57
4.2	Organização do inventário em base de dados	57
4.3	Percursos de recolha SIG	59
4.3.1	Localização dos contentores de recolha indiferenciada.....	59

4.3.2	Percursos de recolha.....	60
4.3.3	Indicadores de recolha de resíduos indiferenciados	64
4.4	Análise de fluxos de materiais (stan)	64
4.5	Análise de ciclo de vida da gestão de resíduos.....	67
4.5.1	Resultados globais de AICV	67
4.5.2	Resultados comparados de AICV	69
4.5.2.1	Indicador de IPCC 2007 (GWP 100a)	69
4.5.2.2	Outros indicadores de AICV	71
5	Novo modelo de gestão.....	73
5.1	Biorresíduos	74
5.2	Resíduos de recolha seletiva.....	75
6	Conclusões e Sugestões	76
6.1	Conclusões	76
6.2	Sugestão para trabalhos futuros.....	77
	Referências bibliográficas	79
	Anexo A – Sistemas municipais de gestão de RU em Portugal e respetivas infraestruturas de tratamento e recolha seletiva	81
	Anexo B – Legislação específica aplicado aos RU	82
	Anexo C – Operações de valorização e eliminação (Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho).....	83
	Anexo D – Características do sistema de recolha de resíduos recicláveis da ERSUC (Aveiro).....	84
	Anexo E – Registo de recolha de RUI para o mês de setembro	85
	Anexo F – Impactos ambientais da gestão de resíduos de acordo com o indicador Ecological Footprint	89
	Anexo G – Impactos ambientais da gestão de resíduos de acordo com o indicador Recipe endpoint (EA) CC, ecosystems	90

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Distribuição dos sistemas de gestão de RU (PERSU 2020, APA 2013).	3
Figura 1.2 – Distribuição das infraestruturas “VO, AS, VE” (APA 2013).	5
Figura 1.3 – Evolução dos destinos dos RU (APA, 2014).	6
Figura 1.4 - Caraterização física dos resíduos produzidos em 2013 (APA, 2014).	7
Figura 1.5 - Responsabilidade de gestão dos resíduos urbanos (APA, 2015).	10
Figura 1.6 – Hierarquia na gestão de resíduos (adaptado de Plano nacional de gestão de resíduos 2011-2020).	13
Figura 2.1 – Fases de uma Análise de Ciclo de Vida (ISO 14040:1997).	24
Figura 2.2 – Abordagem <i>Midpoint</i> e <i>Endpoint</i> , (adaptado de Goedkoop et al. (2012))	25
Figura 2.3 – Conceito de chave primária, chave externa e relação 1:N em bases de dados	30
Figura 2.4 – Funcionalidades de um SIG (Matos et al., 2013).....	31
Figura 3.1 – Localização do município da Estarreja e as respetivas freguesias.	35
Figura 3.2 – Distribuição de equipamentos de recolha de RUI.....	42
Figura 3.3 – Diagrama de fluxos de resíduos geridos por tipologia e origem. (ERSUC, 2014)	44
Figura 3.4 - Diagrama dos processos de gestão de resíduos urbanos de Estarreja	48
Figura 3.5a - Processo final de gestão de resíduos urbanos de Estarreja (parte 1)	53
Figura 4.1 – Modelo de estrutura da base de dados relacional aplicada à gestão da recolha de RU.	58
Figura 4.2 – Localização dos contentores e <i>moloks</i> de recolha indiferenciada no município de Estarreja.	59
Figura 4.3 – Percurso EC1N e tabela de atributos relativos à distância entre locais sucessivos, servindo Avanca com frequência trissemanal.....	60
Figura 4.4 – Percurso EC2N servindo a freguesia de Pardilhó com frequência trissemanal.	61
Figura 4.5 – Percurso EC3N servindo Beduído, com frequência trissemanal.....	61
Figura 4.6 – Percurso EC1D servindo as freguesias de Canelas, Fermelã e Veiros, com frequência trissemanal.	62
Figura 4.7 – Percurso EC2D servindo a freguesia de Salreu, com frequência trissemanal.	62
Figura 4.8 – Percurso de recolha de contentores fixos de tipo <i>molok</i> , servindo as freguesias de Beduído, Avanca, Pardilhó e Veiros.....	63
Figura 4.9 – Diagrama do balanço mássico relativo à gestão dos resíduos urbanos do município de Estarreja.	66
Figura 4.10 – Indicador AICV <i>IPPC_2007</i> da gestão de resíduos urbanos em Estarreja.	68
Figura 4.11 – Repartição de impacto ambiental (IPPC 2007 (GWP 100a)) dos diferentes processos de gestão dos resíduos de embalagem (RE).....	69

Figura 4.12 – Repartição de impacto ambiental (IPPC 2007 (GWP 100a)) dos diferentes processos de gestão dos resíduos de papel e cartão (RPC)	70
Figura 4.13 – Repartição de impacto ambiental (IPPC 2007 (GWP 100a)) dos diferentes processos de gestão de resíduos de vidro (RV).	70
Figura 4.14 – Repartição de impacto ambiental (IPPC 2007 (GWP 100a)) dos diferentes processos de gestão de resíduos urbanos indiferenciados (RUI).....	70
Figura 4.15 – Indicador AICV <i>Ecological footprint</i> da gestão de resíduos urbanos em Estarreja...	71
Figura 4.16 – Indicador AICV <i>ReCipe endpoint</i> .da gestão de resíduos urbanos em Estarreja	72

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 – Dados de Infraestruturas de gestão de RU em Portugal Continental (APA, 2015).	4
Tabela 1.2 – Valores da taxa de gestão de resíduos (APA, 2014).	18
Tabela 1.3 – Percentagem a pagar por tipo de operação (APA, 2014).	18
Tabela 3.1 - Distribuição da população residente (INE, Censo 2011).	36
Tabela 3.2 – Total de RU entregues para tratamento nas Unidades de Tratamento Mecânico e Biológico de Aveiro para o ano 2014. (ERSUC, 2015)	38
Tabela 3.3 – Quantitativos anuais da recolha seletiva (ERSUC, 2015).	40
Tabela 3.4 – Quantitativos anuais de recolha indiferenciada (ERSUC, 2015).	42
Tabela 3.5 – Frequência de recolha de resíduos indiferenciados.	43
Tabela 3.6 – Listagem de contentores de recolha indiferenciada do município de Estarreja (excerto).	46
Tabela 3.7a – Tabela contendo especificações de registo da informação de base na folha do Percurso (excerto).	47
Tabela 3.8 – Dados de transporte relativos a recolha seletiva e indiferenciada para município de Estarreja.	49
Tabela 3.9 – Composição dos resíduos dos diferentes fluxos.	50
Tabela 3.10 – Rendimentos dos processos de separação por tipologia de fluxo.	51
Tabela 3.11 – Rendimentos dos processos de tratamento de resíduos da recolha indiferenciada	52
Tabela 3.12 – Seleção de informação relativa a processos extraídos do <i>ecoivent</i> 2.2 (2010) para os três tipos de indicadores.	54
Tabela 4.1 – Características dos contentores de recolha indiferenciada.	56
Tabela 4.2 – Cadastro dos locais/ecopontos (excerto).	56
Tabela 4.3 – Locais com contentores por freguesia (excerto).	57
Tabela 4.4 – Distâncias estimadas para os diferentes percursos ou circuitos de recolha indiferenciada.	63
Tabela 4.5 – Indicadores de produtividade dos circuitos (dados de 2015).	64
Tabela 4.6 – Frações separadas resultantes do tratamento dos fluxos de recolha seletiva	65
Tabela 4.7 – Frações separadas resultantes do tratamento do fluxo de recolha indiferenciada	65
Tabela 4.8 – Indicadores de AICV relativos à gestão dos resíduos urbanos do município de Estarreja	67
Tabela 4.9 – Indicadores anuais de AICV relativos à gestão de resíduos do município de Estarreja.	68
Tabela 4.10 – Indicadores anuais <i>per capita</i> de AICV relativos à gestão de resíduos do município de Estarreja	68

Lista de abreviaturas

ACV-UA	- Modelo Excel de Análise de Ciclo de Vida – Universidade de Aveiro
AFM	- Análise de Fluxo de Materiais
AICV	- Avaliação de impacto do ciclo de vida
APA	- Agência Portuguesa do Ambiente~
CCDRLVT	- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo
CDR	- Combustíveis Derivado de Resíduos
CE	- Conselho Europeu
CIRA	- Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro
ENRRUBDA	- Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Biodegradáveis Destinados aos Aterros
ERSUC	- Resíduos Sólidos do Centro, S.A
EU	- União Europeia
GAR	- Guia de acompanhamento de Resíduos
GWP	- Global Warming Potential
INE	- Instituto Nacional de Estatística
MRRU	- Mapa de Registro de Resíduos Urbanos
OAU	- Óleo Alimentar Usado
OGR	- Operações de Gestão de Resíduos
PAYT	- Pay as You Throw
PCB	- Poli Cloro Bifenilos
PEAD	- Polietileno de Alta Densidade
PERSU	- Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos
RARU	- Relatório Anual de Resíduos Urbanos
RCD	- Resíduos de Construção e Demolições
REEE	- Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
RGGR	- Regime Geral de Gestão de Resíduos
RU	- Resíduos Urbanos
RUI	- Resíduos Urbanos Indiferenciados
SBD	- Sistema de Base de Dados
SGIR	- Sistema de Gestão de Informação sobre Resíduos
SIG	- Sistema de informação Geográfica
SIRAPA	- Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente
TGR	- Taxa de Gestão de Resíduos
VFV	- Veículo em Fim de Vida

Nomenclatura

Hc	- Número de habitantes servidos por contentor	[hab.cont ⁻¹]
Ck	- Número de contentores por quilómetros servido	[cont.km ⁻¹]
C	- Número de contentores por quilómetro quadrado servido	[cont.km ⁻²]
Mc	- Massa do resíduo por contentor e por dia	[kg.cont ⁻¹ .d ⁻¹]
Mk	- Massa do resíduo produzido por quilómetro servido	[kg.km ⁻¹]
M	- Massa de resíduos produzidos por quilómetro quadrado servido	[kg.km ⁻²]
R	- Resíduo recolhidos por hora de trabalho	[kg.h ⁻¹]

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas geram um diversificado conjunto de resíduos, que uma vez descartados, colocam um conjunto de situações que por um lado são problemas e por outro são oportunidades. Os problemas estão relacionados com a salubridade do ambiente (no limite, com a saúde), com os recursos que consome no âmbito das atividades de higiene e limpeza, de forma a evitar assim problemas ainda maiores para o homem e para o ambiente. Por outro lado, os resíduos urbanos que resultam de atividades humanas, constituem um grande desafio, pois são fontes alternativas aos recursos naturais para o efeito da preparação de matérias-primas necessárias ao mercado. Assim a recuperação de recursos incorporados nos fluxos de resíduos, envolvendo recicladores organizados, é uma resposta inteligente para aquilo que é o destino final dos resíduos (J. Gutberlet, 2015). Na nossa sociedade, os resíduos urbanos são um tipo de resíduos particularmente complexo atendendo à complexidade da sua natureza e em particular à dificuldade de gestão derivada da forma dispersa como ocorre e do comportamento dos agentes que os produzem: os cidadãos.

Os problemas relacionados aos resíduos urbanos têm-se avolumado nas sociedades contemporâneas em resultado da concentração humana em grandes centros urbanos, quando não é acompanhada do desenvolvimento de uma rede de recolha e tratamento eficaz, implicando a deterioração da qualidade de vida. A degradação do meio ambiente natural não pode ser desvinculada de um contexto que inclui comprometimentos da saúde física, transtornos psicológicos e psiquiátricos, e desintegração social (Siqueira & Moraes, 2007).

Os resíduos urbanos (RU), também conhecidos como lixos domésticos, incluem embalagens de produtos alimentares ou de outros produtos, papel, pilhas, plásticos, roupa, latas, tinteiros, óleos, cartão, restos de comida e outros.(Costa, 2007)

A gestão de RU compete às administrações públicas locais sendo que, por razões de escassez de recursos financeiros e técnicos, poderão descartar estes resíduos por deposição em lixeiras a céu aberto, como ainda sucede em muitos países em desenvolvimento.

1.1 RESÍDUOS URBANOS E A SUA GESTÃO EM PORTUGAL

Os resíduos são materiais que, por terem perdido a utilidade, se deitam fora. Os resíduos urbanos, também chamados de lixos domésticos, incluem resíduos de embalagens de produtos alimentares ou de outros produtos, papel, pilhas, plásticos, roupa, latas, tinteiros, óleos, cartão, restos de comida e outros.

Em Portugal, a gestão de resíduos urbanos em resultado de ausência de infraestruturas apropriadas foi, no passado, um problema recorrente. Até ao final do século passado, proliferavam as lixeiras a céu aberto como destino preferencial deste lixo. Esta situação causava vários problemas ambientais como: poluição do ar por maus cheiros e queima do lixo; poluição da água e dos solos por arrastamento de metais e outras substâncias perigosas pelas águas das chuvas para os lençóis subterrâneos ou linhas de água; e proliferação de moscas, mosquitos, ratos e outros animais que encontram alimento nos locais onde o lixo é acumulado e que são potenciais vetores de transmissão de doenças.

A partir de 1996, e na sequência da elaboração dos sucessivos Planos Estratégicos de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), a situação da gestão dos resíduos urbanos em Portugal tem vindo a melhorar. De facto, como forma de resolver os problemas referidos, foram encerradas as lixeiras e construídos aterros para resíduos onde se depositam os lixos em segurança e estações de tratamento onde os resíduos urbanos são separados para recuperar materiais para reciclagem, ou valorizados para produção de composto, ou eliminados em unidades de incineração. Estas ações decorreram no âmbito de um modelo organizacional baseado em agrupamentos de municípios (sistemas municipais) procurando um desempenho acrescido através do fator de ganho de escala em matéria de tratamento e destino final.

1.1.1 SITUAÇÃO ATUAL DA GESTÃO DE RESÍDUOS

Existem 23 Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos, (SGRU) cobrindo a totalidade do território continental, sendo 12 Multimunicipais e 11 Intermunicipais que estão apresentadas na Figura 1.1. Os sistemas Multimunicipais representam 63% da população e dos RU produzidos em Portugal Continental. A distribuição dos SGRU se caracterizam por uma acentuada discrepância no que respeita ao número de municípios que os integram, na área e população abrangida e igualmente nas condições socioeconómicas da população que servem, o que se reflete no fluxo de resíduos e consequentemente, nas opções ado-

tadas em termos de recolha e tratamento dos seus RU e também na rede de equipamentos e infraestruturas para a sua gestão.



Figura 1.1 – Distribuição dos sistemas de gestão de RU (PERSU 2020, APA 2013).

No que toca ao setor em baixa são contabilizadas 259 as entidades gestoras responsáveis pela recolha indiferenciada dos resíduos urbanos para os 23 SGRU anteriormente referidos. Destas, apenas 27 são também responsáveis pela atividade de recolha seletiva multimaterial, em especial nas áreas da Grande Lisboa e Grande Porto, sendo que as restantes entidades gestoras em baixa são apenas responsáveis pela atividade de recolha indiferenciada de resíduos urbanos (Plano Estratégico PERSU 2020, 2014).

1.1.2 INFRAESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS

A maioria dos SGRU já possuem infraestruturas de tratamento de RU de forma a reduzir a deposição direta, procurando assegurar um destino final adequado para os RU produzidos na área respetiva. Os tipos e a quantidade de infraestruturas podem ser visualiza-

dos a partir da Tabela 1.1. No anexo A são apresentados mais detalhadamente os equipamentos e as infraestruturas que cada um dos 23 SGRU dispõem para a gestão dos RU.

Tabela 1.1 – Dados de Infraestruturas de gestão de RU em Portugal Continental (APA, 2015).

Infraestruturas e equipamentos	Total existentes
Aterros	32
Tratamento Mecânico	6
Tratamento Mecânico e Biológico	15
Valorização Orgânica	5
Incineração com Produção de Energia	2
Unidade de preparação de CDR	4
Triagem	27
Estação de Transferência	87
Ecocentro	193
Ecoponto	41421

Tem-se verificado um aumento substancial na quantidade de ecopontos com três contentores (verde, azul e amarelo). Entre 2000 e 2014, o número de ecopontos aumentou 350% (Marçal, A., Mateus, I., Silva, 2015). A rede de recolha seletiva é ainda constituída por milhares de outros contentores não agrupados em ecopontos (com apenas capacidade para armazenar um ou dois dos fluxos – vidro, embalagens de plástico e metal, papel e cartão) e por cerca de 190 ecocentros por todo o país.

As infraestruturas de tratamento de RU através de valorização orgânica (VO), aterro (AS) e incineração com recuperação de energia (VE) são operadas pelos SGRU, ocorrendo distribuídas ao longo do país (ver Figura 1.2), constatando-se a sua concentração no litoral e refletindo a diferente densidade populacional do país.

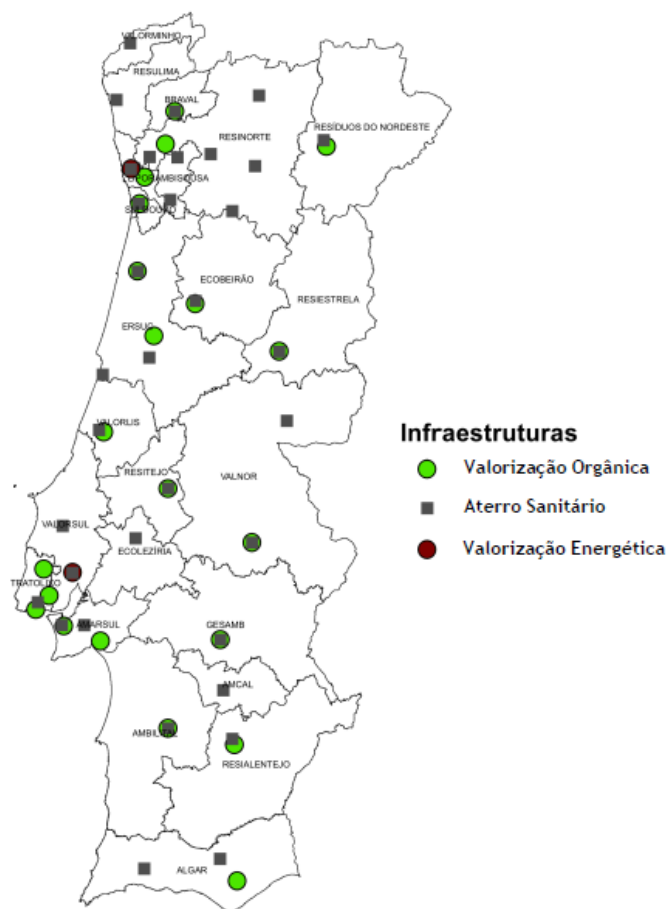


Figura 1.2 – Distribuição das infraestruturas “VO, AS, VE” (APA 2013).

Após o período 1995-2002, no qual se verificou o aumento da capacidade de deposição de RU em aterro e de valorização energética, o país tem vindo a investir em infraestruturas de valorização orgânica para dar resposta às metas de deposição de resíduos biodegradáveis em aterro impostas pela diretiva dos aterros (Diretiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de abril).

Efetivamente, em 2012 já se verificava a existência de 15 unidades de valorização orgânica, e ainda mais outras sete planeadas ou em construção.

Assim, com a entrada em funcionamento das unidades de tratamento mecânico e biológico (TMB) e tratamento mecânico (TM) em sido possível registar um decréscimo significativo da utilização de aterro como destino final direto para os RU assim como mostra a Figura 1.3.

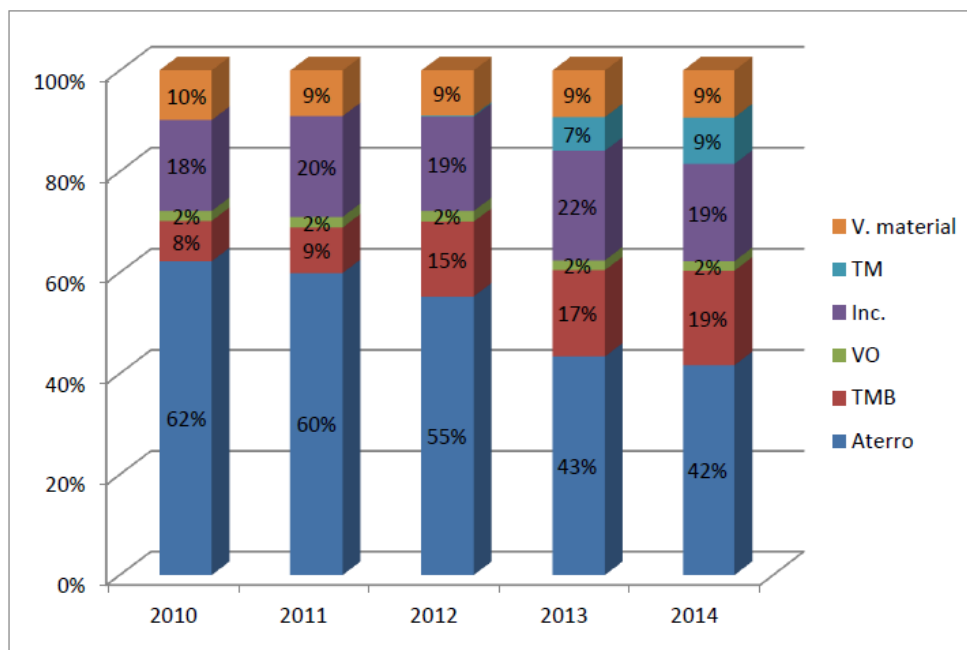


Figura 1.3 – Evolução dos destinos dos RU (APA, 2014).

1.2 CARATERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

A designação "Resíduos Urbanos" é um termo abrangente respeitante à mistura de materiais e objetos que tem como referência os resíduos de origem doméstica. Engloba ainda resíduos provenientes do setor de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde com uma natureza ou composição afim dos domésticos.

Com a publicação da Portaria n.º 851/2009, de 07 de agosto, foram aprovadas as normas técnicas relativas à caracterização de resíduos urbanos, designadamente a identificação e quantificação dos resíduos correspondentes à fração caracterizada como reciclável.

No âmbito legal, para melhor entender o conceito de resíduo utilizado em Portugal, define-se o como sendo "quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfez ou detentor se desfaz ou tem intenção de se desfazer" (Decreto-Lei n.º73/2011 de 17 de Junho 2011).

Os resíduos urbanos (RU) são definidos como "os resíduos domésticos ou outros semelhantes, em relação a sua natureza e composição nomeadamente os provenientes do setor de serviços ou estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestado-

ras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não excedo os 1100L por produtor” (Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, 2006).

Em Portugal Continental a produção dos resíduos urbanos no ano de 2013 foi cerca de 4.61 M toneladas de RU para uma população de 10.46 milhões de habitantes, incluindo as Regiões Autónomas de Açores e de Madeira, que resulta numa capitação diária de 440 kg.hab⁻¹.ano⁻¹, valor este que se encontra abaixo da média europeia (481 kg.hab⁻¹.ano⁻¹ 28 países, dados de Eurostat, 2013). O valor anteriormente referido corresponde a uma média de produção diária de 1.2 kg de RU por habitante. (APA, 2013).

1.2.1 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS URBANOS

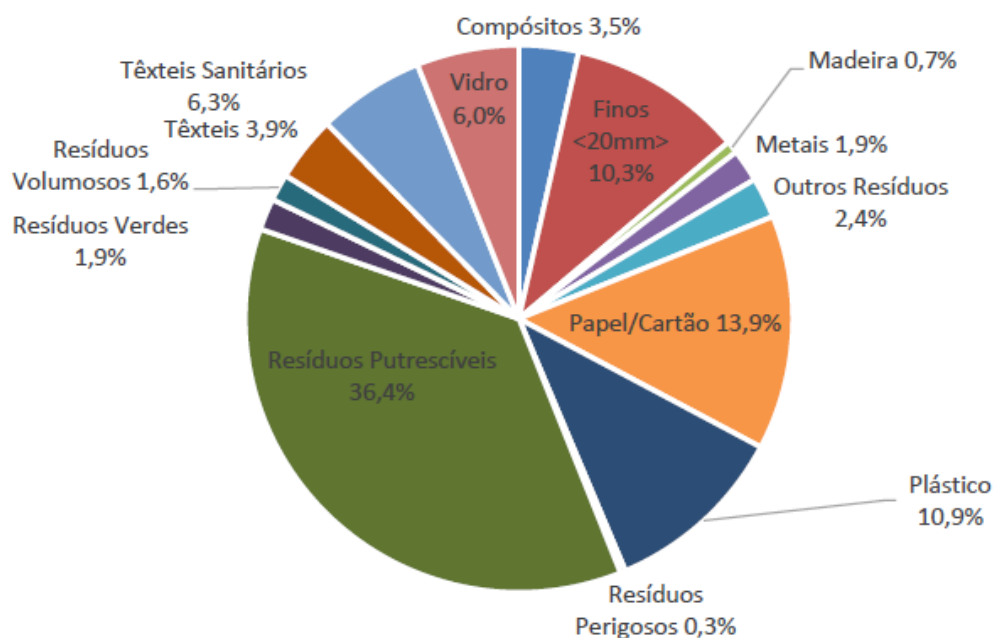


Figura 1.4 - Caracterização física dos resíduos produzidos em 2013 (APA, 2014).

A composição dos resíduos urbanos é diversificada, mas como se pode verificar na Figura 1.4. Em 2013, a maior fração de resíduos urbanos produzidos em Portugal correspondia aos resíduos putrescíveis, que podem ser designados por biorresíduos, com cerca de 1.704.590 toneladas, seguida dos resíduos de papel/cartão com cerca de 598.910 toneladas e ainda resíduos de plástico e finos <20mm> com cerca de 506.770 toneladas cada.

1.2.2 METAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS

O modelo de gestão de resíduos urbanos em Portugal tem por base a legislação nacional que por sua vez assenta na transposição das disposições comunitárias sobre a matéria.

As metas definidas pela EU para a gestão de resíduos são três:

- (a) Limite à deposição de resíduos biodegradáveis em aterro, através das metas estabelecidas pela Diretiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros.
- (b) Metas de reciclagem e valorização para embalagens e resíduos de embalagem, estabelecidas pela Diretiva 2004/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de fevereiro, relativa a embalagens e resíduos de embalagens);
- (c) Metas de aumento de reutilização de resíduos e reciclagem, estabelecidas pela Directiva 2008/98/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 19 de novembro de 2008 relativa aos resíduos.

Neste âmbito a gestão de resíduos urbanos está sujeita a um conjunto de metas de gestão, razão pela qual foi elaborado um plano estratégico conhecido como PERSU 2020 para o período de 2013 a 2020, que aponta um conjunto de objetivos específicos para os diferentes sistemas municipais tendo em vista ao cumprimento do todo nacional (PERSU 2020, 2014).

Metas de prevenção da produção de resíduos:

- Até 31 de dezembro de 2016, alcançar uma redução mínima da produção de resíduos por habitante de 7,6% em peso relativamente ao valor verificado em 2012.
- Até 31 de dezembro de 2020, alcançar uma redução mínima da produção de resíduos por habitante de 10% em peso relativamente ao valor verificado em 2012.

Meta de preparação para reutilização e reciclagem:

- Até 31 de dezembro de 2020, um aumento mínimo global para 50% em peso relativamente à preparação para a reutilização e a reciclagem de resíduos urbanos, incluindo o papel, o cartão, o plástico, o vidro, o metal, a madeira e os resíduos urbanos biodegradáveis.

Reciclagem de resíduos de embalagem:

- Até 31 de dezembro de 2020, garantir a reciclagem de, no mínimo, 70% em peso dos resíduos de embalagens.

Meta de desvio de RUB de aterro:

- Até julho de 2020, os resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterro devem ser reduzidos para 35% da quantidade total, em peso, dos resíduos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995.

1.2.3 RESPONSABILIDADE DO CIDADÃO

O cidadão é uma peça fundamental para que haja uma boa gestão de resíduos num determinado local. A sua ação tem início logo ao momento em que tem de decidir o que fazer com um determinado resíduo. Para o efeito terá de ter organizado um conjunto de locais na habitação/local de trabalho para ter contentores específicos para os diferentes tipos de resíduos. A seguir e quando necessário, deverá ser encaminhado o conteúdo de cada contentor para a infraestrutura de alocação de resíduos disponível na via pública (ecopontos, contentores de recolha indiferenciada, etc.) ou devolvido às entidades de recolha específica (REEE, resíduos de medicamentos, etc.). É a ele que cabe a decisão de realizar a separação dos resíduos que produz e transportá-los para os locais adequados, ou seja fazer funcionar o sistema de gestão de resíduos. Outra questão importante é o efeito multiplicador que um determinado gesto pode despertar em relação aos outros, isto é, “Se eu separar, outros vão seguir o meu exemplo!”.

1.2.4 RESPONSABILIDADE DO MUNICÍPIO

De acordo com o disposto no artigo 5º do Regime Geral de Gestão de Resíduos, (RGGR), estabelecido no Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, o qual transpõe a Diretiva nº 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro, relativa aos resíduos (Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho 2011). A responsabilidade pela gestão dos resíduos, incluindo os respetivos custos, cabe ao produtor inicial dos resíduos, sem prejuízo de poder ser imputada, na totalidade ou em parte, ao produtor do produto que deu origem aos resíduos e partilhada pelos distribuidores desse produto, se tal decorrer de legislação específica aplicável, à exceção dos resíduos urbanos cuja produção diária não exceda 1100L por produtor, caso em que a respetiva gestão é assegurada pelos municípios ou que esteja abrangida por legislação específica de resíduos (como nos casos das embalagens de medicamentos, pilhas portáteis, resíduos de equipamento elétrico e eletrónico e óleos alimentares usados).

Assim, os produtores de resíduos domésticos e de resíduos semelhantes aos urbanos em quantidades diárias inferiores a 1100L estão obrigados a entregar os resíduos produzidos às entidades gestoras dos serviços municipais (municípios ou entidades concessionadas por estes). “Esta obrigação advém da interpretação conjugada das disposições do nº 2 do art. 5º do RGGR com o disposto nos artigos 4º e 2º do Decreto-Lei 12/2014, de 03 de junho, que estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos, onde é referido que a prestação de serviços de gestão de resíduos urbanos (nomeadamente a sua recolha) é efetuada em regime de exclusividade territorial”. (APA, 2016)

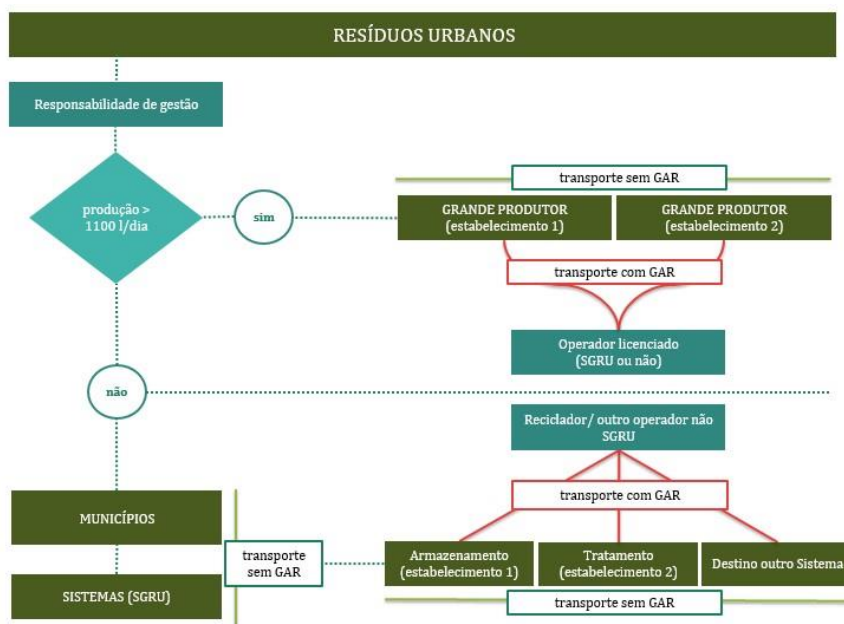


Figura 1.5 - Responsabilidade de gestão dos resíduos urbanos (APA, 2015).

1.3 LEGISLAÇÃO RELATIVA A RESÍDUOS URBANOS

Durante a revolução industrial do século XX, o acelerado crescimento urbano, devido à migração de uma grande parte da população das zonas rurais para as cidades, trouxe consigo um significativo acréscimo de problemas de saúde pública e ambiental. Por outro lado, nessa época, iniciou-se a produção industrial massificada, o que levou a aumentos significativos na quantidade de bens consumidos e à introdução de novos tipos de materiais, predominantemente inorgânicos e de decomposição lenta. Estes acontecimentos levaram à necessidade da criação de medidas sistemáticas de saneamento básico e a

que, no final do século dezoito, se iniciassem vários serviços de recolha de resíduos e de limpeza de ruas e de esgotos.

Já no século XX, em 1975, é proposta e aceite a Diretiva Europeia 75/442/CEE (Conselho da União Europeia, 1975), o primeiro documento oficial europeu relativo aos resíduos, com o intuito de uniformizar a sua política de gestão, nos países da União Europeia (UE), (Directiva 75/442/CEE do Conselho de 15 de Julho de 1975, 1975). A legislação portuguesa regulou pela primeira vez a gestão de resíduos através do Decreto-Lei n.º 488/85 (Presidência do Conselho de Ministros, 1985). O Decreto-Lei n.º 178/2006 atualmente em vigor em Portugal, define que resíduo é “*qualquer substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer (...)*” (Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho 2011).

A estratégia de ação para a gestão de resíduos deverá estar fundamentada no pensamento a nível internacional dado pelo Relatório Brundtland, pelas conferências das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (Agenda 21) e, a nível comunitário, pelo tratado da União Europeia e as recomendações dos programas de ação em matéria de ambiente e evidentemente a legislação europeia (APA, 2011)

Um dos grandes objetivos da União Europeia é a diminuição do consumo de recursos, promovendo o desenvolvimento sustentável, que têm como base a prevenção, a reciclagem e reutilização dos resíduos de embalagem. A legislação é uma das ferramentas que permite orientar a sociedade para o caminho de prevenção, da reciclagem, da valorização de resíduos, tendo em vista proporcionar a minimização dos efeitos negativos sobre o meio ambiente e a saúde pública.

1.3.1 GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS

O Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de agosto, instaura o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, as características técnicas e os requisitos a observar na conceção, licenciamento, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros, transpondo para a ordem jurídica interna a diretiva do conselho europeu n.º 1999/31/CE, de 26 de abril, relativa à deposição de resíduos em aterros, alterada pelo regulamento (CE) n.º 1882/2003, do parlamento europeu e do conselho de 29 de setembro. O Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de agosto, revogou o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de maio. A revisão do quadro legal aplicável à deposição de resíduos em aterro, foi efetuada numa lógica de reforço das medidas de adaptação da operação de deposição de resíduos em

aterro a elevados padrões de exigência ambiental e de harmonização legislativa, bem como a simplificação e economia processual (DL n.º 183/2009, de 10 de agosto, 2016).

A gestão dos diferentes fluxos de resíduos existentes é da responsabilidade de sociedades gestoras sob licenciamento da Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

A nível nacional no que diz respeito às operações de gestão de resíduos (OGR), compreende "...toda e qualquer operação de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, bem como às operações de descontaminação de solos e à monitorização dos locais de deposição após encerramento das respetivas instalações" tem como documento base o Decreto-Lei 73/2011 de 17 de junho, também designada de Lei Quadro dos Resíduos.

As normas técnicas relativas à caracterização de resíduos urbanos são suportadas pela Portaria n.º 851/2009. Os elementos que devem acompanhar o pedido de licenciamento das operações de armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos são definidos com a Portaria n.º 1023/2006. O Decreto-Lei n.º 84/2011 faz à simplificação dos regimes jurídicos da deposição de resíduos em aterro, da produção cartográfica e do licenciamento do exercício das atividades de pesquisa e captação de águas subterrâneas, conformando-os com o Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, que transpôs para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/123/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de dezembro, relativa aos serviços no mercado interno. O regime jurídico a que fica sujeito o licenciamento da instalação e da exploração dos centros integrados de recuperação, valorização e eliminação de resíduos perigosos (CIRVER) estão definidas no Decreto-Lei n.º 3/2004. Existe ainda legislação específica para vários tipos de resíduos, os quais podem ser visualizados no anexo B.

1.3.2 MAPA DE REGISTO DE RESÍDUOS URBANOS (MRRU)

O MRRU resulta da obrigatoriedade de registo preconizada no Art.º 48º do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho. O preenchimento do MRRU é efetuado pelos Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos, através da plataforma Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente, (SIRAPA) (Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, 2011).

Em particular, o módulo MRRU veio substituir o antigo sistema de gestão de informação sobre resíduos (SGIR) onde os sistemas registavam os quantitativos de resíduos geridos anualmente no âmbito da sua atividade. Ao nível da organização (Sistema), é feito o re-

gisto de todos os estabelecimentos (infraestruturas) que explora, de acordo com os perfis disponíveis: Aterro, Central de Valorização Energética, Central de Valorização Orgânica, Unidade de Triagem e Unidade de Tratamento Mecânico. Assim, são libertados os formulários respetivos, permitindo também a outras entidades a seleção desses estabelecimentos como destino de resíduos.

Estão disponíveis formulários associados à própria organização onde todos os resíduos que são encaminhados para estabelecimentos que não pertencem ao sistema ficam registados, bem como dados relativos à caracterização física de resíduos, dados financeiros e outros considerados relevantes. “Os formulários referidos devem ser preenchidos mensalmente, antes do fim do mês seguinte a que respeitam os dados, pelos responsáveis dos estabelecimentos ou organizações registadas no SIRAPA”(APA).

1.4 OPERAÇÕES DE GESTÃO DE RESÍDUOS

A gestão de resíduos urbanos corresponde a um conjunto de atividades que visam o encaminhamento dos resíduos para um destino final, que do ponto de vista ambiental seja adequado, com custos justos e que seja socialmente aceite. Estas operações estão definidas na Lei Quadro dos Resíduos (DL73/2011) e incluem a recolha, o transporte, a valorização e a eliminação de resíduos. As operações de gestão devem seguir um princípio hierárquico, ou seja, uma prioridade procurando minimizar as perdas de material, ou, no mínimo, procurando recuperar energia (ver a Figura 1.6).



Figura 1.6 – Hierarquia na gestão de resíduos (adaptado de Plano nacional de gestão de resíduos 2011-2020).

1.4.1 RECOLHA

De acordo com do Decreto-Lei 73/2011 de 17 de junho, a recolha corresponde a “apanha de resíduos, incluindo a triagem e o armazenamento preliminares dos resíduos para fins de transporte para uma instalação de tratamento de resíduos” (Decreto-Lei n.º73/2011 de 17 de Junho, 2011).

A quantidade e qualidade dos resíduos urbanos a recolher depende de vários fatores tais como a cultura, a demografia, a geografia, a economia e a sociedade.

A recolha de resíduos urbanos está incluída no âmbito do conjunto de atividades relativas à higiene urbana, nomeadamente de limpeza de arruamentos urbanos, tratamento de jardins e cemitérios, mas também de manutenção de espaços públicos (feiras e mercados), limpeza de valetas, margem de arruamentos florestais, e outros.

Em relação aos resíduos produzidos no âmbito das habitações, é possível ao seu detentor segregá-los e depois fazer a sua alocação em contentores de recolha seletiva (designados de ecopontos) constituindo fluxos de recolha seletiva (papel, plástico, metais e vidro). Um fluxo que necessita de especial atenção é constituído pelos biorresíduos, que na ausência de um modelo de gestão apropriado, dá origem a problemas de grande significado ambiental, tendo em atenção as dificuldades de gestão e as emissões que ocasiona.

Em alternativa, à segregação na origem, estão disponíveis contentores que recebem resíduos indiferenciados. Em Portugal a maior parte dos resíduos são depositados em contentores de recolha indiferenciada.

Para os locais onde é elevada a densidade populacional tem vindo a ser testados o sistema de recolha separativa ou recolha “porta-porta”, baseados na utilização de sacos em plásticos, a recolher em horário especificado pelo serviço. Todos os fluxos de resíduos (indiferenciada, seletiva e de biorresíduo) estão englobados neste tipo de recolha e tem diferentes dias de recolha para cada um dos tipos de fluxo.

No âmbito da higiene urbana, a recolha, é influenciada por diversos fatores tais como:

- Tipo de resíduos, que podem ser indiferenciados ou de recolha separativa, o que afeta o equipamento de alocação e de transporte;
- Volume de resíduos, o qual está dependente do tipo do resíduo a recolher e influencia a sua frequência de recolha;
- A densidade populacional, que influencia diretamente na frequência de recolha;

1.4.2 TRANSPORTE

O transporte constitui uma das operações essencial no sistema de gestão de resíduos urbanos, para a concentração dos mesmos num local específico, como estações de transferência e de tratamento. Esta operação de gestão está condicionada por diversos fatores, tais como:

- Frequência de recolha;
- Volume e peso dos diferentes tipos de resíduos;
- O local de cada contentor, assim como as restrições de acesso impostas;
- Localização das garagens dos veículos, das infraestruturas de alocação, de deposição e de tratamento;
- A disponibilidade de veículos para os serviços de transporte, e a sua capacidade (carga máxima);
- O número de operadores necessários para cada tarefa, o seu horário, a carga horária diária;
- Restrições de rede viária e os custos associados.

Quer a recolha quer o transporte de resíduos têm um forte impacto económico no contexto de gestão de resíduos, pelo que a otimização destes processos através da melhoria do circuito de recolha, se afigura de grande interesse.

1.4.3 VALORIZAÇÃO

A valorização designa-se por “qualquer operação cujo resultado seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil específico, substituindo outros materiais que, caso contrário, teriam sido utilizados para um fim específico ou a preparação dos resíduos para esse fim na instalação ou conjunto da economia” (Decreto-Lei n.º73/2011 de 17 de Junho, 2011) e encontram-se discriminadas no anexo C.

Esta operação de gestão acarreta vantagens tais como:

- Aumentar o tempo de vida dos recursos naturais, pois produz matérias primas para a indústria;
- Permitir a poupança de energia;
- Reduzir resíduos destinados à eliminação;

Contudo, a valorização apresenta algumas desvantagens, tais como:

- Aumentar os custos de gestão dos resíduos em resultado do consumo de recursos (equipamentos, energia, salários);

As operações de valorização de resíduos incluem um conjunto de processos químicos, processos termoquímicos e processos biológicos.

1.4.3.1 TRATAMENTO BIOLÓGICO POR COMPOSTAGEM

O termo compostagem é hoje associado mais ao processo de tratamento dos resíduos orgânicos do que ao processo para aproveitamento dos resíduos agrícolas e florestais. A compostagem é o processo biológico através do qual a matéria orgânica constituinte do lixo é transformada, pela ação de microrganismos existentes no próprio lixo, em material estável e utilizável na preparação de húmus.

A compostagem é um processo de oxidação biológica através do qual os microrganismos decompõem os compostos constituintes dos materiais libertando dióxido de carbono e vapor de água. Apesar de ser considerado pela maioria dos autores como um processo aeróbio, a compostagem é também referida como um processo biológico que submete o lixo biodegradável à decomposição aeróbia ou anaeróbia de onde resulta um produto.

O processo de compostagem envolve a decomposição da matéria orgânica por microrganismos e ocorre naturalmente, podendo, contudo, ser acelerado pela intervenção do homem, para acelerar a decomposição da matéria orgânica e estabilização biológica sob condições que favorecem o desenvolvimento de calor permitindo atingir temperaturas acima de 45°C (Kazemi et al., 2016).

1.4.3.2 TRATAMENTO BIOLÓGICO POR DIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbica (ou anaeróbia) é um processo de decomposição de matéria orgânica por bactérias num meio onde não há presença de oxigénio gasoso. A digestão anaeróbia atualmente é muito utilizada no tratamento de lamas provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's), e em biodigestores, dando origem ao chamado biogás que pode ser utilizado para gerar energia.

Na digestão anaeróbia de um dado resíduo orgânico (biorresíduo) ocorre em várias fases: a primeira fase é a liquefação ou hidrólise onde o material orgânico complexo é transformado em compostos dissolvidos ou matéria orgânica volátil; a segunda fase é a gasificação que pode ser subdividida em duas fases fermentação ácida ou ácido gèneses,

onde os compostos são transformados em ácidos orgânicos voláteis (fórmico, acético, propiónico, butírico e valérico), e a fermentação acetogénica ou acetogénese, onde os produtos da subfase anterior são transformados em acetato, hidrogénio e monóxido de carbono; a terceira e última fase é a metanogénica, onde os produtos da acetogénese são transformados, principalmente em metano (CH₄).

1.4.3.3 RECICLAGEM

Reciclagem inclui um conjunto de processos de valorização de resíduos em materiais ou produtos de potencial utilidade. A reciclagem permite reduzir o consumo de matérias-primas, de utilização de energia e a poluição do ar e da água, ao reduzir também a necessidade de tratamento convencional de lixo e a emissão de gases do efeito estufa. (Mônica Maria; Maria Silvia de Moraes 2009; Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera 2007).

Os materiais para serem reciclados necessitam de ser recolhidos e transportados para um centro de reciclagem e depois separados, limpos e reprocessados em novos materiais para produção industrial. De entre esses materiais destaca-se o vidro, papel, metal, plástico, tecido e componentes eletrónicos. Outra forma de reciclagem é a separação e recolha de materiais a partir de produtos complexos, quer devido ao seu valor monetário (p.e. chumbo de baterias automóveis ou ouro de computadores), quer devido à sua natureza nociva (p.e. remoção de mercúrio de vários produtos).

1.4.4 ELIMINAÇÃO

Designa-se por eliminação o conjunto de operações de descarga de resíduos ou de produtos resultantes do seu tratamento no ambiente (solo, água ou atmosfera). Legalmente a eliminação refere-se a qualquer operação que não seja de valorização, ainda que se verifique como consequência secundária a recuperação de energia e/ou de substância (Decreto-Lei n.º73/2011 de 17 de Junho, 2011). A lista de operações de eliminação de resíduos vem indicadas no Anexo C.

A deposição de resíduos no solo (operação D1) é uma das operações de eliminação mais importantes, sendo geralmente conhecida como aterro. De acordo com a legislação em vigor existem três tipologias de aterro, que diferem quanto à natureza dos resíduos que recebem, mas também quanto a um conjunto de aspetos construtivos e de exploração:

aterros para resíduos inertes, aterros para resíduos não perigosos e aterros para resíduos perigosos.

A deposição de resíduos urbanos exige que seja um aterro de resíduos não perigosos, isto é, impermeabilizado, com drenagem de lixiviados e extração de biogás, dotado de infraestruturas de controlo dos referidos efluentes, em que os resíduos são compactados e cobertos por terra diariamente, dotado de um conjunto de dispositivos de monitorização, entre outros aspetos.

A decomposição do lixo produz biogás (mistura de metano e dióxido de carbono) que pode ser utilizado para produzir energia elétrica “verde”, isto é, com créditos de carbono.

1.5 TAXAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS

A taxa de gestão de resíduos, (TGR) tem contribuído para melhorar o comportamento de operadores económicos e consumidores finais, no sentido da redução da eliminação de resíduos e sua gestão mais eficiente. A TGR é assim uma forma de internalizar, por produtores de resíduos e consumidores, dos custos ambientais que lhes estão associados. Para além de funcionar como um instrumento económico de modelação de comportamentos, o regime da TGR prevê que a verba arrecadada seja consignada para os objetivos nacionais em matéria de gestão de resíduos. O valor das taxas de gestão dos resíduos a partir de 2015, é dada conforme a Tabela 1.2.

Tabela 1.2 – Valores da taxa de gestão de resíduos (APA, 2014).

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Valor da TGR (€/ton)	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11,0

Contudo a percentagem desse valor a pagar varia de acordo com o tipo de operações, assim como apresentado na Tabela 1.3

Tabela 1.3 – Percentagem a pagar por tipo de operação (APA, 2014).

Operação	Percentagem da TGR a pagar
D1 – Deposição em aterro (eliminação)	100%
D10 - Incineração (eliminação)	70%
R1 - Valorização energética (valorização)	25%

As operações de valorização material de escórias provenientes de incineração dedicada (D10 e R1) e valorização material em fornos de processo de instalações industriais (R1) estão sujeitas a deduções à TGR pela fração valorizada. Estão sujeitos a reduções de taxa de TGR a pagar os inqueimados, rejeitados, cinzas, escórias que sejam resultantes de outros resíduos já sujeitos a TGR.

1.6 INCIDÊNCIAS AMBIENTAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS

A gestão dos resíduos urbanos desde a sua alocação nas infraestruturas de recolha, até ao seu destino final, ocasiona incidências ambientais significativas ao nível de emissões e de uso de recursos, estando em causa vários aspetos tais como o clima, a qualidade do ar, os recursos hídricos, a geologia/morfologia, o ruído, mas também incidências económicas e incidências sociais (segurança, a saúde humana, emprego) que é necessário ter em conta em matéria de tomada de decisão.

De acordo com a UE, a avaliação das incidências ambientais relativas à gestão de resíduos deve recorrer ao estudo de análise de ciclo de vida (ACV), um dos processos mais importantes para informar a tomada de decisão sobre a opção mais sustentável para a gestão de resíduos e avaliação dos impactos ambientais (Al-salem et al., 2014).

O propósito da avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) é permitir obter um indicador útil ao processo de tomada de decisão, a partir dos resultados da análise de inventário do ciclo de vida (ISO, 2006a). A AICV deve interpretar os resultados do inventário em termos dos seus potenciais impactos sobre o que é referido como as " áreas de proteção " do AICV (Consoli et al., 1993), tais como: a saúde humana, o meio ambiente, os recursos naturais, entre outros.

Os estudos de avaliação de impacte ambiental baseado na metodologia de ACV, requer uma boa caracterização da situação de gestão do sistema em análise, mas também um conjunto de recursos de informação e análise, nomeadamente os disponíveis em bases de dados e ferramentas específicas de análise apropriadas.

1.7 ENQUADRAMENTO DA DISSERTAÇÃO

A tomada de decisão em ordem à redução de impactos ambientais ocorre a vários níveis desde o cidadão no seu dia-a-dia, passando pelo município, seguindo pelo sistema de gestão até ao todo nacional, e de acordo com os diferentes níveis de responsabilidade.

O contexto para a elaboração desta dissertação decorre dos objetivos da Agência para a Sustentabilidade e a Competitividade, nomeadamente “... dotar a Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro (CIRA) de um conjunto de práticas inovadoras, no contexto nacional e internacional, promovendo-a como uma região de excelência, dinâmica e competitiva, com práticas e metodologias diferenciadas, nomeadamente no que diz respeito à sustentabilidade. Neste âmbito, importa dotar a Agência de conhecimento nos seus principais eixos estruturantes, no sentido de contribuir para a definição de uma política unificadora e uma gestão sustentável dos municípios integrantes da CIRA, nomeadamente: Políticas para a Economia Verde, Eficiência Energética, Eficiência Hídrica, Resíduos, Construção Sustentável, Alterações Climáticas, Mobilidade Suave e Ecoturismo.”

1.8 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação pretende avaliar o desempenho ambiental do sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos de um município integrante da CIRA selecionado como representativo da realidade urbana e de implantação de PME (resíduos industriais equiparados a resíduos urbanos) – Estarreja, usando como metodologia a Avaliação de Ciclo de Vida complementada com a Análise de Fluxos de Materiais. Especial atenção será dada à contabilização dos gases com efeito de estufa (Pegada de carbono), tendo em vista o cumprimento de compromissos assumidos pelas autarquias em termos de sustentabilidade de desenvolvimento.

Para o efeito foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Descrever, interpretar e identificar os principais componentes do sistema de gestão de resíduos urbanos do município de Estarreja;
- Quantificar os principais fluxos materiais associados a gestão dos resíduos urbanos municipais;
- Aplicar a Avaliação de Ciclo de Vida na identificação dos componentes do sistema com impactes ambientais significativos;
- Propor soluções que reduzam os impactes ambientais da gestão de resíduos e que promovam a sustentabilidade da respetiva gestão.

2 METODOLOGIA E FERRAMENTAS

A avaliação das incidências ambientais relativas à gestão de resíduos urbanos baseados na análise de ciclo de vida (ACV), assenta numa metodologia própria, descrita sumariamente na família de normas ISO 14040, independentemente da escala a que a análise é realizada. Para este efeito é indispensável a caracterização do município ao nível das infraestruturas e modelo de gestão (inventário), mas também do sistema multimunicipal de gestão de resíduos urbanos em que se encontra integrado.

2.1 AVALIAÇÃO AMBIENTAL “ACV”

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que permite avaliar o impacto ambiental potencial associado a um produto ou atividade durante seu ciclo de vida. A ACV também permite identificar quais estágios/fases do ciclo de vida que apresentem a contribuição mais significativa para o impacto ambiental do processo em estudo. Empregando a ACV é possível avaliar a implementação de melhorias ou alternativas para produtos, processos ou serviços. As declarações ambientais de produto (DAP) podem ser baseadas em estudos de ACV, bem como a integração de aspetos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos (*design for environment*), (J. Ferreira, 2004).

2.1.1 ASPETOS GERAIS E METODOLÓGICOS

Os primeiros estudos de ACV foram realizados na década de 60 do século passado. Com a crise do petróleo, ocorreu a questão pertinente por parte da sociedade de qual era o limite da extração e explorações de recursos naturais, especialmente de combustíveis fósseis e de recursos minerais. Os primeiros estudos tinham como base o cálculo do consumo de energias, sendo denominada na altura de “análise de energia”. Estes estudos envolviam a elaboração de um fluxograma de processo, balanço de massa e de energia, pelo que o consumo de matérias-primas e de combustíveis bem como os resíduos gerados eram contabilizados automaticamente. Por estas razões alguns analistas se referiam a estes estudos como a “análise de recursos” (*resource analysis*) ou “análise do perfil ambiental” (*environmental profile analysis*).

O interesse por estudos de ACV enfraqueceu após a crise do petróleo. Porém, a ACV ressurgiu na década de 80 em decorrência do crescente interesse pela qualidade do

meio ambiental. A partir de 1990, os estudos de ACV expandiram-se muito e foram impulsionadas pela normalização proporcionada pela series de normas ISO 14040, com consequente aumento do número de estudos, publicações, conferências e congressos.

Contudo, diversos estudos de ACV sobre determinados temas aparentemente iguais, chegaram a conclusões diferentes devido às considerações feitas, idade dos dados, fronteiras adotadas, logística de abastecimento de matérias-primas e matriz energética, que são fatores críticos para os parâmetros inventariados. Estes estudos diferiam inclusive na interpretação de qual seria um sistema mais adequado para o meio ambiente. Apesar dessas restrições, estudos comparativos foram divulgados e causaram impacto no mercado de produtos concorrentes (J. Ferreira 2004; Allen, David, Charles Allport 2011).

2.1.2 NORMAS DE ACV

A padronização da metodologia de ACV teve um forte contributo da SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) que por sua vez reuniu pesquisadores líderes na área para descortinar o tema ACV em cerca de nove conferências internacionais, organizadas entre os anos de 1990 e 1993. Tendo como resultado desse esforço a publicação SETAC, "*Guidelines for Life Cycle Assessment – a code of practice*, que foi o documento pioneiro de padronização da metodologia de ACV e que, posteriormente, orientou os trabalhos de normalização internacional da ISO - *International Organization for Standardization* (Allen, David, Charles Allport 2011).

Os trabalhos de normalização internacional da ACV pela ISO, envolveram mais de 300 especialistas em ACV de cerca de 29 países, que de forma direta ou indireta deram origem à série de normas ISO 14040 relativas á ACV:

- ISO 14040 - *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework* (1997);
- ISO 14041 - *Environmental management – Life cycle assessment – Goals and scope definition and inventory analysis* (1998);
- ISO 14042 - *Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment* (2000);
- ISO 14043 - *Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation* (2000);

Estas séries de normas foram revistas e juntas em apenas duas normas da ISO:

- ISO/FDIS 14040 - *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework* (2006);
- ISO/FDIS 14044 - *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and Guidelines* (2006);

Esta série de normas também contém dois relatórios técnicos, com exemplos de aplicação das normas relativas à ACV e uma especificação técnica sobre o formato da documentação dos dados:

- ISO/TR 14047 - *Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14042* (2003);
- ISO/TS 14048 - *Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format* (2002) ;
- ISO/TR 14049 - *Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis* (2000);

2.1.3 METODOLOGIA DE ACV

Num estudo ACV de um produto ou serviço, todas as extrações de recursos e emissões para o ambiente deverão ser determinadas, quando possível numa forma quantitativa ao longo de todo o ciclo de vida, desde que "nasce" até que "morre" ("*from cradle to grave*") a partir do que são avaliados os potenciais impactes nos recursos naturais, no ambiente e na saúde humana (J. Ferreira 2004).

O processo ACV é uma abordagem sistemática faseada em quatro componentes: definição de objetivos e âmbito, análise de inventário, análise de impacte e interpretação dos resultados, como se ilustra na Figura 2.1 (ISO 14040: 1997).

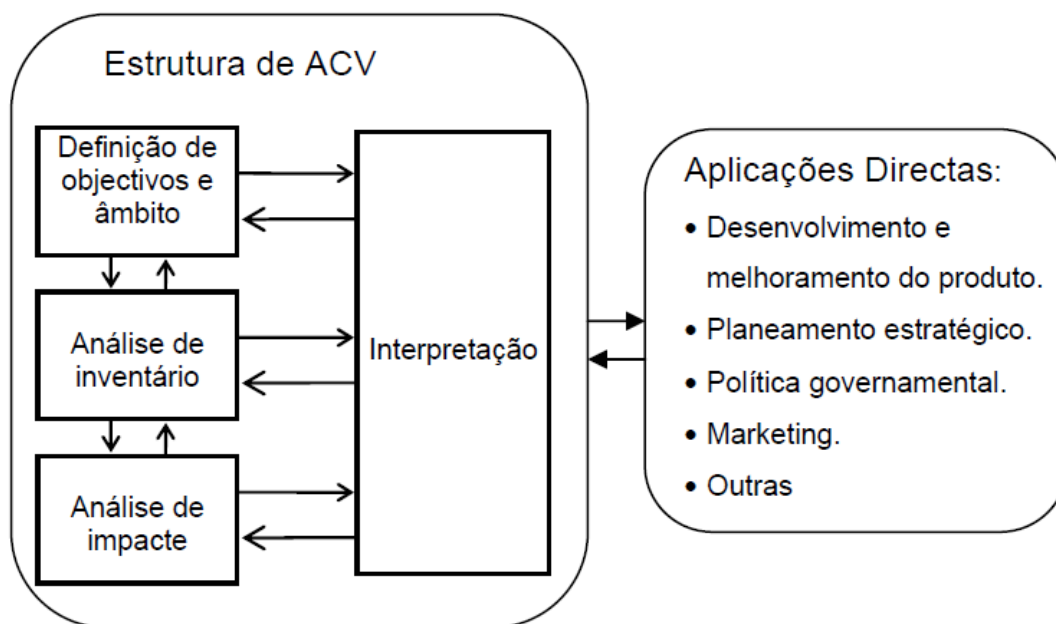


Figura 2.1 – Fases de uma Análise de Ciclo de Vida (ISO 14040:1997).

- Definição de objetivos e âmbito – Onde descreve-se o produto, processo ou atividade. Estabelece o contexto no qual a avaliação é para ser feita e identifica os limites e efeitos ambientais a serem revistos para a avaliação.
- Análise de inventário – Identifica e quantifica a energia, água e materiais utilizados e descargas ambientais (p.ex: emissões para o ar, deposição de resíduos sólidos, descargas de efluentes líquidos).
- Análise de impacte – De acordo com procedimentos específicos, determina os efeitos no ambiente e, na saúde humana, da utilização de energia, água, e materiais e das descargas ambientais identificadas na análise de inventário, podemos destacar duas categorias de indicadores:
 - Os *Midpoint indicators* inclui um conjunto métodos de avaliação de impacto ambiental que faz uma abordagem orientada para os problemas, traduzidos em temas ambientais como as alterações climáticas, acidificação, toxicidade humana (Bare et al., 2000)..
 - Os *Endpoint indicators*, inclui um conjunto de métodos com uma abordagem orientada para os danos, traduzindo em questões de interesse, como a saúde humana, o ambiente natural e os recursos naturais (Blankendaal et al., 2014). Os *Endpoint* usam categorias de impacto de *Midpoint* para avaliar danos à saúde humana, ao ecossistema e ao esgotamento de recursos (Frischknecht et al., 2005). O

Eco-indicador 99, que é um dos métodos de avaliação de impacto *Endpoint* mais utilizados na ACV, sendo o sucessor do *Eco-indicador 95*, o primeiro método de avaliação de impacto final, que permitiu que a carga ambiental de um produto fosse expressa em uma única pontuação (Turner et al., 2016). Um exemplo das duas metodologias de avaliação de impacto pode ser visualizada na Figura 2.2 (Park et al., 2016).

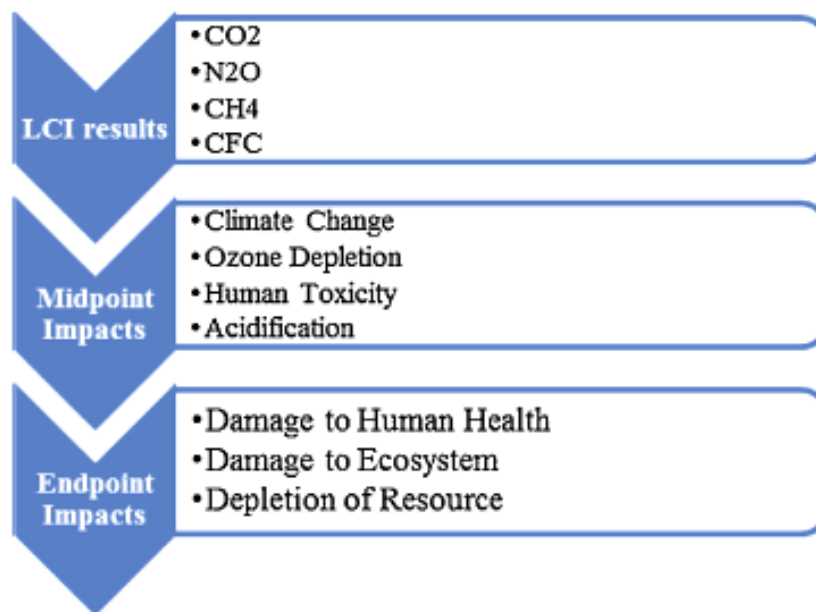


Figura 2.2 – Abordagem *Midpoint* e *Endpoint*, (adaptado de Goedkoop et al. (2012))

• **Interpretação** – Avalia os resultados da análise de inventário e análise de impacto para selecionar o produto preferido, processo ou serviço com uma compreensão clara das incertezas e suposições utilizadas para gerar os resultados. Deve salientar-se que este procedimento de ACV é focado na avaliação ambiental, não considerando os efeitos económicos e sociais diretamente.

O desenvolvimento desta área de conhecimento tem levado à elaboração de bases de dados relativas ao uso de recursos ambientais quer como fonte quer como destino final de diferentes processos tecnológicos de produção de bens e serviços (ecoinvent, ILCD, Agrobio, USDA). Em paralelo tem ocorrido o desenvolvimento de aplicações computacionais de apoio ao desenvolvimento de sistemas de produto (bens e serviços), nomeadamente: SimaPro, Gabi, *OpenLCA*, etc. (ver Matos, 2015).

2.2 ACV APLICADA À GESTÃO DE RESÍDUOS

As incidências ambientais relativas à gestão de resíduos urbanos ocorrem a diferentes níveis desde a recolha até ao destino final. A definição de unidade funcional decorre dos objetivos do estudo, sendo em geral realizada em relação a uma tonelada de resíduos.

O âmbito do estudo refere-se às fronteiras, ou seja, ao conjunto dos processos que são relevantes no contexto do estudo. No caso dos resíduos urbanos, o âmbito do estudo deve incluir a recolha quer dos resíduos de recolha indiferenciada quer os resíduos de recolha seletiva, bem como o conjunto dos processos de tratamento específico dos diferentes fluxos até à preparação de materiais para reciclagem, produção de materiais fertilizantes, produção de energia e o aterro.

As aplicações para ACV aplicadas a resíduos mais referenciadas na literatura incluem: IWM2, Easetech, Wamps.

2.2.1 APLICAÇÃO IWM2

IWM-2, (Integrated Waste management) segunda versão do *software IWM*, que permite fazer a ACV num sistema integrada de resíduos, muito utilizada por vários países de Europa, pelas empresas de gestão de resíduos (McDougall et al., 2008). Este modelo é fácil de usar, transparente e contém uma série de dados padrão para ajudar o processo de modelação e criação de novos cenários.

Apresenta descrições detalhadas e dados sobre as práticas correntes de gestão de resíduos, tais como: geração, recolha, triagem, tratamento biológico, tratamento térmico, aterros sanitários e reciclagem (McDougall et al. 2001).

A aplicação *IWM-2*, embora conceituado na análise de ciclo de vida de sistema de gestão de resíduos urbanos, pode considerar-se relativamente desatualizado pelo que se optou por não usar este software.

2.2.2 APLICAÇÃO EASETECH

EASETECH é um modelo-ACV para a avaliação de tecnologias ambientais desenvolvidos na Universidade Técnica da Dinamarca. *EASETECH* é um acrónimo para "Sistema de Avaliação Ambiental de Tecnologias Ambientais".

O objetivo principal da *EASETECH* é a realização de avaliação do ciclo de vida (ACV) de sistemas complexos de manipulação de fluxos de materiais heterogêneos, bem como as emissões ambientais associados à gestão ambiental em um contexto de ciclo de vida (Zhao et al., 2015).

Há duas principais novidades em comparação com outro *software* ACV. Em primeiro lugar, o foco é colocado sobre a modelação de fluxo de material, partindo de cada fluxo e caracterizando-o como uma mistura de frações de materiais com propriedades diferentes em termos de massa e composição, para calcular ao longo do sistema integrado, os produtos, refugos e cinzas e produtos como uma base para os cálculos da ACV (Manfredi & Christensen, 2009). Em segundo lugar, a aplicação foi projetada para permitir a fácil configuração de cenários usando uma caixa de ferramentas.

Os ensaios de utilização desta aplicação mostraram que não se dispunha das bases de dados de suporte apropriadas para a utilização normal, pelo que não pôde ser utilizada neste trabalho.

2.2.3 APLICAÇÃO WAMPS

A aplicação *WAMPS* é um software desenvolvido pelo IVL *Swedish Environmental Research Institute*, no âmbito do projecto *RECO Baltic 21 Tech* co-financiado pela União Europeia. O objetivo inicial do projeto era melhorar a capacidade local e regional de aplicar o processo de implementação da gestão de resíduos que apoia a implementação da Directiva da UE de gestão de resíduos, ajudando os países da região do Mar Báltico a resolverem os seus problemas de gestão e eliminação de resíduos. Desde o final de 2013, o *WAMPS* está disponível para uso público em www.recobaltic21.net. Contudo a avaliação da aplicabilidade deste software, mostrou que não se encontra operacional relativamente à apresentação dos resultados.

2.2.4 OUTRAS APLICAÇÕES DE ACV APLICADAS A RESÍDUOS

O uso da aplicação *OpenLCA*, que não sendo um programa específico para resíduos, apresenta alguma complexidade de utilização, necessitando de um esforço adicional de preparação e desenvolvimento que foi considerado inoportuno em relação aos objetivos e necessidades deste trabalho, pelo que não foi considerado neste estudo.

Contudo e tendo em atenção os objetivos de cálculo para a avaliação de impacto ambiental entendeu-se que seria possível desenvolver um modelo baseado em folhas Excel de ACV, que tinha a sua origem em trabalhos aplicados à gestão de resíduos de embalagem (Matos et al., 2015) usando a pegada de carbono como indicador de AICV, desde que se estendesse a parametrização aos restantes fluxos de resíduos urbanos: vidro, papel/cartão e resíduos indiferenciados.

2.3 SISTEMA DE BASE DE DADOS

Uma vez que as informações sobre as infraestruturas e a recolha dos resíduos são bastante extensas, foi necessário desenvolver um sistema de base de dados (SBD), que incluía o cadastro dos contentores e as respetivas relações com as várias especificações tais como: os arruamentos, locais/ecopontos, tipologia dos resíduos, capacidades dos contentores, frequências de recolha, percursos entre outros. Desta forma um SBD, pode ser entendido como um conjunto interrelacionado de dados numa determinada área de forma a minimizar a redundância dos dados (Lucas et al. 2008).

Os principais objetivos e vantagens de um SBD são:

- Integração de dados de suporte a múltiplas aplicações;
- Diminuição de redundâncias;
- Integridade dos dados (evitar inconsistências);
- Reduzir o custo económico e ambiental de armazenamento e recuperação de dados;
- Facilitar a pesquisa;
- Aumentar a flexibilidade das aplicações (independência dos dados relativamente aos programas);
- Desenvolvimento de mecanismos de segurança
- Controlo da concorrência

Um SBD também acarreta de algumas desvantagens como a complexidade que esta apresenta, tornando-as difíceis de formular.

Os dados antes de serem inseridos na base de dados, devem ser bem trabalhados uma vez que qualquer erro pode interferir no funcionamento geral da base de dados.

Existem diferentes tipos de base de dados (Matos et al., 2013) entre as quais destacam-se:

- Hierárquicos - Um gerenciador desse tipo representa dados como uma estrutura em árvore, composto de uma hierarquia de registros de dados;
- Redes - representa os dados como registros vinculados uns aos outros formando conjuntos comuns de dados. Existe uma similaridade muito grande entre o modelo hierárquico e o modelo em rede, pode-se entender o modelo em rede como uma generalização do modelo hierárquico;
- Relacional - representa os dados como uma simples coleção de linhas e colunas em tabelas bidimensionais, porém elas se relacionam entre si, e dependendo desse relacionamento carregam dados de outras tabelas consigo como referência à tabela que se relaciona;
- Objeto-relacional - combina o modelo orientado a objeto com o modelo relacional. Isso é feito mapeando banco de dados e classes seguindo a mesma lógica. Há *frameworks* que fazem esse trabalho, como o *hibernate* para Java.

Neste trabalho será utilizada a base de dados relacional, cuja informação é disposta em diferentes tabelas contendo pelo menos um campo em comum.

2.3.1 PROGRAMA MICROSOFT OFFICE ACCESS

Para construir um sistema de base de dados para a gestão de resíduos urbanos foi utilizado a aplicação *Microsoft Office Access*, também conhecido por *MS_ACCESS*, que é um sistema de gerenciamento de banco de dados da *Microsoft*, permitindo aos utilizadores inserir, gerir e executar relatórios sobre grandes quantidades de dados, criar formulários e gerar consultas. Esta base de dados possui, entre outras, as seguintes características:

- Corre em ambiente Windows, o que se torna vantajoso porque incorpora com as características do sistema operativo com grande poder gráfico, facilitando assim o tratamento das informações;
- Permita a visualização de informação de forma atualizável;
- Garante a segurança da informação, através da utilização de normas de acessos aos usuários;

- Garante a integridade referencial, permitindo que as associações definidas previamente advertam as inconsistências ou a eliminação indevida de ocorrências.

Em MS_Access a informação é disposta em várias tabelas independentes, consoante as especificações existentes, mas podem-se relacionar através de associações. As relações entre as tabelas podem ser de um para um (1:1), quando em duas tabelas dá-se a mesma ocorrência, de um para muitos (1:N), quando numa tabela existe apenas uma ocorrência para várias ocorrências de outra tabela e por fim uma tabela com várias ocorrências que relaciona com a outra tabela também com muitas ocorrências, as relações de muitos para muitos (N:N). Em cada tabela há um elemento chave, a chave primária, que possibilitará a relação entre tabelas (Figura 2.3).

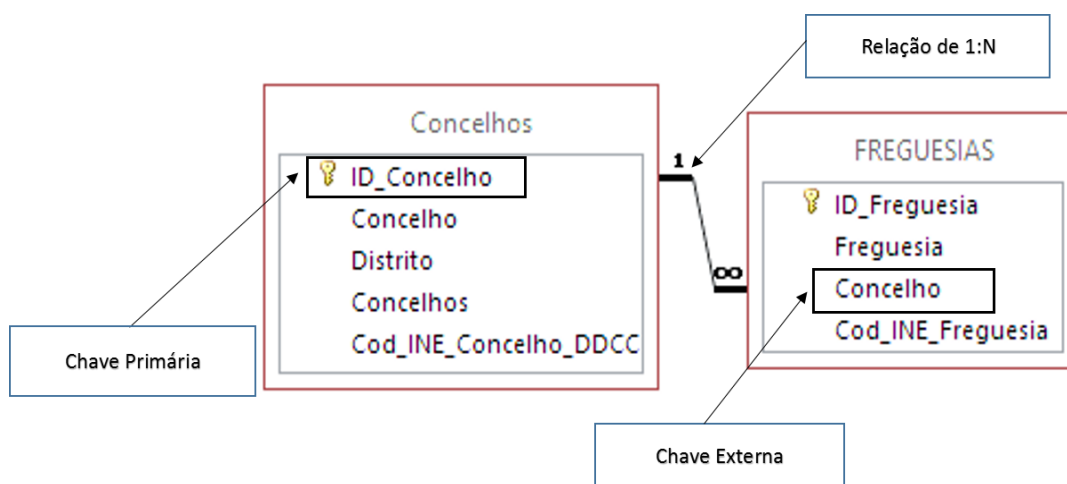


Figura 2.3 – Conceito de chave primária, chave externa e relação 1:N em bases de dados

2.3.2 APLICAÇÃO DE SBD À GESTÃO DE RESÍDUOS

A utilização de SBD aplicados à gestão de resíduos é indispensável se atender à complexidade das tarefas de gestão. Essas tarefas incluem o cadastro de infraestruturas, a operação e a gestão. Um modelo base aplicado à gestão de resíduos foi proposto por (Matos et al., 2014) em resultado da aplicação a um caso de estudo (Monteiro, 2013).

O SBD pode ainda fornecer tabelas com informação diretamente aplicável em sistemas SIG mas também pode receber informação a partir de tabelas geradas em SIG .

2.4 REPRESENTAÇÃO DE UM SBD E ANÁLISE EM SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são um conjunto de procedimentos (manuais ou automáticas), utilizados com o objetivo de armazenar e manipular informação georreferenciada através da Figura 2.4 pode se visualizar as funcionalidades em SIG.

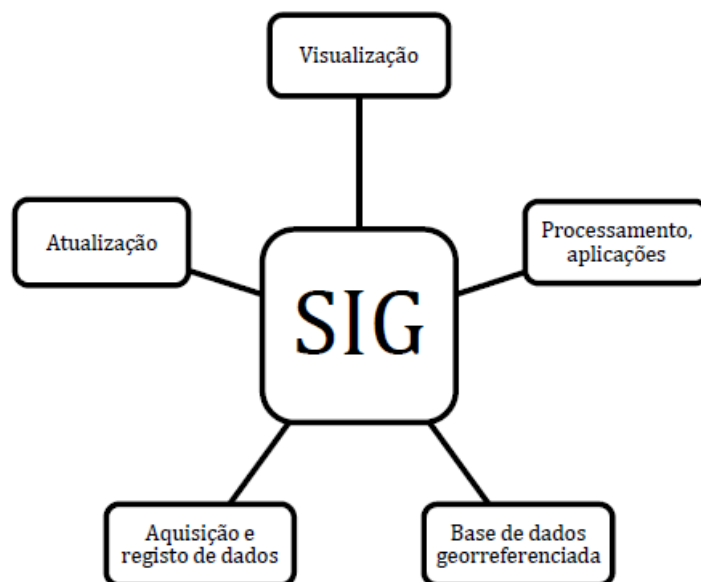


Figura 2.4 – Funcionalidades de um SIG (Matos et al., 2013)

No decorrer dos anos, o desenvolvimento das tecnologias de suporte aos SIG (destacando as várias aplicações informáticas e computadores) derivado a soluções que esta oferece a vários problemas, aumentando os ganhos de produtividade, SIG tornou-se numa ferramenta importante para o desenvolvimento económico e estratégico de várias organizações. A ferramenta SIG dispõe de várias vantagens como:

- Fácil gestão e armazenamento de dados geográficos;
- Facilidade de trabalhar com quantidade de informação;
- Rapidez com que a informação é utilizada;
- Melhoria da comunicação, pois é uma forma mais fácil de visualizar qualquer situação geograficamente.

Ao longo deste trabalho utilizar-se-á o pacote *ArcView* da ESRI que disponibiliza ferramentas de análise e mapeamento: o *ArcCatalog* e o *ArcMap*.

- *ArcCatalog*, permite pesquisar, criar e organizar dados geográficos. Das várias outras funções que o aplicativo dispõe, salienta-se a capacidade de suporte de diferentes padrões de metadados, permitindo a sua criação, edição e visualização, viabiliza a produção de regras topológicas de arquivos vetoriais e possibilita a conversão de dados para diferentes formatos.
- *ArcMap* é empregado para todo o tipo de construção de mapas de informação georreferenciada, para todos os tipos de análise espacial e todas as tarefas de edição. Este oferece ferramentas simples de edição para construção cartográfica e de análise espacial. A informação geográfica é trabalhada através de mapas interativos, o que torna o aplicativo com grande dinamismo, propiciando a visualização de dados geográficos e apresentar resultados representativos.

2.4.1 REPRESENTAÇÃO E ANÁLISE ESPACIAL DA CONTENTORIZAÇÃO

Representar cada um dos contentores em SIG é mais uma etapa deste trabalho para que se possa saber o esforço de recolha de resíduos necessários.

Num primeiro domínio é aconselhável a criação de um *geodatabase* em ambiente *ArcCatalog*, que facilita o armazenamento de toda informação geográfica e atributos do trabalho.

A representação espacial dos pontos de recolha deve ser antecedida de uma verificação e análise da listagem de contentores com as especificações evidenciadas, sob forma de uma tabela de Excel, de modo a verificar a consistência da informação, em particular ao nível das coordenadas geográficas referentes aos locais de recolha e despejo dos resíduos no âmbito das atividades de recolha. Esta informação pode ser reorganizada sob diferentes tabelas em uma base de dados, sendo que esta permite a exportação de uma tabela específica sob formato Excel, referente aos diferentes locais onde ocorre o serviço de recolha, definidos em termos de coordenadas de latitude e longitude, de acordo com o referencial UTM WGS 84 29N.

Esta tabela excel pode ser importada directamente para SIG, incorporando uma *geodatabase*, através do *ArcCatalog* ou directamente para o ambiente *ArcMap*. Sendo necessário definir quais são as colunas referentes às coordenadas XX e YY aplicando o comando “*Display XY data*”, evidenciando o referencial cartográfico que está sendo utilizado.

A partir da localização de contentores é possível determinar a acessibilidade do serviço de recolha bem como definir circuitos de recolha.

2.4.2 PERCURSOS

Uma vez localizados os pontos de recolhas de resíduos indiferenciados e tendo em vista determinar o esforço de recolha, é necessário estabelecer os circuitos de recolha, tendo em conta a frequência e as quantidades a recolher. Para tal é criada uma *feature class shapefile polyline* em ambiente *ArcCatalog* tendo sempre atenção o sistema de coordenadas que é utilizado, em seguida é importado para *ArcMap*, e com auxílio da ferramenta “*Editor*” é possível traçar o percurso realizado entre cada um dos pontos.

O cálculo das distâncias entre sucessivos locais de cada percurso é possível no *ArcMap*, recorrendo a função “*Length*” existente na “tabela de atributos” que calcula a distância entre os pontos.

2.5 ANÁLISE DE FLUXO DE MATERIAIS

A análise de fluxo de materiais (AFM) que é uma avaliação sistemática dos fluxos e estoques de materiais (produtos e substâncias) dentro de um sistema definido no espaço e no tempo. Muitas das vezes são aplicados para apoiar tomada de decisão na gestão de resíduos sólidos (Turner et al., 2016).

Um modelo de AFM, consiste nos seguintes componentes (Cencic, 2016):

- Sistema fronteira, tem que se definir no espaço e no tempo que os dados a considerar. A fronteira do sistema espacial poderia ser, por exemplo, a fronteira logística de uma empresa ou a fronteira espacial de uma região, o limite do sistema em tempo, por exemplo, um ano do balanço.
- Processos, para um modelo, os processos que interessam têm que estar localizados dentro do limite do sistema, sendo que as que se encontram fora do limite não são tidos em conta. Eles funcionam como o saldo usando a lei da conservação da massa. Alguns processos podem conter ações ou subsistemas que podem ser descritos por um modelo adicional.
- Fluxos, podemos distinguir entre os fluxos internos (eles se conectam processos dentro do sistema) e dos fluxos que cruzam a fronteira do sistema. Estes são chamados de fluxos de importação ou exportação, respetivamente.

Tendo em conta o diagrama elaborado pela ERSUC para região de Aveiro e Coimbra, sabendo a parcela pertencente ao município de Estarreja, determinou-se as quantidades que seguem para cada etapa do processo e recorrendo a todas as ferramentas que esta

aplicação oferece foi elaborada um diagrama de fluxos, que permite balancear os quantitativos a nível de resíduos no município em estudo.

A aplicação STAN disponível no site <http://www.stan2web.net/>, (análise de fluxo de substância, versão 2.5), desenvolvido e disponibilizado pela Universidade Técnica de Viena (Arena & Di Gregorio, 2014) foi usada neste trabalho para representar o diagrama de fluxos de materiais e resíduos para o município de Estarreja.

3 CASO DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E INFORMAÇÃO DE BASE DO MUNICÍPIO DE ESTARREJA

O concelho de Estarreja encontra-se situado na Região Centro de Portugal Continental, na Beira Litoral; constitui parte integrante da Sub-região do Baixo Vouga, localizando-se na zona NW da NUT II – Região Centro, que é constituída por 12 concelhos. “O concelho de Estarreja é dos concelhos ribeirinhos da Ria de Aveiro, caracterizando-se pela existência de esteiros e canais de influência marinha em todas as freguesias, apresentando uma diversidade de biótopos (águas livres, ilhas com vegetação, vasas e lodos, sapais, salinas e campos agrícolas), com grande importância do ponto de vista ecológico” (URL1). O concelho de Estarreja abrange uma área total de 108,11 km², com cerca de 26.997 habitantes distribuídas pelas freguesias de Avanca, Beduído e Veiros, Canelas e Fermelã, Pardilhó e Salreu assim como mostra a Figura 3.1.

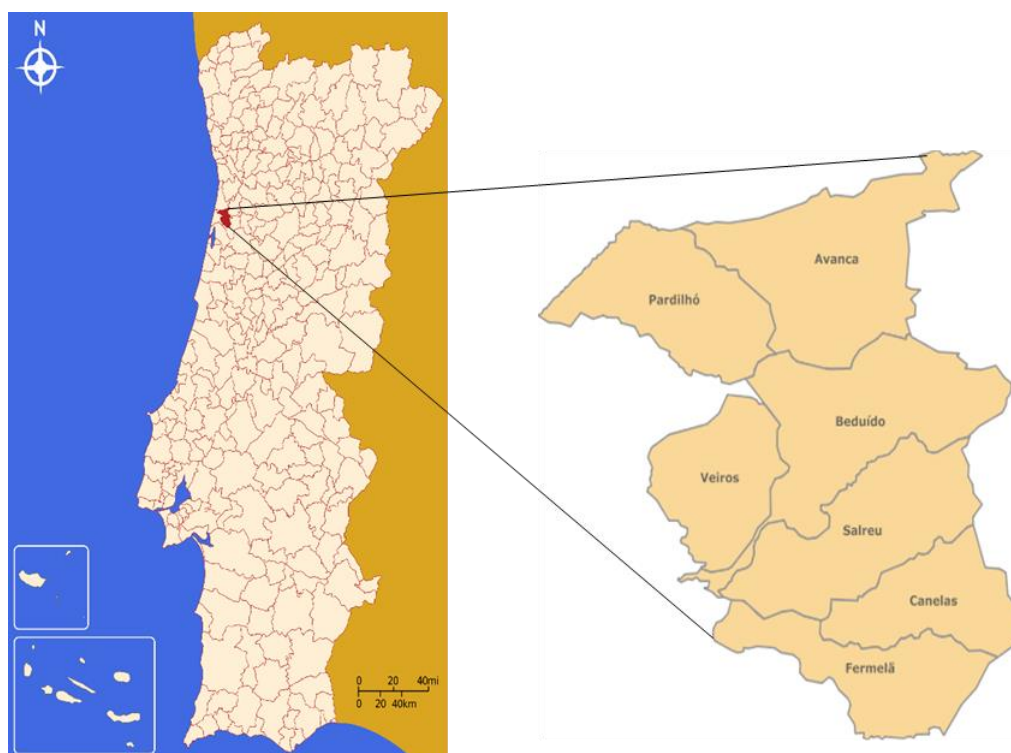


Figura 3.1 – Localização do município da Estarreja e as respetivas freguesias.

O concelho de Estarreja é limitado pelos concelhos de Ovar, Oliveira de Azeméis, Albergaria-a-Velha e Murtosa, sendo servido por um conjunto de eixos viários: o Itinerário Principal 1/Autoestrada (IP1/A1) Itinerário Principal 5 (A25); Estrada Nacional 109 (EN 109); Estrada Nacional 224 (EN 224); Estrada Nacional 1-12 (EN 1-12); Estrada Nacional 109-5 (EN 109-5); Estrada Nacional 224-2 (EN 224-2); Estrada Nacional 224-3 (EN 224-3); Itinerário Complementar (IC1/A29 – Troço Estarreja / Maceda). É ainda servido a nível ferroviário pelo Caminho de Ferro da CP – Linha Norte.

Todo o concelho é bastante recortado por linhas de água, sendo o mais importante o rio Antuã, caracterizado por margens bem protegidas onde se registam por vezes declives superiores a 25, com represas e azenhas ao longo do seu curso. A população residente nas diferentes freguesias do concelho de Estarreja, de acordo com o Censo 2011, é apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Distribuição da população residente (INE, Censo 2011).

Freguesia	Pop. Resid. Total
Avanca	6189
Beduído e Veiros	10047
Canelas e Fermelã	2770
Pardilhó	4176
Salreu	3815
Total Estarreja	26997

3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS DE ESTARREJA

No passado, até cerca de 2001, a CME dispunha de um serviço de recolha de resíduos urbanos e dispunha de um aterro controlado para a respetiva disposição final.

A Câmara Municipal de Estarreja, através da Subunidade de Higiene e Limpeza Pública, detém a responsabilidade pela gestão dos resíduos urbanos do município (RUI), ou seja, assegurar a recolha, o transporte, o tratamento e destino final destes resíduos, independentemente das concessões da gestão que possa entender fazer.

Atualmente, o município de Estarreja concessionou à empresa LUSAGUA a recolha e o transporte até à estação de transferência de Estarreja dos resíduos urbanos indiferenciados, monos e resíduos de limpeza de jardins e mercados e arruamentos. As restantes

atividades de gestão de resíduos do município de Estarreja encontram-se concessionadas à ERSUC, empresa multimunicipal, no âmbito de contrato público.

3.2.1 ERSUC – RESÍDUOS SÓLIDOS DO CENTRO, S.A

O Sistema Multimunicipal de Tratamento e Valorização de Resíduos Sólidos Urbanos do Litoral Centro (ERSUC) foi criado pelo Decreto-Lei nº 166/96, de 5 de setembro, com uma área geográfica correspondente a 31 Municípios (Águeda, Albergaria-a-Velha, Alvaiázere, Anadia, Ansião, Arganil, Arouca, Aveiro, Cantanhede, Castanheira de Pêra, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Figueiró dos Vinhos, Góis, Ílhavo, Lousã, Mealhada, Mira, Miranda do Corvo, Montemor-o-Velho, Murtosa, Oliveira de Azeméis, Oliveira do Bairro, Ovar, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penacova, Penela, S. João da Madeira, Sever do Vouga, Soure, Vagos, Vale de Cambra e Vila Nova de Poiares) tendo logo de imediato sido integrado o Município de Albergaria-a-Velha e, em 1998 integrados os Municípios de Arouca, Oliveira de Azeméis, S. João da Madeira e Vale de Cambra, perfazendo, assim, 36 Municípios abrangendo uma área de 6700 km² e servindo uma população de cerca de 1 milhão de habitantes. A exploração e gestão do Sistema foi, pelo mesmo diploma legal, atribuída à ERSUC – Resíduos Sólidos do Centro, S.A (ERSUC, 2015).

A ERSUC possui dois aterros para resíduos não perigosos (Aveiro e Coimbra) com aproveitamento do biogás, as estações de transferência, o sistema de tratamento mecânico biológico (TMB), o tratamento dos lixiviados dos aterros, um conjunto de estações de transferência, uma instalação de triagem de resíduos com origem na recolha seletiva, um conjunto de contentores de recolha seletiva, uma frota de veículos de transporte, entre outros equipamentos (ERSUC 2015).

Em termos de equipamento de recolha instalado, a ERSUC dispunha em 2014 de 12 412 contentores de recolha seletiva, 4974 vidrões, 3751 papelões e 3687 embalões na região de Aveiro e Coimbra, servindo um total de 938367 habitantes (ERSUC, 2015), atingindo assim uma densidade média de 1 contentor de recolha seletiva por cada 76 habitantes, inferior ao mínimo recomendado pela União Europeia que estabelece como meta: 1 Eco-ponto/500 habitantes.

Em 2014, na atividade da recolha seletiva, foram percorridos 1.649.454 km para recolher 402.955 contentores, o que representa um decréscimo de 0.6 % em quilómetros e um decréscimo de 3% em contentores recolhidos em relação ao ano anterior. Em termos

médios as viaturas da ERSUC têm de percorrer 59 km para recolher uma tonelada de resíduos recicláveis, menos 1.08% que no ano anterior.

A Tabela 3.2 mostra a totalidade anual dos resíduos urbanos recebidos pela ERSUC incluindo os resíduos gerados pela limpeza urbana, monos, ramagens e jardinagens e madeira, que não pode ser reciclada, tal como consta na tabela que se segue.

Tabela 3.2 – Total de RU entregues para tratamento nas Unidades de Tratamento Mecânico e Biológico de Aveiro para o ano 2014. (ERSUC, 2015)

CITVRSU de Aveiro	Municípios	Total anual (ton)
Unidade de tratamento mecânico e biológico	Águeda	15350
	Albergaria-a-Velha	8233
	Aveiro	34963
	Ílhavo	18385
	Oliveira do Bairro	7675
	Vagos	7747
E. T. Ossela	Arouca	5425
	Oliveira de Azeméis	22285
	São João da Madeira	9509
	Vale da cambra	8397
E. T. Estarreja	Estarreja	8830
	Murtosa	4597
	Ovar	25965
E. T. Sever	Sever de Vouga	3013
Total do CITVRSU de Aveiro		180375

A ERSUC estabeleceu vários objetivos estratégicos que são (ERSUC, 2015):

- Assegurar a capacidade de tratamento de resíduos sólidos urbanos da área geográfica do Sistema Multimunicipal do Litoral Centro e promover a sua reposição;
- Cumprir as metas de valorização de resíduos urbanos da área geográfica do Sistema Multimunicipal do Litoral Centro, em linha com as disposições legais e comunitárias aplicáveis;
- Disponibilizar um serviço público regular, com um nível adequado a um custo socialmente aceitável, como reflexo de uma gestão eficaz e eficiente;
- Assegurar a sustentabilidade técnica, económica e financeira das operações;

- Promover as sinergias entre a atividade em baixa (recolhas seletiva e indiferenciada) e em alta (tratamento e valorização), de modo a minimizar os custos envolvidos;
- Promover a adoção das melhores práticas do sector ao nível da qualidade, gestão ambiental, higiene, saúde e segurança no trabalho, responsabilidade social e governo empresarial;
- Promover a adoção das tecnologias ambientalmente mais adequadas;
- Desenvolver o potencial de valorização energética dos resíduos nas suas diferentes formas e outras energias renováveis, acessórias das atividades principais da empresa;
- Contribuir para a investigação e o desenvolvimento do sector da gestão de resíduos sólidos urbanos, através da cooperação com os meios académico e empresarial.

3.2.2 LUSÁGUA – SERVIÇOS AMBIENTAIS, S.A

A LUSÁGUA é uma empresa privada que atua desde 1987, como uma das mais importantes empresas nas áreas da prestação de serviços de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais e de recolha de resíduos diretamente à população, às autarquias e à indústria.

A LUSÁGUA presta serviços nas áreas da conceção de sistemas, gestão de projetos e exploração de serviços públicos de abastecimento, saneamento e de recolha de resíduos e limpeza urbana, procurando, por um lado, assegurar a qualidade e disponibilidade da água que é fornecida aos consumidores e, por outro, a proteção dos recursos hídricos e a preservação da saúde pública.

3.3 PRODUÇÃO E RECOLHA DE RESÍDUOS URBANOS

A produção de resíduos urbanos é avaliada a partir da quantidade de resíduos urbanos recolhidos e entregues para tratamento e destino final à ERSUC, quer como resíduos da recolha seletiva quer como resíduos da recolha indiferenciada.

Dado que o município apresenta, largas áreas de floresta e ocupação agrícola, a habitação unifamiliar predomina em área rural, verificando-se alguns núcleos semi-urbanos de

habitação com prédios de poucos pisos (em geral até 3 pisos) e um núcleo urbano com prédios de pouca altura (até 5 pisos), conforme é possível constatar por visita ao município, é provável que uma fração significativa dos resíduos orgânicos (resíduos verdes e biorresíduos) não seja alocada aos contentores, pois pode ser usada quer na alimentação animal quer para produzir composto.

3.3.1 RECOLHA SELETIVA

Recolha seletiva é o termo utilizado para a recolha em separado de alguns tipos de resíduos, em função da respetiva natureza, sendo que se destinam a preparar materiais ditos reciclados para o mercado, requerendo, contudo, a separação na origem por parte dos munícipes.

Em Estarreja e no âmbito dos resíduos recicláveis, foram definidos três fluxos de resíduos, cada um dos quais sujeito a recolha específica: resíduos de vidro a recolher a partir de contentores verdes (vidrões), resíduos de papel e cartão a recolher a partir de contentores azuis (papelões) e embalagens e resíduos de embalagem, respeitando a materiais de diferentes naturezas (plásticos diversos, metais, compósitos) a recolher a partir de contentores amarelos (embalões).

Para o caso em estudo, a recolha uma tonelada de resíduos de recolha selectiva dos diferentes fluxos de vidro, papel/cartão e embalagens é necessário percorrer 20,0 km, 13,06 km e 159,4 km respetivamente.

Em 2014, o município de Estarreja dispunha de um total de 175 vidrões, 134 papelões e 134 embalões (ERSUC, 2015). Na Tabela 3.3 que se segue é apresentado um histórico anual dos quantitativos que têm sido recolhidos desde 2010 até 2015.

Tabela 3.3 – Quantitativos anuais da recolha seletiva (ERSUC, 2015).

Estarreja Total anual (ton.)						
Ecoponto	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vidrão	488,6	510,4	447,7	445,8	455,3	447,0
Papelão	238,0	238,0	206,4	211,5	237,2	245,6
Embalão	131,6	132,5	128,4	132,7	194,2	173,6

As quantidades anuais de resíduos recicláveis, o número de contentores disponível, a densidade de ocorrência de contentores e a capitação, vêm indicados no Anexo D para

os diferentes municípios servidos pela ERSUC (Aveiro). A partir da respetiva análise pode concluir-se que Estarreja apresenta 16,7 contentores de recolha seletiva por cada 1000 habitantes em 2014 (respetivamente 6,6/5,0/5,0 para vidro/papel/embalagens por cada 1000 habitantes), o que compara favoravelmente quer com a recomendação da EU de 6 contentores/1000 habitantes (1 ecoponto por cada 500 habitantes) quer com a média da ERSUC (Aveiro) de 12,3 contentores/1000 habitantes (respetivamente 4,9/3,6/3,7 para vidro/papel/embalagens por cada 1000 habitantes), conforme se pode verificar no Anexo D.

Em relação à capitação de resíduos de recolha seletiva em 2014, verifica-se que o município de Estarreja recolhe seletivamente 33,6 kg/hab.ano (respetivamente 17,1/9,1/7,3 kg vidro/papel/embalagens por cada habitante e por ano), o que compara favoravelmente com a média da ERSUC (Aveiro) de 29,7 kg/habitante.ano (respetivamente 15,7/6,9/7,1 para resíduos de vidro/papel/embalagens por habitante e por ano), conforme se pode verificar no Anexo D.

3.3.2 RECOLHA INDIFERENCIADA

Os resíduos urbanos indiferenciados recolhidos são entregues na Estação de Transferência de Estarreja e depois transportados para Eirol/Aveiro e entregues na estação de tratamento e valorização de resíduos da CITVRSU.

Para o efeito o município de Estarreja dispõe de uma infraestrutura de contentorização baseada em contentores fixos de 800litros de capacidade e *moloks* de 3 a 5m³ de capacidade dispostos na rede viária de acordo com a densidade populacional e a frequência do serviço de recolha pelo que a distribuição não é uniforme no território. São consideradas zonas urbanas e zonas rurais, e também tem muito a ver com a densidade populacional, pelo que existe uma concentração de infraestruturas de recolha na freguesia do Beduído, seguido de Avanca, que são as duas maiores freguesias do município. A Figura 3.2 representa a distribuição de contentores e *moloks* pelas freguesias do município.

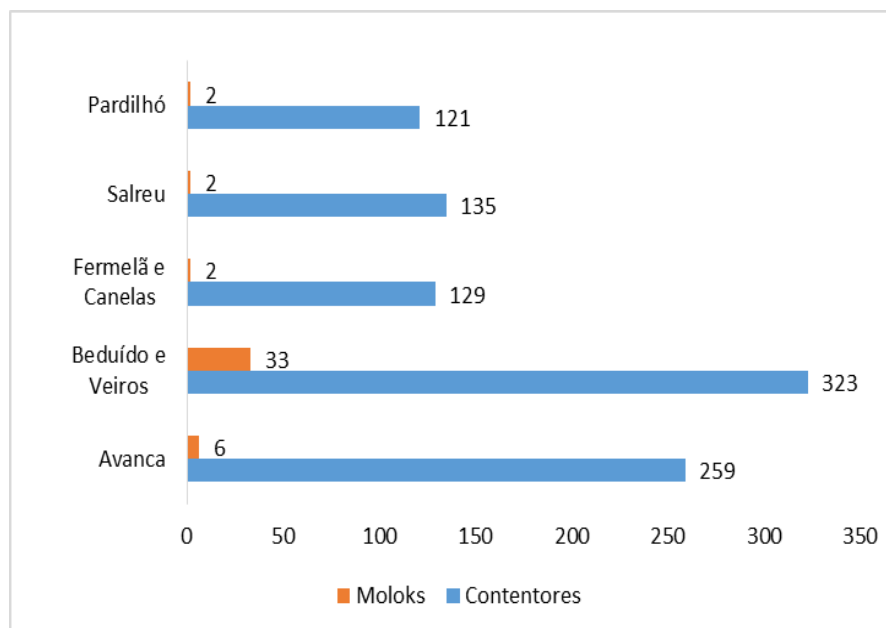


Figura 3.2 – Distribuição de equipamentos de recolha de RUI.

A recolha de resíduos urbanos indiferenciados respeita aos resíduos urbanos que são colocados pelos munícipes nos contentores de recolha indiferenciada, mas também inclui os resíduos produzidos pelos serviços de limpeza dos espaços públicos, independentemente da sua natureza. Na Tabela 3.4, é apresentado um histórico anual dos RU indiferenciados entregues à ERSUC pelo município de Estarreja.

Tabela 3.4 – Quantitativos anuais de recolha indiferenciada (ERSUC, 2015).

Ano	Resíduos de recolha indiferenciada (ton)
2011	9474
2012	9143
2013	8542
2014	8830
2015	9047

O esforço de recolha que é atualmente realizado, não se encontrava disponível em documentação aberta. Ao contrário, sabendo as especificações de serviço de recolha indiferenciada (tipo de contentores, localização, frequência de recolha, sequência de recolha, entre outros), entendeu-se ser possível estimar esse esforço de recolha, em particular a distância percorrida, recorrendo à aplicação de informação geográfica ArcGIS.

3.3.3 FREQUÊNCIA E CIRCUITO DE RECOLHA INDIFERENCIADA

O município de Estarreja, possui um conjunto de itinerários/circuitos de recolha de RUI, realizados de acordo com uma frequência semanal especificada para os diferentes locais do município. Os centros urbanos do município, com é o caso dos núcleos urbanos correspondentes ao centro de Estarreja, Beduído, Avanca, Pardilhó, a recolha é feita três vezes por semana, sendo que a restante recolha ocorre em circuitos que se realizam duas vezes por semana conforme a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Frequência de recolha de resíduos indiferenciados.

EC1N	Trissemanal	Avanca	Domingo/Segunda Terça/Quarta Quinta/Sexta	22:00 às 07:00
		Centro de Estarreja (limitado por linha norte da CP, R. Vale do Antuã, R. Dr. Fernando Gomes, R. da Quinta Velha e R. da Arrozinha)		22:00 às 06:00 22:00 às 03:00
EC2N	Trissemanal	Pardilhó	Segunda/Terça Quarta/Quinta Sexta/Sábado	22:00 às 06:00 22:00 às 05:00 22:00 às 03:00
		Beduído (limite R. do Outeiro até ao cruzamento da R. de Santa Bárbara com a R. das Enxutas) + R. da Areosa do Norte e R. Areosa do Sul + R. da Brejinha + R. do Passal + E.N.109 até à Rotunda de acesso A29 (Avanca)		
		A poente da linha norte da CP até à R. Francisco Rico (exclusivé)		
		Canto do Esteiro + R. do Molarinho		
		Centro de Estarreja (limitado por linha norte da CP, R. Vale do Antuã, R. Dr. Fernando Gomes, R. da Quinta Velha e R. da Arrozinha)		
EC1D	Bissemanal	Canelas	Segunda Sexta	06:00 às 15:00 06:00 às 13:00
		Fermelã		
		Santo Amaro (desde ponte da A29 até ao Barreiro de Além)		
		Veiros (exceto urbanização da Póvoa de Baixo)		
EC2D	Trissemanal	Salreu	Terça Quinta Sábado	06:00 às 13:00 06:00 às 14:00
		R. Francisco Rico + Urbanização da Póvoa de Baixo + Zona do Canedo		
		Indústrias (*)		
Moloks	Bissemanal	Todo o concelho (alguns são também recolhidos à quarta-feira)	Segunda Sexta	06:00 às 15:00

Com base nessas informações de frequência e circuito, foi possível estimar os itinerários da recolha dos RUI no município em suporte SIG, mais concretamente usando a aplicação *ArcMap*, tendo ainda sido adicionado mais um percurso designado de “EC3N”.

3.4 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS URBANOS

O tratamento dos resíduos na região de Aveiro e Coimbra está a cargo de ERSUC. Em 2014 foram recebidas e tratadas um total de 388 403 toneladas de resíduos nas infraestruturas da ERSUC, separando-se em 358 628 toneladas de resíduos indiferenciados e 29 775 toneladas de resíduos recolhidos seletivamente. Do total recolhido de resíduos indiferenciados 358.628 foram encaminhadas para as unidades de tratamento mecânico e biológico, 29.775 toneladas, enviadas para as estações de triagem e 70,34 toneladas foram armazenadas temporariamente. O diagrama do processo de tratamento de resíduos urbanos da ERSUC, encontra-se na Figura 3.4 para as duas instalações da ERSUC de tratamento dos resíduos urbanos na região de Aveiro e Coimbra.

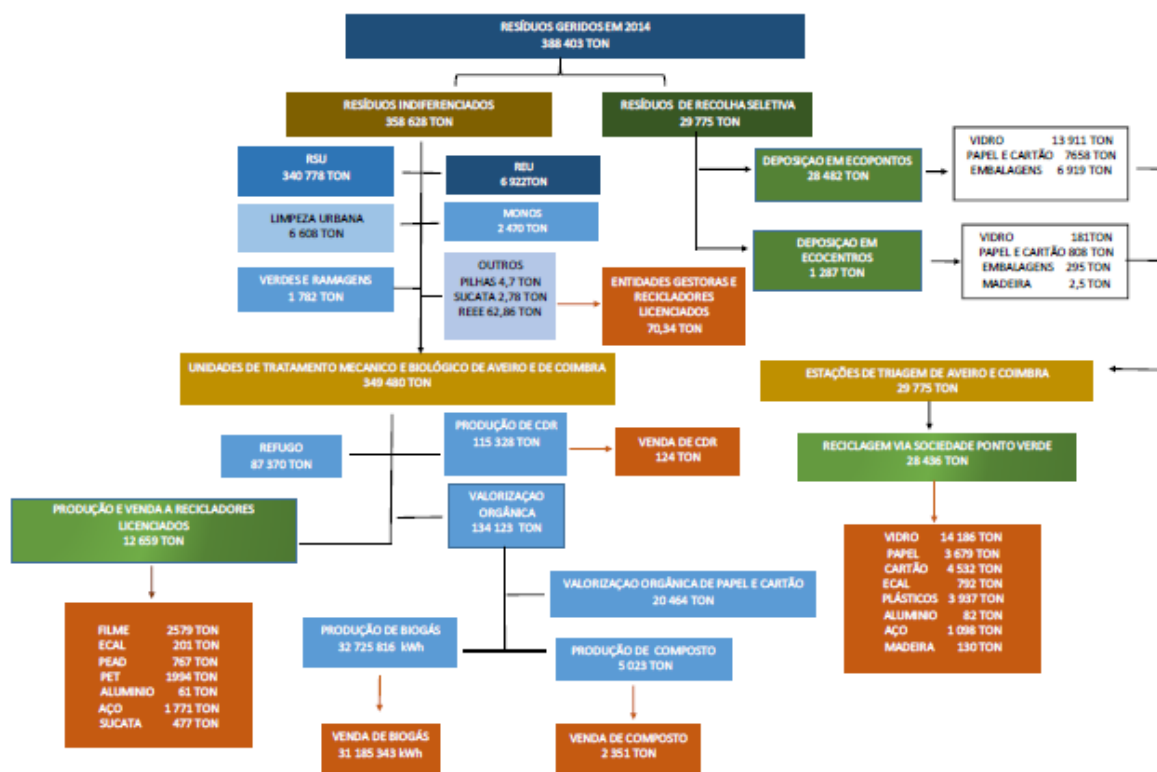


Figura 3.3 – Diagrama de fluxos de resíduos geridos por tipologia e origem. (ERSUC, 2014)

Das 349.480 toneladas de resíduos encaminhados para tratamento e valorização através do tratamento mecânico e biológico, 87.370 toneladas foram depositadas em aterro, prepararam-se 115.328 toneladas para produção de combustível derivado de resíduos, foram produzidas e vendidas 12.659 toneladas de resíduos recicláveis. Foram valorizadas organicamente 134.123 toneladas, incluindo 20.464 toneladas de papel e cartão, tendo sido produzidas 5.023 toneladas de composto e 312 725 816 kWh de eletricidade.

Em 2014, a ERSUC vendeu 2.351 toneladas de composto, 124 toneladas de CDR e 31 185 343 kWh de energia elétrica produzida a partir do biogás.

Para os efeitos deste trabalho, e no que respeita ao município de Estarreja considerou-se os referidos valores como indicadores de base para o modelo de gestão a estudar, considerando o fator de proporcionalidade dado pela fração dos resíduos urbanos provenientes do município de Estarreja em relação ao total dos resíduos urbanos que é gerido pelo sistema Multimunicipal ERSUC

3.5 INFORMAÇÃO DE BASE PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

A determinação das incidências ambientais de gestão de resíduos urbanos, parte necessariamente de um estudo aprofundado da realidade a que se aplica, nomeadamente as quantidades e a natureza dos resíduos, as operações de gestão a que são sujeitos, os processos de tratamento e os diferentes destinos finais para os resíduos e produtos.

A informação base que foi obtida numa primeira fase, encontra-se uma boa parte no *site* da empresa multimunicipal de Resíduos Sólidos do Centro, S.A (ERSUC, 2015) onde é possível obter informação já trabalhada quer dos quantitativos relativos à recolha seletiva e indiferenciada, quer ao esforço de recolha de resíduos recolhidos seletivamente, e ainda as quantidades tratadas e produtos produzidos, conforme já apresentado na secção anterior.

3.5.1 CIRCUITOS DE RECOLHA DE RESÍDUOS INDIFERENCIADOS

A informação específica do serviço de recolha indiferenciada, nomeadamente a localização de contentores de recolha de resíduos indiferenciados, a frequência de recolha, os circuitos de recolha, os quantitativos diários quer de resíduos urbanos recolhidos quer de resíduos enviados para tratamento para um mês de referência, foi obtida junto dos servi-

ços municipais com as competências para a higiene e limpeza do município da Câmara Municipal de Estarreja.

Tabela 3.6 – Listagem de contentores de recolha indiferenciada do município de Estarreja (excerto).

Nome	Latitude	Longitude	Local	Rota	Dias de Recolha
001	40,725559	-8,369568	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
002	40,725559	-8,369568	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
003	40,785954	-8,566409	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
004	40,788079	-8,567124	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
005	40,792513	-8,553417	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
006	40,79386	-8,558165	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
007	40,796147	-8,565444	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
008	40,796627	-8,566953	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
009	40,797444	-8,568548	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
010	40,797063	-8,569532	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)
011	40,796616	-8,571787	Avanca	EC1N	2. ^a , 4. ^a e 6. ^a (madrugada)

As coordenadas geográficas apresentadas na informação inicialmente disponível, extraídas do *Google Earth*, foram convertidas para as coordenadas retangulares UTM, *datum* WGS84 29N através da aplicação *Google Earth*.

3.5.2 ORGANIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Para o registo da informação foi estabelecida um conjunto de especificações e dados que são necessárias à realização do inventário, deste modo partiu-se de um ficheiro de base de Excel o qual já continha uma diversidade de especificações, que posteriormente foram preenchidas de acordo com as informações das infraestruturas de recolha, assim como demonstra a Tabela 3.7a e Tabela 3.7b.

Tabela 3.7a – Tabela contendo especificações de registo da informação de base na folha do Percurso (excerto).

ID_Local	Percurso	Freguesia	Arruamento	Local	Coordenadas XX	Coordenadas YY	Contentor_ref
17	EC1N	Avanca	Rua do Falcão	Av - Rua do Falcão - Junto ao N°1	536583,43	4515086,79	EST0017
18	EC1N	Avanca	Rua do Falcão	Av - Rua do Falcão - Junto ao N°2	536521,94	4515322,38	EST0018
19	EC1N	Avanca	Rua do Fojo	Av - Rua do Fojo - Junto ao N°1	537675,90	4515820,38	EST0019
20	EC1N	Avanca	Rua do Fojo	Av - Rua do Fojo - Junto ao N°2	537274,58	4515967,88	EST0020

Tabela 3.7b – Tabela contendo especificações de registo da informação de base na folha do Percurso (excerto) (continuação).

Contentor_tipo	Contentor_capacidade	Contentor_estado	ID_Serviço	ID_Serviço_frequência	ID_Serviço_contrato	Entidade	Proprietário
PEAD	800	Bom estado	1	6	1	CME	CME
PEAD	800	Bom estado	1	6	1	CME	CME
PEAD	800	Bom estado	1	6	1	CME	CME
PEAD	800	Bom estado	1	6	1	CME	CME

Esta tabela serviu para a criação das tabelas elementares necessárias à base de dados MS-Access com as informações relativas ao inventário das infraestruturas de recolha dos resíduos urbanos indiferenciados do município de Estarreja.

3.6 MODELO EXCEL ACV-UA

O modelo Excel ACV-UA desenvolve-se sobre uma folha de cálculo organizada numa série de separadores com a seguinte estrutura: diagrama de processos, parametrização desses processos, um conjunto de separadores interligados contendo o descritivo de cada processo elementar e finalmente um separador contendo o conjunto dos processos provenientes da base de dados *ecoinvent* cada um dos quais contendo os diferentes indicadores de impacto ambiental selecionados como apropriados ao estudo em causa.

3.6.1 DIAGRAMA DE PROCESSOS

O diagrama de processos refere-se ao conjunto de atividades que compõem o sistema de gestão de resíduos, desde a recolha até à disposição final, tendo em conta os diferentes fluxos envolvidos que relacionam essas atividades.

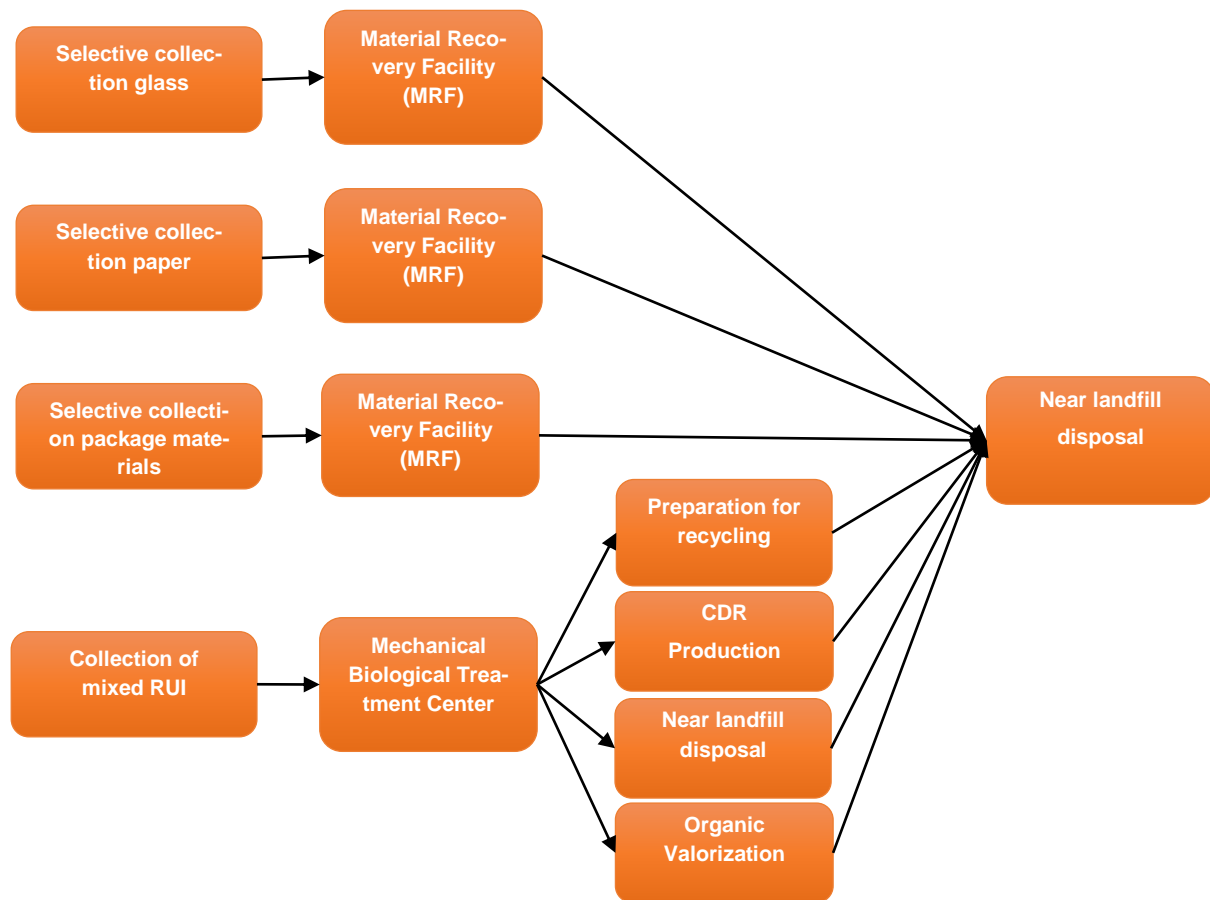


Figura 3.4 - Diagrama dos processos de gestão de resíduos urbanos de Estarreja

3.6.2 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO EXCEL ACV-UA

O modelo Excel ACV-UA aplicado neste trabalho desenvolve-se a partir da análise dos dados disponibilizado pelo serviço responsável pela higiene e limpeza da Câmara Municipal de Estarreja no caso da recolha e da análise dos relatórios de atividades e contas publicados anualmente pela ERSUC, já referidos. Contudo na ausência de informação específica, alguns dos parâmetros foram considerados por estimativa, na ausência de melhor informação. Em qualquer caso, a obtenção de informação considerada mais fidedigna permite a atualização imediata do modelo e a repercussão nos resultados finais, tendo em conta a estrutura de cálculo que a aplicação Excel utiliza.

A unidade funcional definida para este estudo foi de uma tonelada de resíduos urbanos, considerando em proporção os quatro fluxos: resíduos urbanos indiferenciados (RUI), resíduos de vidro (RV), resíduos de papel e cartão (RPC) e resíduos de embalagens (RE), conforme a Tabela 3.3 e Tabela 3.4.

3.6.2.1 RECOLHA E TRANSPORTE

A determinação do esforço de recolha para ACV passa por determinar as distâncias específicas de transporte (ton/km) e em definir a tipologia de transporte adequada ao efeito, nomeadamente a capacidade dos veículos de recolha seletiva e indiferenciada foram estabelecidas as propriedades dos resíduos de recolha nomeadamente: a massa volumica dos diferentes fluxos de resíduos e a razão de compactação.

É importante também conhecer o esforço de recolha, traduzidos nas distâncias que são percorridas para recolher uma tonelada dos diferentes fluxos. Os dados em termos de distâncias estão sintetizados na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Dados de transporte relativos a recolha seletiva e indiferenciada para município de Estarreja.

Origem	Destino	Distância [km/ton]	Quantidades estimadas [ton/carga]
Resíduos de vidro (Estarreja)	Eirol (Eirol)	20,0	4,0
Resíduos de papel/cartão (Estarreja)	Eirol (Eirol)	103,6	2,9
Resíduos de embalagem (Estarreja)	Eirol (Aveiro)	159,4	2,4
Resíduos de recolha indiferenciada (Estarreja)	ET (Estarreja)	5,85	20

3.6.2.2 TRATAMENTO MECÂNICO

Para o efeito de ACV, foi considerada a composição dos resíduos pelos diferentes fluxos assim como é apresentado na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Composição dos resíduos dos diferentes fluxos.

Composição dos resíduos da recolha seletiva de resíduos de embalagem (RE)		
Fração	Quantidade	Unidade
Aço - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,040	kg aço RE/kg RE
Alum - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,020	kg Alum RE/kg RE
PET - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,150	kg PET RE/kg RE
PEAD - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,150	kg PEAD RE/kg RE
PEBD - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,200	kg PEBD RE/kg RE
Pla_mx - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,150	kg Pla_mx RE/kg RE
ECAL - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,050	kg ECAL RE/kg RE
Refugos - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,240	kg Refugo RE/kg RE
Composição dos resíduos da recolha seletiva de resíduos de papel/cartão (RPC)		
Papel - Fração ponderal nos resíduos de papel/cartão	0,400	kg papel_RPC/kg RPC
Cartão - Fração ponderal nos resíduos de papel/cartão	0,500	kg cartão_RPC/kg RPC
Refugos - Fração ponderal nos resíduos de papel/cartão	0,100	kg Refugo RPC/kg RPC
Composição dos resíduos da recolha seletiva de resíduos de Vidro (RV)		
Vidro - Fração ponderal nos resíduos de vidro	0,950	kg vidro RV/kg RV
Refugos - Fração ponderal nos resíduos de vidro	0,050	kg Refugo RV/kg RV
Composição dos resíduos da recolha indiferenciada separados para reciclagem (RRV)		
Aço - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,100	kg aço RRV/kg RRV
Alum - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,050	kg Alum RRV/kg RRV
PEAD - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,350	kg PEAD RRV/kg RRV
Pla_mx - Fração ponderal nos resíduos de embalagem	0,500	kg Pla_mx RRV/kg RRV
Refugos de RRV	0,000	kg refugo RRV/kg RRV

Os quantitativos provenientes da recolha seletiva são submetidos a um processo de triagem, onde foram estimados os rendimentos para os diferentes elementos dos três tipos de fluxos de recolha seletiva (vidro, papel/cartão e resíduos de embalagem), assim como é apresentado na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Rendimentos dos processos de separação por tipologia de fluxo

MRF - Rendimento do processo de tratamento de resíduos de vidro RV (9990)		
Fração	Quantidade	Unidade
Vidro - Rendimento ponderal do processo de separação	0,950	kg vidro/kg vidro RV
Refugo para aterro	0,0975	kg refugo/kg RV
MRF - Rendimento do processo de tratamento de resíduos de papel/cartão PC (9990)		
Papel - Rendimento ponderal do processo de separação	0,950	kg papel/kg Papel RPC
Cartão - Rendimento ponderal do processo de separação	0,950	kg cartão/kg cartão RPC
Refugo para aterro	0,145	kg refugo/kg RPC
MRF - Rendimento do processo de tratamento de resíduos de embalagem RE (9990)		
Aço - Rendimento ponderal do processo de separação	0,950	kg aço/kg aço RE
Alum - Rendimento ponderal do processo de separação	0,600	kg alum/kg alum RE
PET - Rendimento ponderal do processo de separação	0,900	kg PET/kg PET RE
PEAD - Rendimento ponderal do processo de separação	0,900	kg PEAD/kg PEAD RE
PEBD - Rendimento ponderal do processo de separação	0,900	kg PEBD/kg PEBD RE
Pla_mx - Rendimento ponderal do processo de separação de plásticos mistos	0,700	kg Pla_mx/kg Pla_mx RE
ECAL - Rendimento ponderal do processo de separação	0,800	kg ECAL/kg ECAL RE
Refugo para aterro ou incineração	0,355	kg refugo/kg RE

3.6.2.3 TRATAMENTO BIOLÓGICO

Fez-se a caracterização do tratamento mecânico biológico da empresa, tendo em conta os quantitativos de resíduos indiferenciados que entram no processo, bem como os consumos energéticos, consumo de óleo e carga horária de funcionamento. Assim como a produção de energia e os produtos que saem dos diferentes processos. De forma similar estimou-se os rendimentos para os processos seguintes: preparação de combustíveis derivados de resíduos (CDR), separação de resíduos para reciclagem material (REC) e a preparação de resíduos para valorização orgânica (VO). Para o processo de valorização orgânica estimaram-se os rendimentos dos subprocessos de produção de biogás para produção de energia elétrica para venda, de produção de composto para venda, de refu-

gos para aterro, (orgânicos e inorgânicos) e dos gases de secagem e de compostagem. Também se determinou o rendimento no processo de conversão de biogás para energia elétrica, representados na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Rendimentos dos processos de tratamento de resíduos da recolha indiferenciada

MTB - Rendimento do processo de tratamento mecânico e biológico de resíduos indiferenciados RUI (9990)		
Fração	Quantidade	Unidade
REC - Rendimento ponderal do processo de separação de REC	0,04	kg REC/kg RUI
CDR - Rendimento ponderal do processo de separação de CDR	0,33	kg CDR/kg RUI
RVO - Rendimento ponderal do processo de separação de RVO	0,38	kg RVO/kg RUI
Refugo para aterro ou incineração	0,25	kg refugo/kg RUI
RVO - Rendimento do processo de tratamento biológico de resíduos RVO		
Biogás - Rendimento ponderal do processo de tratamento biológico	0,15	kg biogás/kg RVO
Composto - Rendimento ponderal do processo de tratamento biológico	0,05	kg composto/kg RVO
Gases de secagem e de compostagem	0,40	kg gases/kg RVO
RVO - Rendimento do processo de conversão de biogás para energia elétrica		
Biogás - Rendimento ponderal do processo de tratamento biológico	1.05	kWh/kg biogás

3.6.3 MODELO DE CÁLCULO

O modelo de cálculo é descrito e articulado de forma sucessiva por um conjunto de folhas de cálculo com o formato semelhante ao apresentado na Figura 3.5a e Figura 3.5b. Por exemplo, o processo/atividade final (9999) resulta das contribuições dos subprocessos/atividades (9990, 9995, 9996, 9997) correspondentes a gestão de cada um dos fluxos de gestão de resíduos, cada um dos quais se desenvolve de forma análoga recorrendo a subprocessos/atividades até ao limite em que é possível encontrar subprocessos/atividades disponíveis na base de dados *Ecoinvent*, como por exemplo produção de eletricidade, transporte de resíduos, aterro de resíduos, conforme referido em próxima secção.

Included Processes		General Comment				
9999	Inclui todos os processos envolvidos na gestão de resíduos urbanos (recolha selectiva e indiferenciada) (B2B - business to business case). Operação centralizada para MRF funcionando como centro logístico de distribuição de materiais compactados para a indústria da reciclagem. Operação centralizada para TMB funcionando como centro logístico de distribuição de materiais compactados para a indústria da reciclagem, de preparação de CDR, preparação de composto para a agricultura, produção de electricidade a partir de biogás. O refugo da MRF e MTB é enviado para aterro.	O inventário refere-se à gestão de 1 tonelada de resíduos urbanos Município de Estarreja.				
Unit Process Raw Data						
MSW waste management - Estarreja -2014						
number10	category11	subCategory12	name15	location	unit	meanValue
9990	Waste Management	Commingled Waste	RUI waste management - Estarreja	PT	ton	0,909
9995	Waste Management	Selective waste	RV waste management - Estarreja	PT	ton	0,047
9996	Waste Management	Selective waste	PC waste management - Estarreja	PT	ton	0,024
9997	Waste Management	Selective waste	RE waste management - Estarreja	PT	ton	0,020
9999	Waste Management	Municipal waste	MSW waste management - Estarreja -2014	PT	ton	1,0

Figura 3.5a - Processo final de gestão de resíduos urbanos de Estarreja (parte 1)

IPCC 2007 (GWP 100a)						
		kg CO ₂ _eq/ton RU	(kg CO ₂ _eq/unit)	Obs: Município perto da MRF		
ns1:inputGroup	ns1:outputGroup	Total	Stoichiometric factors	Unit	Reference	
5		264,27	290,8012	0,909	ton RUI/ton RU	Resíduos indiferenciados
5		1,30	27,7312	0,047	ton RV/ton RU	Vidro
5		3,79	155,4690	0,024	ton PC/ton RU	Papel/cartão
5		1,29	64,4584	0,020	ton RE/ton RU	Resíduos de embalagem
	0	270,65		1,0000		Cenário

Figura 3.5b - Processo final de gestão de resíduos urbanos de Estarreja (parte 2)

3.6.4 INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA (AICV)

Para determinar o impacto ambiental desde a recolha do resíduo até o seu destino final, foram selecionados três diferentes tipos de indicadores para o estudo, nomeadamente: IPCC 2007 (GWP 100a), *Ecological footprint* e o *Recipe endpoint (EA) CC, ecosystems*. Os processos e os valores de emissões para cada um desses indicadores foram extraídos a partir da pesquisa na base de dados da *ecoinvent 2.2* (2010) disponível no site (<http://www.ecoinvent.org/login-databases.html>) sob licença. Os diferentes processos extraídos do *ecoinvent 2.2*, que serviram de base para esse estudo encontram-se na Tabela 3.12.

Tabela 3.12 – Seleção de informação relativa a processos extraídos do *ecoivent* 2.2 (2010) para os três tipos de indicadores.

Number	Category	Subcategory	Name	Location	unit	IPCC 2007 (GWP 100a)	Ecological footprint	ReCiPe end- point (EA) CC,ecosystems
						(kg CO ₂ _eq/unit)	(m ² .ano/unit)	(points/unit)
631	electricity	production mix	electricity, low voltage, production PT, at grid	PT	kWh	0,71175	1,8195	0,019406
11111	biomass	cogeneration	electricity, at cogen with biogas engine, agricultural covered, alloc. exergy	CH	kWh	0,15977	0,050485	0,0022711
7301	transport systems	road	transport, lorry 7.5-16t, EURO4	RER	tkm	0,22163	0,56138	0,0059948
1947	transport systems	road	transport, van <3.5t	RER	tkm	1,916	4,8428	0,051627
2141	waste management	others	transport, municipal waste collection, lorry 21t	CH	tkm	1,3117	3,3532	0,035633
7308	transport systems	road	transport, lorry >32t, EURO5	RER	tkm	0,10706	0,27187	0,0028988
6247	biomass	fuels	disposal, bio waste, to anaerobic digestion	CH	kg	0,19965	0,060034	0,002262
6170	biomass	fuels	anaerobic digestion plant, bio waste	CH	unit	1111100	2772400	29619
2221	waste management	sanitary landfill	disposal, inert material, 0.0% water, to sanitary landfill	CH	kg	0,01228	0,030398	0,00032601
2230	waste management	sanitary landfill	disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill	CH	kg	0,089729	0,074622	0,0013069
2223	waste management	sanitary landfill	disposal municipal solid waste	CH	kg	0,56018	0,051258	0,0051417
2037	waste management	building demolition	disposal, building, plastic plaster, to sorting plant	CH	kg	0,019218	0,042958	0,00047674
1742	paper & cardboard	pulps	waste paper sorting plant	CH	units	5150900	12642000	138640
2288	water supply	production	tap water, at user	CH	kg	0,00031857	0,0007955	8,54E-06
58	agricultural means of production	organic fertilizer	compost, at plant	CH	kg	0,3621	0,06513	0,0040416
1541	oil	fuels	diesel, at refinery	RER	kg	0,48624	1,1654	0,012632
1557	oil	fuels	light fuel oil, at refinery	CH	kg	0,48455	1,1613	0,012588
1558	oil	fuels	light fuel oil, at refinery	RER	kg	0,628	1,2353	0,014342
1174	metals	processing	sheet rolling, steel	RER	kg	0,3603	1,1654	0,0095263
1154	metals	extraction	steel, low-alloyed, at plant	GLO	kg	1,7556	4,247	0,045627

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados relativos ao inventário dos contentores de recolha indiferenciada, à criação de uma base de dados relativo ao cadastro dos locais de recolha, à representação em SIG e tratamento espacial dessa informação tendo em vista determinar o esforço de recolha dos RUI no município de Estarreja, através do traçado dos circuitos de recolha. Serão também determinados alguns indicadores de gestão aplicados à recolha.

Em seguida são apresentados os fluxos de resíduos entre os diferentes processos de tratamento e destino final recorrendo a ajuda do *software* STAN de análise de fluxos de materiais.

A partir da contabilização dos diferentes fluxos materiais, este trabalho inclui o estudo de avaliação ambiental relativa ao ciclo de vida dos resíduos urbanos do município de Estarreja recorrendo a um modelo de análise de ciclo de vida desenvolvido em Excel designado de Modelo Excel de Análise de Ciclo de Vida-UA, (ACV-UA).

4.1 INVENTÁRIO DO DISPOSITIVO DE CONTENTORES

O inventário de contentores foi definido de acordo com um modelo de representação da informação de base para o cadastro de contentores. Os aspetos operacionais e administrativos não foram considerados fundamentais para a construção da base de dados, que é assim essencialmente cadastral.

4.1.1 CONTENTOR/CAPACIDADE

O sistema de recolha de resíduos indiferenciados inclui uma infraestrutura de alocação/deposição composta por diferentes tipos de contentores que estão disponíveis ao serviço de recolha dos indiferenciados no município de Estarreja e as respetivas capacidades estão descritos na Tabela 4.1. O sistema de recolha seletiva faz uso de contentores específicos localizados em ecopontos.

Tabela 4.1 – Características dos contentores de recolha indiferenciada.

Contentor tipo	Capacidade (L)	Número de contentores
Contentor simples	800	967
Molok grande	5000	43
Molok pequeno	3000	2

4.1.2 ECOPONTOS/LOCAIS

Os ecopontos correspondem a locais onde estão sedeados um ou mais contentores, para alocação de uma ou mais tipologias de resíduos.

Os atributos de uma tabela de ecopontos ou locais incluem coordenadas geográficas (latitude e longitude), que permitem a sua localização em mapa e sua representação em ambiente SIG, uma descrição unívoca do local, o nome da rua, a freguesia e o “Id_local” (ver Tabela 4.2). A partir da representação geográfica dos pontos de recolha em SIG e em conjunto com a descrição geográfica das ruas é possível a subsequente definição de circuitos (ou rotas) de recolha.

Tabela 4.2 – Cadastro dos locais/ecopontos (excerto).

ID_local	Freguesia	Arruamento	Local	Coordenadas XX	Coordenadas YY
1	Avanca	Rua da Igreja - Avanca	Av - Rua da Igreja - Junto ao N°1	553239,77	4508483,34
2	Avanca	Rua do Falcão	Av - Rua do Falcão - Junto ao N°1	536583,43	4515086,79
3	Avanca	Rua do Falcão	Av - Rua do Falcão - Junto ao N°2	536521,94	4515322,38
4	Avanca	Rua do Fojo	Av - Rua do Fojo - Junto ao N°1	537675,9	4515820,38
5	Avanca	Rua do Fojo	Av - Rua do Fojo - Junto ao N°2	537274,58	4515967,88

Nem sempre o local corresponde a um ecoponto, podendo ser uma estação de transferência, ecocentro, aterro, entre outros.

4.1.3 FREGUESIAS

Os locais estão associados a arruamentos que por sua vez estão associadas às diferentes freguesias do município, sendo que não pode haver na mesma freguesia duas ruas com o mesmo nome. Numa rua podem haver vários locais com contentores, conforme na Tabela 4.3, sendo que em cada local pode ocorrer mais do que um contentor.

Tabela 4.3 – Locais com contentores por freguesia (excerto).

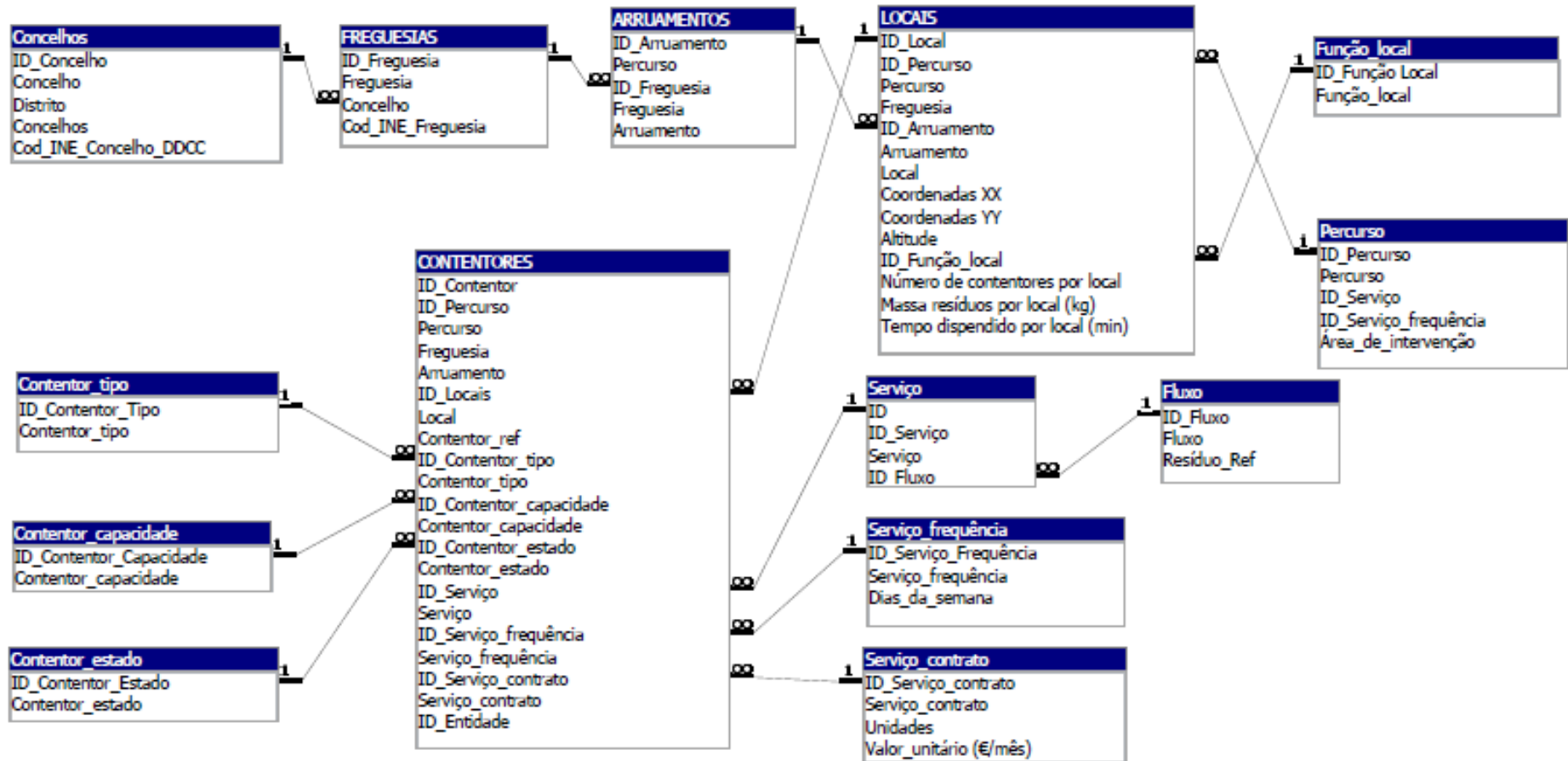
Freguesia	Locais	Contentores por locais
Avanca	Rua da Igreja - Avanca	2
	Rua do Falcão	1
	Rua Dr. António Duarte de Oliveira	3
Beduído	Rua Desembargador Oliveira Pinto	3
	Rua Desembargador Correia Teles	2
	Rua de Restauração	1
Pardilhó	Rua da Formiga	2
	Rua do Ramalhão	2
	Rua das Agrads	1

4.2 ORGANIZAÇÃO DO INVENTÁRIO EM BASE DE DADOS

A organização sistemática de informação relativa à recolha é uma necessidade e pode ocorrer a vários níveis, dependendo da informação a organizar. No presente caso adotou-se um modelo organizacional (Matos et al. 2013) tendo sido preenchido o conjunto de tabelas de suporte ao cadastro da infraestrutura de alocação, a partir do inventário de contentores disponibilizado.

O modelo relacional desenvolvido assenta na aplicação *MS_ACCESS*, para o efeito, partiu-se da tabela Excel de inventário de contentores e desenvolvendo tabelas específicas nomeadamente: freguesias, arruamentos, locais, contentores, etc.; relacionando com outras tabelas a especificações do resíduo, serviço, capacidade, etc. O modelo relacional pode ser visualizado na Figura 4.1. O descritivo detalhado destas relações pode ser encontrado em Monteiro, 2013.

Figura 4.1 – Modelo de estrutura da base de dados relacional aplicada à gestão da recolha de RU.



4.3 PERCURSOS DE RECOLHA SIG

O estabelecimento de circuitos de recolha de RUI assenta, por um lado, no posicionamento dos locais onde encontram os contentores de recolha indiferenciada e, por outro, na representação da rede viária.

4.3.1 LOCALIZAÇÃO DOS CONTENTORES DE RECOLHA INDIFERENCIADA

A partir de uma tabela Excel (pode ser exportada da base de dados) contendo as coordenadas cartográficas (exemplo: datum UTM WGS 84 29N (XX, YY)) e recorrendo ao programa ArcGIS, é possível a visualização dos locais com contentores de recolha indiferenciada. As figuras seguintes ilustram os locais com contentores e a rede de arruamentos nas diferentes freguesias do município de Estarreja.

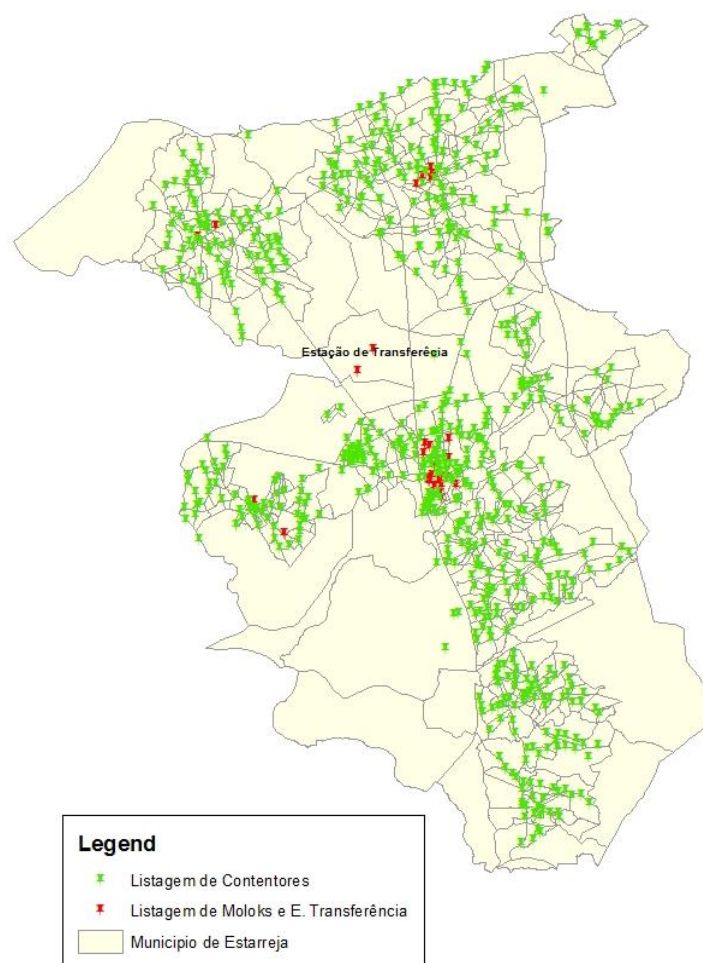


Figura 4.2 – Localização dos contentores e *moloks* de recolha indiferenciada no município de Estarreja.

4.3.2 PERCURSOS DE RECOLHA

O traçado dos diferentes percursos de recolha indiferenciada garante a ligação entre todos os locais de recolha, tendo em atenção que cada circuito tem o seu início na Estação de Transferência de Estarreja (ETE) e no final de cada circuito volta ao local de partida para despejo.

Os percursos foram traçados seguindo o cadastro da rede viária, tentando escolher sempre o caminho mais curto a fazer de um ponto de recolha para outro.

Recorrendo às ferramentas do ArcGIS em particular no *ArcMap* determinou-se as distâncias de recolha para cada um dos circuitos. A Figura 4.3 apresenta o percurso/circuito de recolha EC1N e ilustra um excerto da tabela de atributos que incluem as distâncias percorridas entre locais sucessivos de recolha. De forma similar foram determinadas as distâncias para os outros circuitos de recolha traçados (ver da Figura 4.4 à Figura 4.8).

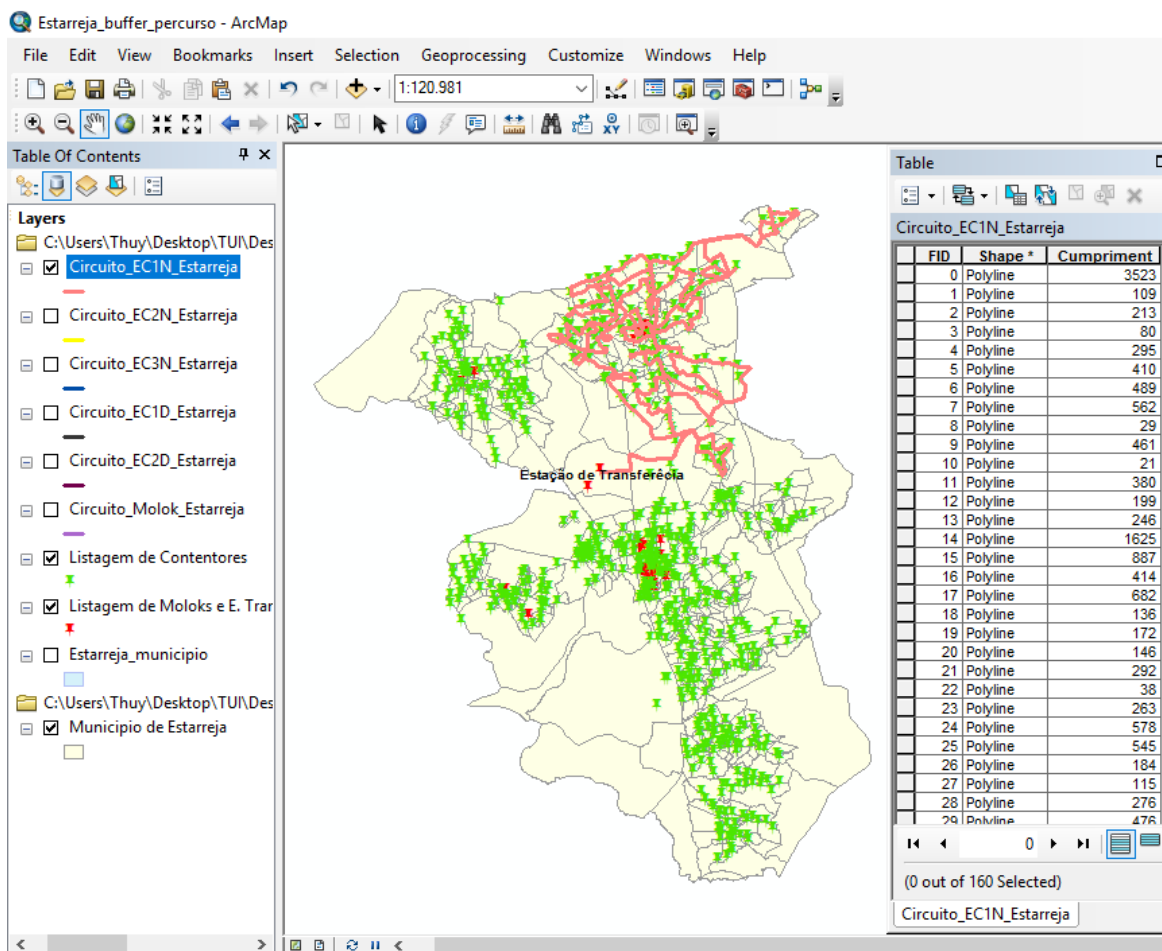


Figura 4.3 – Percurso EC1N e tabela de atributos relativos à distância entre locais sucessivos, servindo Avanca com frequência trissemanal.

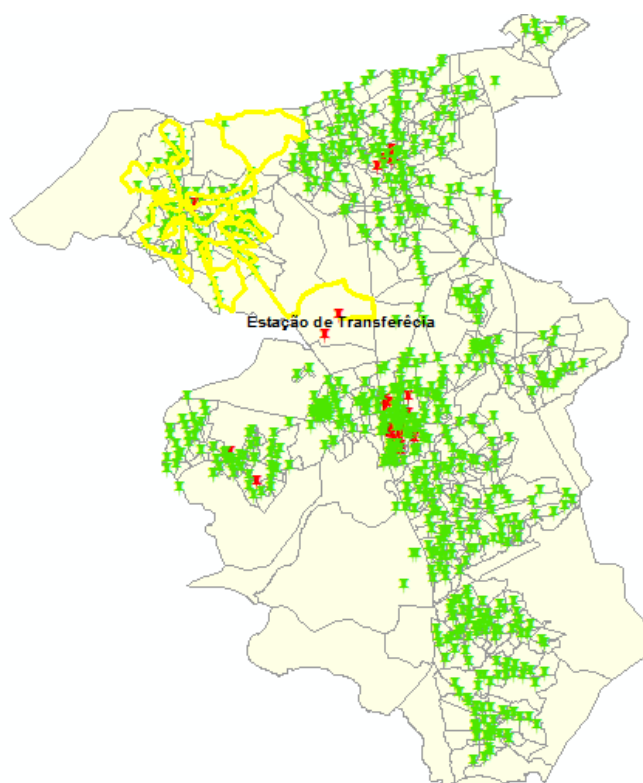


Figura 4.4 – Percurso EC2N servindo a freguesia de Pardilhó com frequência trissemanal.

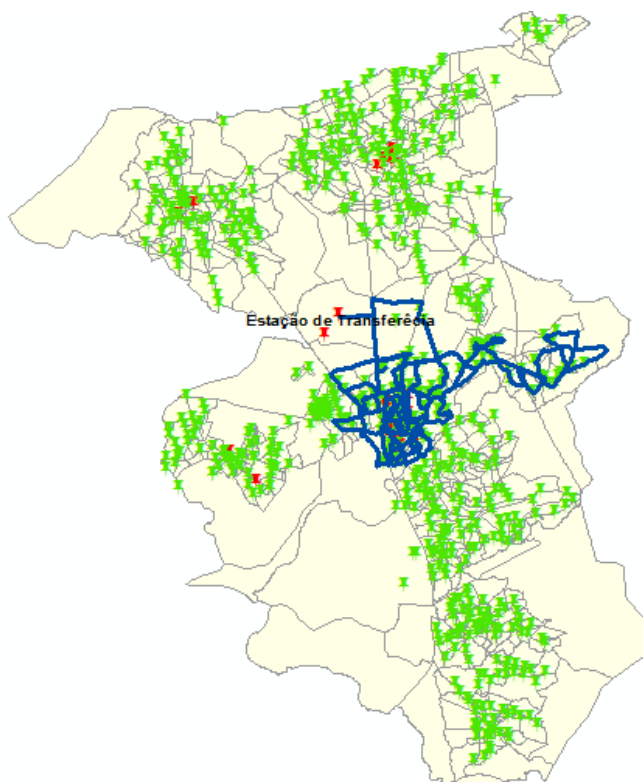


Figura 4.5 – Percurso EC3N servindo Beduído, com frequência trissemanal.

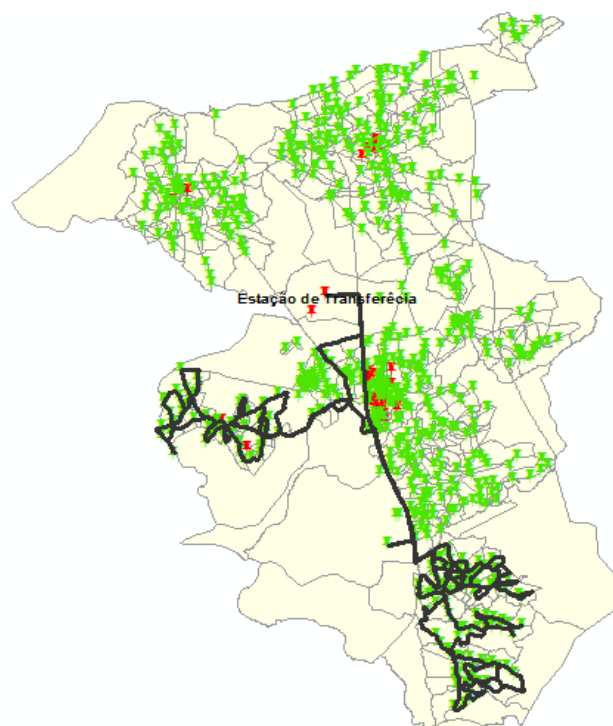


Figura 4.6 – Percurso EC1D servindo as freguesias de Canelas, Fermelã e Veiros, com frequência trissemanal.

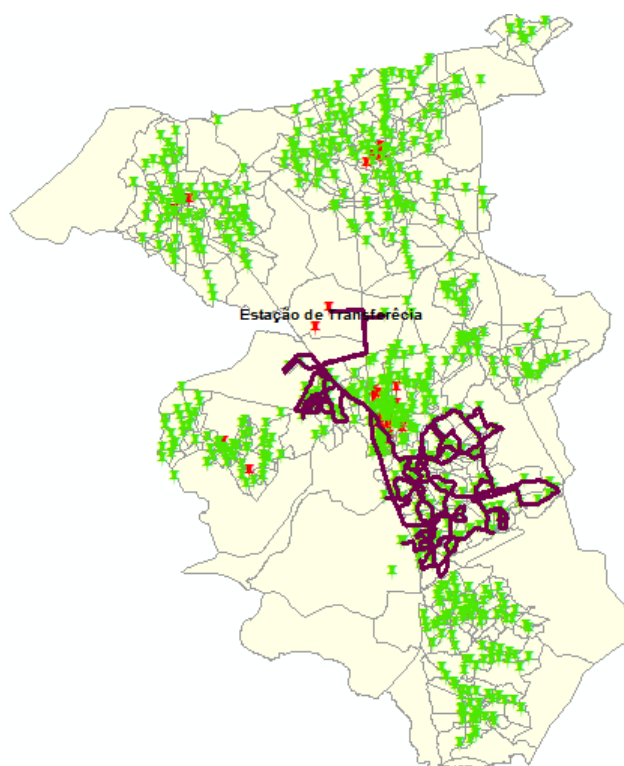


Figura 4.7 – Percurso EC2D servindo a freguesia de Salreu, com frequência trissemanal.

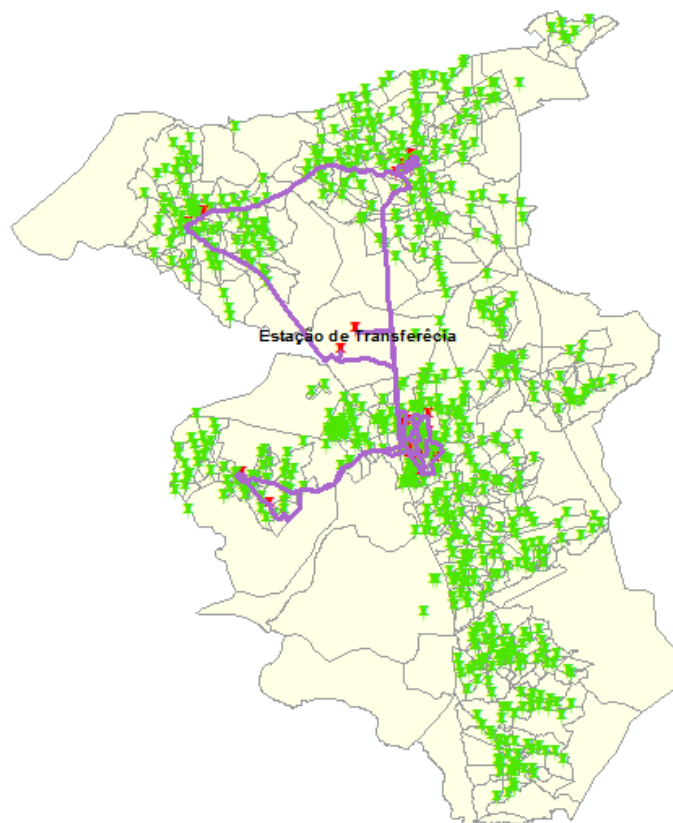


Figura 4.8 – Percurso de recolha de contentores fixos de tipo *molok*, servindo as freguesias de Beduído, Avanca, Pardilhó e Veiros.

Os resultados relativos às distâncias entre locais ao longo de cada percurso de recolha foram extraídos para uma folha de cálculo do *Excel*. A distância total estimada dos diferentes percursos de recolha dos resíduos indiferenciados no município de Estarreja, estão sintetizados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Distâncias estimadas para os diferentes percursos ou circuitos de recolha indiferenciada.

Percurso	Distância média entre pontos de recolha (m)	Distância total percorrida (km/circuito)
EC1N	475	76,7
EC2N	499	48,3
EC3N	471	66,0
EC1D	477	76,7
EC2D	509	70,7
<i>Molok</i>	1258	37,7

4.3.3 INDICADORES DE RECOLHA DE RESÍDUOS INDIFERENCIADOS

De modo a avaliar o desempenho da gestão de resíduos é importante definir alguns indicadores que nos permitam fazer a avaliação do serviço e também da disponibilidade dos equipamentos e infraestruturas face a área e a população a servir (Rodrigues et al., 2016). A avaliação do desempenho de um sistema de gestão de resíduos é importante na medida em se incentiva a eficiência dos serviços prestados, a verificação da concordância dos objetivos predefinidos com os resultados obtidos perante as entidades financiadoras, administradores, políticos e população em geral, e ainda regular a gestão de resíduos. Dessa forma os indicadores servem para expressar o nível de qualidade do serviço prestado aos utilizadores efetivamente atingidos, tornando direta e transparente a comparação entre objetivos de gestão e resultados obtidos, tornando mais fácil uma situação que de outra forma era seria mais complexa (ERSAR,2015).

Na Tabela 4.5 estão apresentados alguns indicadores de produtividade calculados a partir da informação de recolha indiferenciadas para o mês de setembro de 2015 e apresentada no Anexo E. É de realçar que o percurso EC3N que respeita ao centro da cidade é realizado 4 vezes por semana e na sequência dos percursos EC2N e EC1D que se realizam 2 vezes por semana.

Tabela 4.5 – Indicadores de produtividade dos circuitos (dados de 2015).

Indicadores de recolha	EC1N	EC2N	EC1D	EC2D	Molok
Número de habitantes servidos por contentor (hab.cont ⁻¹)	45,78	51,18	32,75	45,45	328,40
Número de contentores por quilómetro servido (cont.km ⁻¹)	4,33	5,82	2,63	2,24	0,93
Número de contentores por quilómetro quadrado servido (cont.km ⁻²)	7,27	6,38	4,71	5,07	0,44
Massa de resíduos por contentor e por dia (kg.cont ⁻¹ .d ⁻¹)	54,84	78,71	101,19	87,19	561,33
Massa de resíduos produzidos por quilómetro servido (kg.km ⁻¹)	237,19	458,43	265,72	195,23	519,27
Massa de resíduos produzidos por quilómetro quadrado servido (kg.km ⁻²)	398,61	502,08	476,49	442,34	247,03
Resíduos recolhidos por hora de trabalho (kg.h ⁻¹)	2731,31	2992,61	2704,80	2012,28	399,42

4.4 ANÁLISE DE FLUXOS DE MATERIAIS (STAN)

Tendo em conta as diferentes operações de gestão de resíduos desde a recolha ao tratamento e destino final dos resíduos, elaborou-se um diagrama de processo e balanço mássico para o caso de estudo. Este exercício resultou da ponderação do total de resí-

duos produzidos pelo município de Estarreja em relação ao total que é gerido pela ER-SUC, que é na ordem dos 3% do resíduo total da região de Aveiro e Coimbra.

Os diferentes fluxos da recolha seletiva e indiferenciados considerados no balanço mássico foram calculados e são apresentados em termos de percentagem, uma vez que para estabelecer os diferentes fluxos de um processo é com base na fração que cada produto representa em relação ao total tratado.

Nas tabelas seguintes é apresentada o total dos diferentes fluxos de recolha seletiva e de recolha indiferenciada bem como as frações de separação dos diferentes produtos do processo de tratamento dos diferentes fluxos de resíduos.

Tabela 4.6 – Frações separadas resultantes do tratamento dos fluxos de recolha seletiva

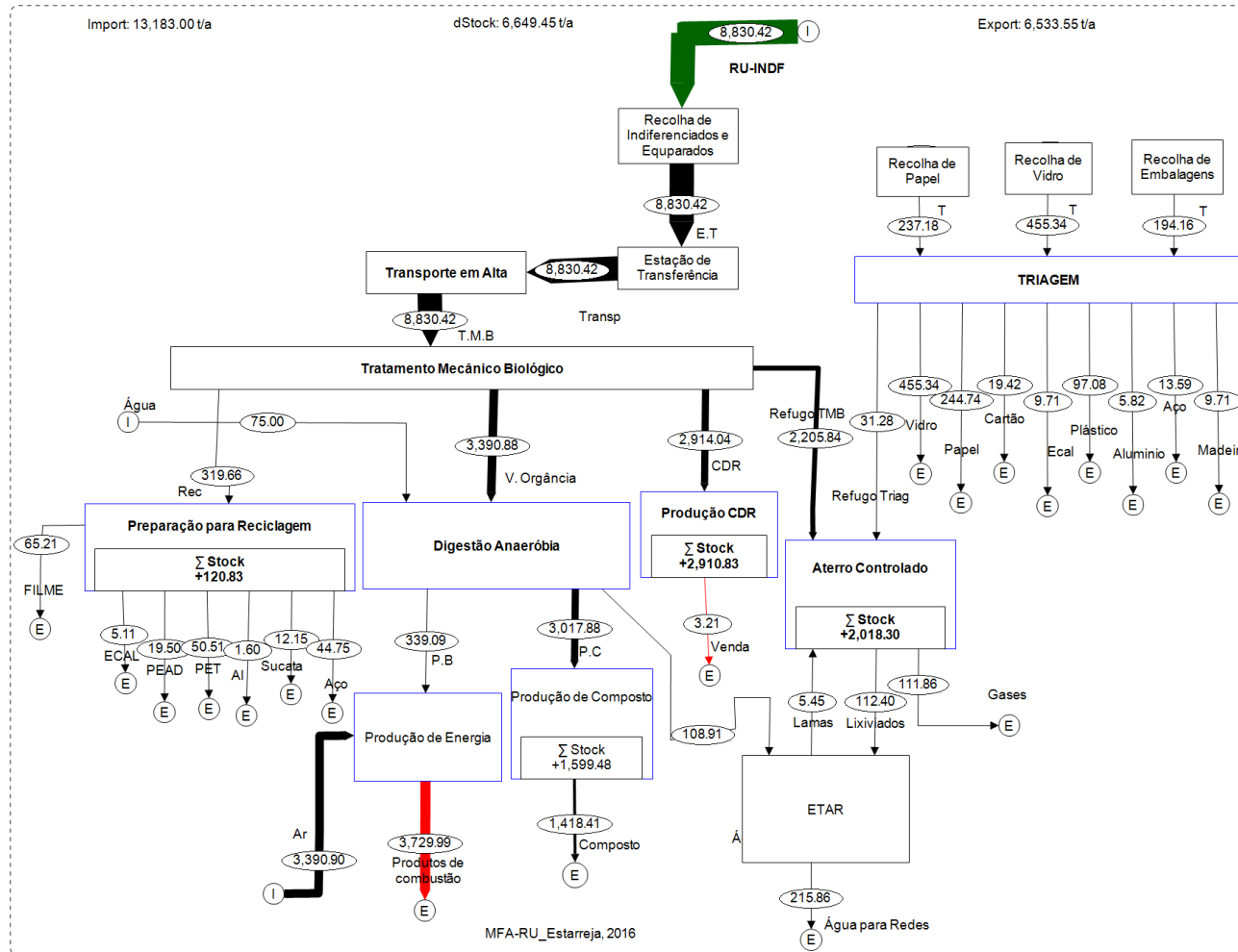
Ecoponto	total (ton/ano)	Materiais separados	Fração de separação
Vidrão	455	Vidro	0,51
		Papel	0,28
		Ecal	0,02
Papel	237	Cartão	0,01
		Plástico	0,11
		Alumínio	0,01
Embalão	194	Aço	0,02
		Madeira	0,01
		Refugo_T	0,04

Tabela 4.7 – Frações separadas resultantes do tratamento do fluxo de recolha indiferenciada

Tratamento mecânico e biológico	total (ton/ano)	%
Produção de materiais para reciclagem	319,66	0,04
Produção de CDR	2914,04	0,33
Resíduos para valorização orgânica	3390,88	0,38
RefugoTMB	2205,84	0,25
Total (ton/ano)	8830,42	1,00

Em seguida a informação é organizada em termos de fluxo com o *Software STAN*, versão 2.5, disponível em (<http://www.stan2web.net/>) (ver Figura 4.9).

Figura 4.9 – Diagrama do balanço mássico relativo à gestão dos resíduos urbanos do município de Estarreja.



4.5 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DA GESTÃO DE RESÍDUOS

O Modelo Excel de ACV aplicado à gestão de resíduos (ACV-UA) assenta na parametrização dos diferentes processos usados no tratamento de cada um dos fluxos de gestão de resíduos. A informação de fundo de suporte ao modelo inclui um ou mais indicadores de impacto ambiental (LCIA) obtidos a partir do ecoinvent v2.2 (2010). O modelo inclui um diagrama de processos, onde estão representados os diferentes tipos de recolha e os processos de tratamento que os acompanham ao longo do seu tratamento e destino final.

4.5.1 RESULTADOS GLOBAIS DE AICV

Os resultados globais de AICV da gestão de resíduos urbanos do município de Estarreja vêm referidos à unidade funcional escolhida e respeitam ao cálculo dos diferentes indicadores de impacto ambiental, são apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Indicadores de AICV relativos à gestão dos resíduos urbanos do município de Estarreja

Indicadores AICV	AICV (ano 2014)
IPCC 2007 (GWP 100a) [kg CO ₂ _eq/ton RU]	270
Ecological footprint [m ² .ano/ton RU]	191
ReCiPe endpoint (EA) CC,ecosystems [points/ton RU]	4

Considerando o indicador *IPCC 2007 (GWP 100a)* (equivalente à pegada de carbono), dado na Figura 4.10, mostra que o principal responsável pelas emissões de CO₂ tem a ver com os processos que advêm da gestão dos resíduos urbanos indiferenciados, o que se compreende já que respeita à larga maioria dos resíduos objeto de gestão.

Se se considerasse os outros indicadores de gestão, as conclusões seriam muito semelhantes.

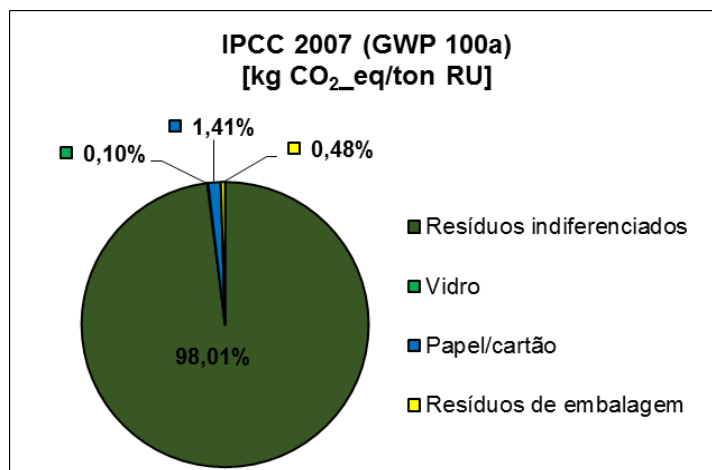


Figura 4.10 – Indicador AICV *IPCC_2007* da gestão de resíduos urbanos em Estarreja.

Tendo em conta as quantidades anuais produzidas em 2014 de 9717 toneladas de resíduos urbanos, pode concluir-se que os indicadores de impacto ambiental referentes à gestão de resíduos do município de Estarreja são dados na Tabela 4.9

Tabela 4.9 – Indicadores anuais de AICV relativos à gestão de resíduos do município de Estarreja.

Indicadores AICV	AICV (ano 2014)
IPCC 2007 (GWP 100a [kg CO ₂ _eq/ano])	2619919
Ecological footprint [m ² .ano/ano]	1855962
ReCiPe endpoint (EA) CC,ecosystems [points/ano]	36633

Por outro lado, tendo em conta a população do município estimada em 2014, 26555 habitantes, pode concluir-se os resultados em termos de emissões de CO₂ equivalente *per capita* são os que constam da Tabela 4.10

Tabela 4.10 – Indicadores anuais *per capita* de AICV relativos à gestão de resíduos do município de Estarreja

Indicadores	AICV (ano 2014)
IPCC 2007 (GWP 100a [kg CO ₂ _eq/hab.ano])	98,7
Ecological footprint [m ² .ano/hab.ano]	69,9
ReCiPe endpoint (EA) CC,ecosystems [points/hab.ano]	1,4

A literatura refere pouca informação em relação ao desempenho ambiental das organizações de gestão de resíduos urbanos em Portugal, pelo que é difícil a comparação. Em qualquer caso o resultado obtido para o indicador IPCC 2007 (100a) do município de Estarreja compara favoravelmente com os resultados disponíveis no caso da LIPOR para o ano de 2014, uma vez que o resultado apresentado no caso referido é de 334,78 kg CO₂_eq/hab.ano (URL5). Convém referir que a comparabilidade dos resultados depende do âmbito do estudo, ou seja dos processos que são incluídos e dos processos que são descartados, mas também e em particular, das alocações realizadas nos estudos. Recorde-se que no presente estudo não foram considerados quaisquer benefícios ambientais por preparar materiais para reciclagem ou valorização energética, nem sequer da eletricidade produzida pela conversão de biogás; no estudo atrás referido são desconhecidos respetivos pressupostos processuais.

4.5.2 RESULTADOS COMPARADOS DE AICV

4.5.2.1 INDICADOR DE IPCC 2007 (GWP 100A)

Considerando o indicador *IPCC 2007 (GWP 100a)*, e no âmbito dos processos de gestão desde a recolha até ao destino final, obteve-se uma repartição de impactos ambientais conforme, a Figura 4.11 referido os resíduos de embalagens (RE), Figura 4.12 para os resíduos de papel e cartão (RPC), a Figura 4.13 para os resíduos de vidro (RV) e a Figura 4.14 para o tratamento dos resíduos urbanos indiferenciados (RUI).

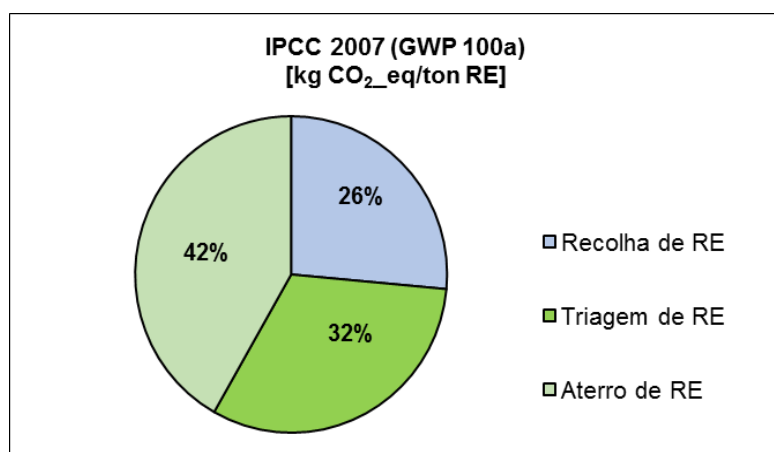


Figura 4.11 – Repartição de impacto ambiental (IPCC 2007 (GWP 100a)) dos diferentes processos de gestão dos resíduos de embalagem (RE).

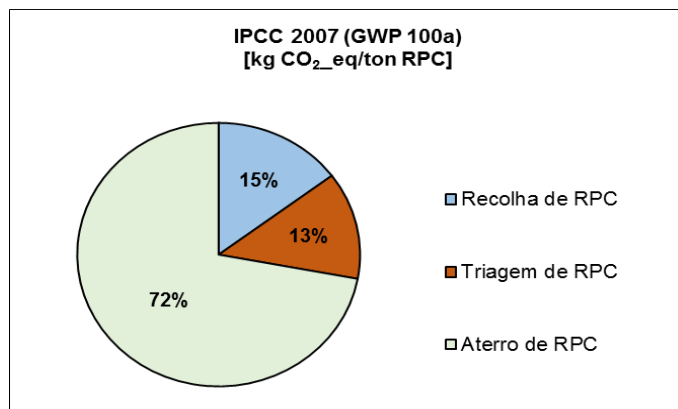


Figura 4.12 – Repartição de impacto ambiental (IPCC 2007 (GWP 100a)) dos diferentes processos de gestão dos resíduos de papel e cartão (RPC)

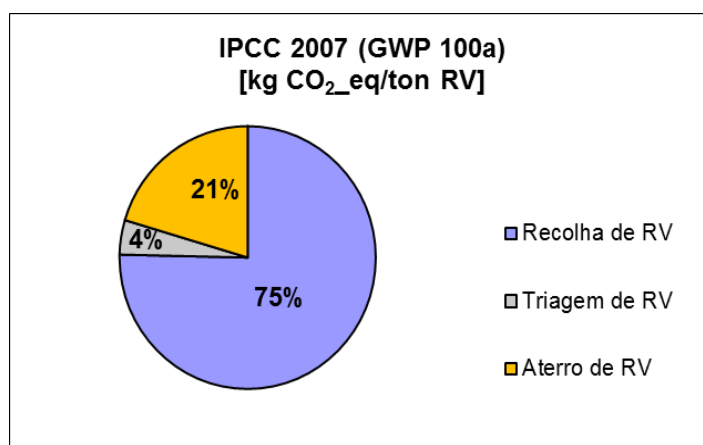


Figura 4.13 – Repartição de impacto ambiental (IPCC 2007 (GWP 100a)) dos diferentes processos de gestão de resíduos de vidro (RV).

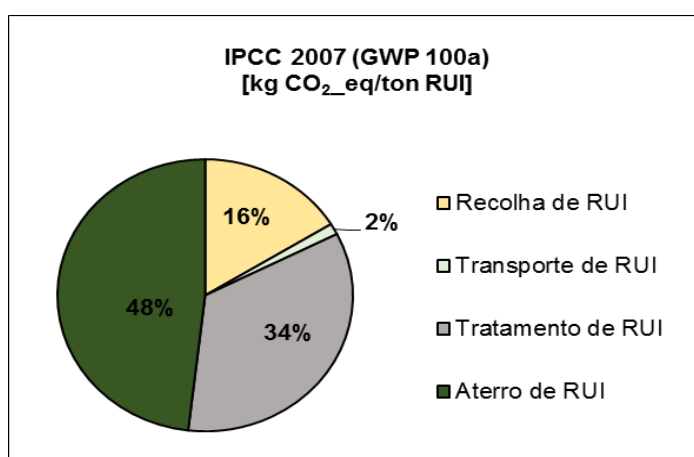


Figura 4.14 – Repartição de impacto ambiental (IPCC 2007 (GWP 100a)) dos diferentes processos de gestão de resíduos urbanos indiferenciados (RUI).

Da análise dos diferentes gráficos que representam as emissões para diferentes processos de gestão, o refugo é o que representa maior percentagem de impacto para os resíduos de embalagem e para os resíduos de papel e cartão, ao contrário do que sucede no caso dos resíduos de vidro.

Em relação aos impactos ambientais da gestão dos resíduos urbanos indiferenciados, pode concluir-se que o aterro é responsável por quase metade desse impacto (ver Figura 4.14), seguido do tratamento mecânico e biológico e da recolha indiferenciada, sendo menor o impacto ambiental do processo de “transporte em alta” a partir da Estação de Transferência (ETE).

4.5.2.2 OUTROS INDICADORES DE AICV

Para os outros dois tipos de indicadores nomeadamente *Ecological footprint* e o *Recipe endpoint (EA) CC, ecosystems*, os resultados das emissões apresentaram percentagens similares ao *IPCC 2007 (GWP 100a)* (ver Figura 4.10), conforme se constata na Figura 4.15 e Figura 4.16, sendo que os restantes resultados podem ser visualizados nos anexos G e H para cada um dos indicadores respetivamente.

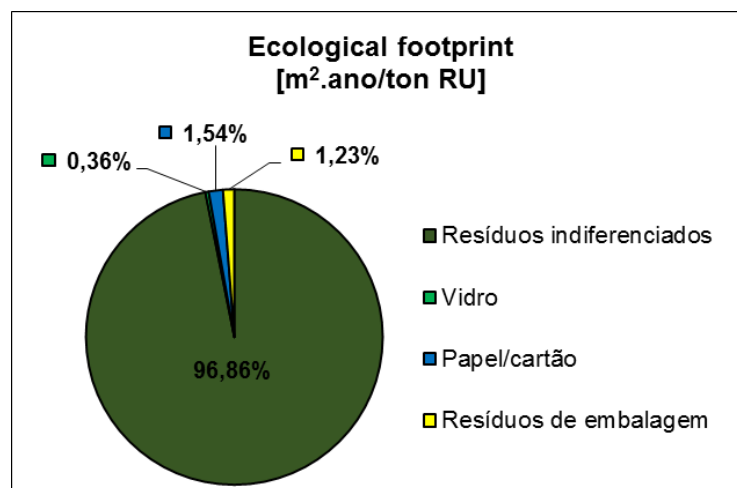


Figura 4.15 – Indicador AICV *Ecological footprint* da gestão de resíduos urbanos em Estarreja

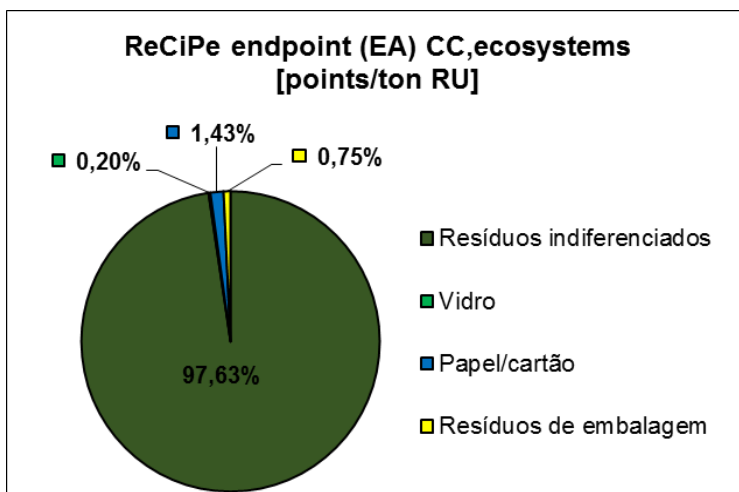


Figura 4.16 – Indicador AICV *ReCiPe endpoint* .da gestão de resíduos urbanos em Estarreja

Da análise dos resultados anteriores constata-se que o processo que apresenta maiores impactos ambientais são os que advêm da gestão de resíduos indiferenciados, o que tem a ver com o facto de corresponderem à larga maioria dos resíduos a gerir.

5 NOVO MODELO DE GESTÃO

Os processos baseados nas tecnologias convencionais aplicados aos resíduos urbanos indiferenciados não têm conseguido oferecer uma solução adequada à gestão dos resíduos urbanos. Os estudos demonstram que o grande problema da gestão dos resíduos urbanos concentra-se nos resíduos orgânicos/biorresíduos, uma vez que este tipo de resíduo quando misturado com os outros resíduos secos, as vezes recicláveis, dificulta e inviabiliza o reaproveitamento desses.

Contudo, em termos do PERSU2020 o principal enfoque ocorre ao nível dos resíduos de recolha seletiva, em que se pretende aumentar significativamente a valorização de resíduos recicláveis a partir de resíduos indiferenciados.

A valorização de resíduos de vidro (RV), papel/cartão (RPC) e de embalagens (RE) tem encontrado dificuldades de ser incrementada por variadas razões, entre as quais, sobressaem (a) os custos de recolha e (b) a adesão dos cidadãos, que vem mantendo fracos os níveis de recolha a despeito das campanhas de sensibilização realizadas.

Ao contrário, e em contraciclo com o que se vem observando em alguns países da EU, deveria ocorrer um esforço acrescido no desenvolvimento de um modelo de gestão que considerasse o fluxo de biorresíduos, que corresponde, em regra, à maior das frações dos resíduos urbanos.

As estratégias municipais de redução da quantidade de resíduos encontra exemplos em Portugal. O projeto piloto desenvolvido pela LIPOR – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, para o município da Maia, que trouxe resultados positivos. Para este efeito a LIPOR definiu campos no âmbito de resíduos urbanos e uma série de medidas a serem tomadas nomeadamente (URL6

- Redução da produção de resíduos para os 100kg por pessoa/ano;
- Compostagem caseira/comunitária;
- Criação do menu “Dose Certa” na restauração;
- Redução das embalagens de cartão;
- Prevenção na produção de pape;
- Implementação do projeto “Refeições sem Resíduos”.

A implementação do sistema PAYT-Pay as You Throw (Pagar pelo Produzido), pode ser benéfico para reduzir a produção de resíduos, como causa do incentivo ou penalizações financeiras.

Considerando o caso no que refere à redução de resíduos e promoção de boas práticas ambientais, pode-se dizer que é algo que deve ser implementado numa escala maior, e servir de exemplo para pequenos municípios, como é o caso de estudo.

5.1 BIORRESÍDUOS

Como referido anteriormente, um dos grandes problemas na gestão de resíduos urbanos advém dos biorresíduos, pelo que seria de interesse avaliar os impactos ambientais que outros modelos de gestão destes resíduos possam apresentar quando comparados com a situação de base referida no capítulo anterior.

A proposta de novo modelo de gestão deverá ser compatível com os objetivos da EU e do PERSU2020, nomeadamente a redução dos resíduos de recolha indiferenciada. A proposta deste trabalho considera: (a) que os biorresíduos produzidos nas zonas rurais devem ser tratados por compostagem doméstica no âmbito dos espaços de horta ou quintal disponíveis em torno das habitações, (b) proibir a colocação de resíduos verdes e terra nos contentores. Este modelo de gestão permitiria reduzir as quantidades de resíduos indiferenciados a recolher e a transportar para tratamento na TMB de Eirol.

Tendo em atenção as características do município de Estarreja, considerou-se a freguesia de Beduído como espaço urbano e as restantes freguesias como espaço rural. Nestas circunstâncias a quantidade de RUI a recolher em Beduído seria idêntica à situação de base correspondendo a 2811,8 ton RUI/ano, sendo que nas restantes freguesias a quantidade de RUI a recolher seria de 6018,6 ton RUI/ano, considerando que 38% é biorresíduo ou seja 1715,3 ton BIO/ano, o que corresponderia a uma redução de 19.4% de RUI do município. Contudo, atendendo à dimensão do município relativamente ao total tratado pela ERSUC, entendeu-se manter o modelo de cálculo das incidências ambientais do capítulo anterior, pese o facto de serem enviada uma menor quantidade de biorresíduos que se poderia traduzir em menos biogás, menos composto e refugos.

Embora mantendo o esforço de recolha idêntico ao modelo base apresentado no capítulo anterior, o desvio dos biorresíduos da recolha indiferenciada nas zonas rurais permitiria uma redução no valor do indicador AICV IPCC 2007 (GWP 100a) de cerca de 19%. Pode acrescentar-se que poderia ainda ser considerado outro modelo de recolha (como por

exemplo, a frequência de recolha poderia ser reduzida para uma recolha semanal) e assim conseguir ainda menores impactos ambientais.

5.2 RESÍDUOS DE RECOLHA SELETIVA

O incremento da recolha seletiva permitiria aumentar a quantidade de resíduos para valorização, já que apresenta valores que poderiam ser melhorados, e assim reduzir a quantidade de resíduos indiferenciados.

A melhoria da recolha seletiva passa por disponibilizar mais infraestruturas de alocação, sendo indispensável promover o bom uso do mesmo por parte das populações. No município em estudo, a criação de mais ecopontos é justificável desde que ocorra mais adesão dos munícipes.

No cômputo global não é esperada uma melhoria significativa do desempenho ambiental do município enquanto os resíduos indiferenciados apresentarem o peso que atualmente evidenciam.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 CONCLUSÕES

Conhecer os sistemas de gestão de resíduos urbanos, bem como todos os processos intervenientes, desde a sua alocação até o seu destino final passa pelos diversos tipos de tratamentos, é importante para perceber as suas consequências a nível ambiental, promovendo desta forma soluções de melhoria que contribuem para a minimização dos impactes ambientais.

Com o balanço mássico feito aos resíduos urbanos que são produzidos no município, e tendo em conta a entidade responsável pelo tratamento e destino final dos mesmos, sabe-se que o município de Estarreja tem na ordem dos 3% do total de resíduo que é gerido e tratado pela ERSUC. Do balanço mássico feito aos resíduos urbanos provenientes do município de Estarreja, o processo que sustenta a maior quantidade de resíduos para outros fins é a digestão anaeróbia, para a produção de compostos e produção de energia, seguido da produção de CDR, os refugos para aterro controlado assumem seguramente o terceiro maior destino dos resíduos urbanos produzidos.

De forma a perceber os impactes ambientais que o sistema atual tem provocado, elaborou-se a análise de ciclo de vida com base no Modelo Excel de Análise de Ciclo de Vida-UA (ACV-UA).

Da análise dos diferentes gráficos, que representam as emissões para diferentes processos de gestão para o indicador *IPCC 2007 (GWP 100a)*, o refugo é o que representa maior percentagem de emissão para os resíduos de embalagens e para os resíduos de papel e cartão. Já para os resíduos de vidro, o refugo que é considerado inertes, em termos de emissões apresenta uma quantidade muito baixa se for comparada com os outros processos. Por outro lado, na análise dos resíduos urbanos indiferenciados, o tratamento e o refugo são os que emitem mais CO₂, enquanto que o processo de transporte é o que emite menos. Comparando os resultados das emissões de CO₂ provenientes da gestão dos resíduos de recolha seletiva e da recolha indiferenciada, concluiu-se que a maior fonte de emissão de CO₂, advém da gestão dos resíduos indiferenciados constituindo um total de aproximadamente 96% a 98% do total das emissões de CO₂. Em termos de pegada de carbono o sistema atual é responsável por emitir 2629906 kg CO₂_eq/ano com base no indicador *IPCC 2007 (GWP 100a)*.

6.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Os diferentes municípios devem estabelecer a avaliação regular da sua pegada de carbono e pegada ecológica com o objetivo de estabelecer “benchmarking” e assim ir melhorando o seu desempenho.

Sugere-se para a melhoria do atual sistema de gestão de resíduos que se deve procurar minimizar a deposição dos resíduos orgânicos junto aos outros resíduos. Sendo o município de Estarreja na sua maioria considerada rural, algumas medidas podem ser tomadas face a essa questão nomeadamente:

- Incentivar a população a fazer a compostagem, aproveitar os resíduos verdes, restos de alimentos, reduzindo dessa forma a recolha do bio resíduo;
- A instalação de compostor nas zonas onde se apresenta uma maior produção de bio resíduo;
- Promover campanhas e workshops para incentivar a população face a problemática do biorresíduo no sistema de tratamento de resíduos e de um modo geral sensibilizar a população para as boas práticas ambientais.

Atualmente decorre um projeto LIFE-PAYT (“Pay-as-you-throw”), sugerindo-se que a CI-RA possa acompanhar e cujos resultados esperados passam por uma melhoria de desempenho, tais como (entre outros) (URL8):

- Os municípios participantes aplicam em pleno o modelo PAYT.
- Os resultados do projeto são eficazmente comunicados a outros municípios no Sul da Europa, de forma a fomentar a transição para o PAYT nesta zona da Europa.
- Os resíduos indiferenciados nas zonas de intervenção diminuem: menos 20 a 40% provenientes das habitações e menos 40 a 60% provenientes dos serviços e comércio.
- A recolha seletiva e a quantidade de materiais enviados para a reciclagem aumentam nas áreas de intervenção, impulsionando a economia circular.
- Os meios disponíveis para a recolha de resíduos são modernizados e a recolha nas áreas de intervenção é otimizada, permitindo reduzir os custos dos municípios e diminuir a pegada de carbono.
- O impacto económico, ambiental e social de introduzir o sistema PAYT é conhecido.

- Os resíduos orgânicos enviados para aterro nas zonas de intervenção diminuem.
- Os cidadãos e poder local estão mais consciencializados para a problemática dos resíduos.

Referências bibliográficas

- Al-salem, S.M., Evangelisti, S. & Lettieri, P., 2014. Life cycle assessment of alternative technologies for municipal solid waste and plastic solid waste management in the Greater London area. , 244, pp.391–402.
- Allen, David, Charles Allport, K.A., 2011. CHAPTER 2: Life Cycle Assessment Methodology for Transportation Fuels. *Analysis of Innovative Feedstock Sources and Production Technologies for Renewable Fuels EPA: XA-83379501-0*, p.12.
- APA, 2011. Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020. *Agência Portuguesa do Ambiente*, p.128.
- APA, 2013. Relatório Anual Resíduos Urbanos.
- APA, 2015. Resíduos Urbanos - Relatório Anual 2014.
- Bare, J.C. et al., 2000. Midpoints versus endpoints: The sacrifices and benefits. *Life Cycle Impact Assessment*, 5(6), pp.319–326.
- Blankendaal, T., Schuur, P. & Voordijk, H., 2014. Reducing the environmental impact of concrete and asphalt: A scenario approach. , pp.27–36.
- Cencic, O., 2016. Nonlinear data reconciliation in material flow analysis with software STAN. *Sustainable Environment Research*, 26(6), pp.291–298.
- ERSUC, 2014. Plano Estratégico PERSU 2020 -Relatório Ambiental.
- ERSUC, 2015. *Relatório e Contas 2014*,
- Frischknecht, R. et al., 2005. *The ecoinvent Database: Overview and Methodological Framework (7 pp)*,
- Gutberlet, J., 2015. Cooperative urban mining in Brazil : Collective practices in selective household waste collection and recycling.
- J. Ferreira, 2004. *Análise de Ciclo de Vida dos Produtos*, Instituto Politécnico de Viseu.
- Kazemi, K. et al., 2016. Design of experiment (DOE) based screening of factors affecting municipal solid waste (MSW) composting. *Waste Management*, 58, pp.107–117.
- Lucas, A. et al., 2008. Sistema de Gestão de Bases de Dados. *ISEG Tecnologias de Informação*, pp.1–16.
- Manfredi, S. & Christensen, T.H., 2009. Environmental assessment of solid waste landfilling technologies by means of LCA-modeling. *Waste Management*, 29, pp.32–43.
- Matos, M.A.A., Gomes, A.P.D. & Monteiro, E.C.M., 2013. A gestão da recolha de resíduos urbanos: novos e velhos desafios. In *8ª Jornadas Técnicas internacionais de resíduos*. Lisboa: APESB.
- McDougall, F. et al., 2001. *Integrated solid waste management: a life cycle inventory* 2nd ed. B. Science, pp.532.
- Mônica Maria; Maria Sílvia de Moraes, 2009. Saúde coletiva , resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo Urban solid residues , garbage collectors and public health. *Ciência & Saúde Coletiva*, 14, pp.2115–2122.
- Park, Y.S., Egilmez, G. & Kucukvar, M., 2016. Emergy and end-point impact assessment of agricultural and food production in the United States: A supply chain-linked Ecologically-based Life Cycle Assessment. *Ecological Indicators*, 62, pp.117–137.
- Rodrigues, S., Martinho, G. & Pires, A., 2016. Waste collection systems. Part B: Benchmarking indicators. Benchmarking of the Great Lisbon Area, Portugal. *Journal of Cleaner Production*, 139, pp.230–241.

Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, D.P.D., 2007. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* 7th ed. J. W. & SONS, ed.,

Turner, D.A., Williams, I.D. & Kemp, S., 2016. Combined material flow analysis and life cycle assessment as a support tool for solid waste management decision making. *Journal of Cleaner Production*, 129, pp.234–248.

Zhao, Y. et al., 2015. Assessment of co-composting of sludge and woodchips in the perspective of environmental impacts (EASETECH). *Waste Management*, 42, pp.55–60.

Legislação:

Decreto-Lei n.º73/2011 de 17 de Junho, 2011. *Lei quadro da gestão de resíduos*,

Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, 2006. Gestão de Resíduos.

Decreto Lei n.º 183/2009, de 10 de agosto (Versão atualizada), 2016. Regime jurídico da deposição de resíduos em aterro.

Diretiva 75/442/CEE do Conselho, de 15 de julho de 1975, Relativa aos resíduos.

Portaria n.º 187/2007, 2007. Plano Estratégico PERSU II.

Websites visitados:

URL1 <https://www.acp.pt/o-clube/turismo-e-lazer/viajar-de-carro/fins-de-semana-acp/estarreja>

URL2 <http://ersuc.pt/www/>

URL3 http://www.cm-estarreja.pt/gestao_de_residuos/

URL4 <https://www.apambiente.pt/>

URL5 <http://www.pordata.pt>

URL6 <http://www.lipor.pt/pt/residuos-urbanos/prevencao/boas-praticas/>

URL7 <http://www.lipor.pt/pt/noticias/a-lipor-reduziu-a-sua-pegada-carbonica-em-16-3-de-2006-para-2014/>

URL8 http://www.cmaveiro.pt/www/Templates/TONewDetail.aspx?id_object=45914&indexnew=2

Anexo A – Sistemas municipais de gestão de RU em Portugal e respetivas infraestruturas de tratamento e recolha seletiva

SGRU	A	TM	TMB	CVO	INC	CDR	T	ET	EC	EP	hab/ecoponto
VALORMINHO	1	-	-	-	-	-	1	1	2	424	178
RESULIMA	1	-	-	-	-	-	1	1	2	962	330
BRAVAL	1	-	-	-	-	-	1	1	2	1167	248
RESINORTE	5	1	1	-	-	-	4	8	17	3657	256
Lipor	1	-	-	1	1	-	1	-	19	3680	562
Ambisousa	2	-	-	-	-	-	2	2	8	1000	336
SULDOURO	1	-	1	-	-	-	1	-	4	1748	253
Resíduos do Nordeste	1	-	1	-	-	-	-	4	14	616	223
VALORIS	1	-	1	-	-	-	1	3	4	1109	274
ERSUC	2	-	2	-	-	2	2	7	7	3687	254
Ecobeirão	1	1	-	-	-	-	1	3	19	1524	223
RESIESTRELA	1	-	1	-	-	-	1	7	14	964	201
VALORSUL	2	-	-	1	1	-	2	6	8	5620	282
Ecoleziria	1	-	-	-	-	-	-	3	4	462	273
Resitejo	1	1	-	-	-	-	1	7	8	1515	134
Tratolixo	-	1	1	-	-	-	1	1	2	3548	238
AMARSUL	2	1	2	-	-	1	1	1	7	2662	294
Gesamb	1	-	1	-	-	-	1	4	7	676	221
Ambilital	1	-	1	-	-	-	1	5	7	874	130
Amcal	1	-	-	-	-	-	1	3	5	128	194
VALNOR	2	-	1	-	-	1	1	8	14	2068	126
Resialentejo	1	-	1	-	-	-	-	5	5	470	197
ALGAR	2	1	1	3	-	-	2	7	14	2860	155
Total	32	6	15	5	2	4	27	87	193	41421	239

(Fonte: APA, 2015)

“Em maiúsculas representam-se os SGRU multimunicipais”

Legenda: A - Aterro; TM - Tratamento Mecânico; TMB - Tratamento Mecânico e Biológico; CVO - Valorização Orgânica; INC - Incineração com produção de energia; CDR - Unidade de preparação de CDR; T – Triagem; ET - Estação de Transferência; EC – Ecocentro; EP - Ecoponto

Anexo B – Legislação específica aplicado aos RU

Resíduos	Decreto-Lei/Portaria
Embalagens (plástico, vidro, metal, papel e cartão)	Decreto-Lei n.º 48/2015, de 10 de abril, relativo à gestão de embalagens e resíduos de embalagens. Portaria n.º 29-B/98, de 15 de janeiro
Pneus	Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho
Pilhas e acumuladores	Decreto-Lei n.º 173/2015, de 25 de agosto, que estabelece o regime de colocação no mercado e de recolha, tratamento, reciclagem e eliminação de resíduos de pilhas e acumuladores. Portaria n.º 571/2001, de 6 de junho, Portaria n.º 572/2001, de 6 de junho
Óleos minerais	Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho
Veículos em Fim de Vida (VFV)	Decreto-Lei n.º 1/2012, de 11 de janeiro
Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE)	Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho
Lamas de depuração ou de composição similar	Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de outubro
Resíduos de Construção e Demolição (RCD):	Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho
PCB	Decreto-Lei n.º 72/2007, de 27 de março e Declaração de Retificação n.º 42/2007, de 25 de maio
Amianto	Decreto-Lei n.º 101/2005, de 23 de junho Portaria n.º 40/2014, de 17 de fevereiro
Óleos Alimentares Usados (OAU)	Decreto-Lei n.º 267/2009, de 29 de setembro

Anexo C – Operações de valorização e eliminação (Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho)

Operações de Valorização
R 1 - Utilização principal como combustível ou outro meio de produção de energia;
R 2 - Recuperação/regeneração de solventes;
R 3 - Reciclagem/recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (incluindo digestão anaeróbia e ou compostagem e outros processos de transformação biológica;
R 4 - Reciclagem/recuperação de metais e compostos metálicos;
R 5 - Reciclagem/recuperação de outros materiais inorgânicos;
R 6 - Regeneração de ácidos ou bases;
R 7 - Valorização de componentes utilizados na redução da poluição;
R 8 - Valorização de componentes de catalisadores;
R 9 - Refinação de óleos e outras reutilizações de óleos;
R 10 - Tratamento do solo para benefício agrícola ou melhoramento ambiental;
R 11 - Utilização de resíduos obtidos a partir de qualquer das operações enumeradas de R 1 a R 10;
R 12 - Troca de resíduos com vista a submetê-los a uma das operações enumeradas de R 1 a R 11;
R 13 - Armazenamento de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R 1 a R 12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde os resíduos foram produzidos).
Operações de eliminação
D 1 - Depósito no solo, em profundidade ou à superfície (por exemplo, em aterros, etc.);
D 2 - Tratamento no solo (por exemplo, biodegradação de efluentes líquidos ou de lamas de depuração nos solos, etc.);
D 3 - Injeção em profundidade (por exemplo, injeção de resíduos por bombagem em poços, cúpulas salinas ou depósitos naturais, etc.);
D 4 - Lagunagem (por exemplo, descarga de resíduos líquidos ou de lamas de depuração em poços, lagos naturais ou artificiais, etc.);
D 5 - Depósitos subterrâneos especialmente concebidos (por exemplo, deposição em alinhamentos de células que são seladas e isoladas umas das outras e do ambiente, etc.);
D 6 - Descarga para massas de água, com exceção dos mares e dos oceanos;
D 7 - Descargas para os mares e ou oceanos, incluindo inserção nos fundos marinhos;
D 8 - Tratamento biológico não especificado em qualquer outra parte do presente anexo que produza compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D 1 a D 12;
D 9 - Tratamento físico-químico não especificado em qualquer outra parte do presente anexo que produza compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D 1 a D 12 (por exemplo, evaporação, secagem, calcinação, etc.);
D 10 - Incineração em terra;
D 11 - Incineração em mar;
D 12 - Armazenamento permanente (por exemplo, armazenamento de contentores numa mina, etc.);
D 13 - Mistura anterior à execução de uma das operações enumeradas.

Anexo D – Características do sistema de recolha de resíduos recicláveis da ERSUC (Aveiro)

Municípios	População 2014 (fonte: INE)	Equipamentos Instalados			Densidade (Hab/Contentor)			Produção (kg/ano)			Capitações (kg/Hab.ano)		
		Vidrões	Papelões	Embalões	Vidrões	Papelões	Embalões	Vidrões	Papelões	Embalões	Vidrões	Papelões	Embalões
Águeda	47127	219	151	216	215	312	218	711380	269140	244429	15,09	5,71	5,19
Albergaria-a-Velha	24724	118	88	87	399	281	284	321300	97440	135527	13,00	3,94	5,48
Anadia	28345	173	108	106	272	262	267	627800	155980	207696	22,15	5,50	7,33
Arouca	21751	84	80	84	561	272	259	273980	104740	130385	12,60	4,82	5,99
Aveiro	77229	319	263	246	148	294	314	1187600	600540	633939	15,38	7,78	8,21
Estarreja	26555	175	134	134	269	198	198	455340	241440	194161	17,15	9,09	7,31
Ílhavo	38410	188	143	142	251	269	270	627960	325620	339881	16,35	8,48	8,85
Mealhada	20255	144	94	93	327	215	218	446800	167840	185156	22,06	8,29	9,14
Murtosa	10437	78	28	29	604	373	360	192640	75140	69183	18,46	7,20	6,63
Oliveira de Aze- méis	67756	249	234	234	189	290	290	827900	406400	386526	12,22	6,00	5,70
Oliveira do Bairro	23443	116	72	72	406	326	326	392020	158240	201413	16,72	6,75	8,59
Ovar	54919	278	190	184	170	289	298	823400	373380	375961	14,99	6,80	6,85
São João da Ma- deira	21625	79	75	75	597	288	288	288660	221440	208456	13,35	10,24	9,64
Sever do Vouga	12000	89	66	68	530	182	176	264520	90160	93641	22,04	7,51	7,80
Vagos	22897	124	86	83	380	266	276	376860	165660	162648	16,46	7,24	7,10
Vale da cambra	22319	129	81	74	365	276	302	346180	117400	121006	15,51	5,26	5,42

Referência: baseado em ERSUC, 2015

Anexo E – Registo de recolha de RUI para o mês de setembro

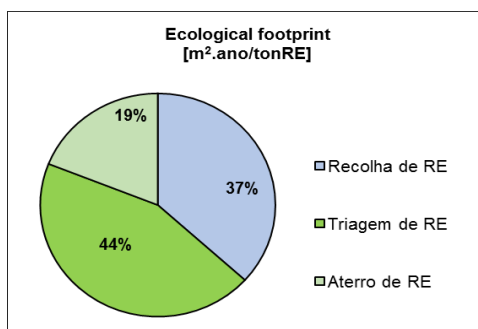
Data	Hora	Rota	Resíduo	Destino	Líquido LUSÁGUA (kg)	Líquido ERSUC (kg)
01-09-2015	00:34	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	8800	8800
01-09-2015	02:53	EC2N	RSU	ETE	8040	8040
01-09-2015	04:25	EC2N	RSU	ETE	4760	4760
01-09-2015	09:52	EC2D	RSU	ETE	9000	9000
01-09-2015	13:39	EC2D	RSU	ETE	8860	8860
02-09-2015	00:31	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	6280	6280
02-09-2015	00:53	Limp.Urb.	Monos	CITVRSU Aveiro	3680	3680
02-09-2015	03:06	EC1N	RSU	ETE	6280	6280
02-09-2015	04:41	EC1N	RSU	ETE	4180	4180
03-09-2015	00:00	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	8940	8940
03-09-2015	02:50	EC2N	RSU	ETE	6620	6620
03-09-2015	11:39	EC2D	RSU	ETE	11300	11300
04-09-2015	00:00	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	9600	9600
04-09-2015	03:42	EC1N	RSU	ETE	7620	7620
04-09-2015	10:19	EC1D	RSU	ETE	10240	10240
04-09-2015	12:32	EC1D	RSU	ETE	6140	6140
04-09-2015	15:14	EC1D	RSU	ETE	6280	6280
05-09-2015	00:00	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	7880	7880
05-09-2015	02:59	EC2N	RSU	ETE	8300	8300
05-09-2015	10:03	EC2D	RSU	ETE	8880	8880
07-09-2015	00:00	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	10100	10100
07-09-2015	03:22	EC1N	RSU	ETE	9120	9120
07-09-2015	11:50	Limp.Urb.	Monos	CITVRSU Aveiro	3560	3560
07-09-2015	09:49	EC1D	RSU	ETE	9140	9140
07-09-2015	12:17	EC1D	RSU	ETE	5840	5840
08-09-2015	00:07	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	9040	9040
08-09-2015	02:54	EC2N	RSU	ETE	10040	10040
08-09-2015	10:48	EC2D	RSU	ETE	9040	9040
08-09-2015	15:47	EC2D	RSU	ETE	6660	6660
09-09-2015	00:18	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	8600	8600
09-09-2015	03:07	EC1N	RSU	ETE	5600	5600
10-09-2015	00:00	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	7700	7700

Data	Hora	Rota	Resíduo	Destino	Líquido LUSÁGUA (kg)	Líquido ERSUC (kg)
10-09-2015	02:35	EC2N	RSU	ETE	7560	7560
10-09-2015	11:30	EC2D	RSU	ETE	9040	9040
11-09-2015	00:00	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	8040	8040
11-09-2015	03:17	EC1N	RSU	ETE	7260	7260
11-09-2015	13:03	Limp.Urb.	Monos	CITVRSU Aveiro	4680	4680
11-09-2015	10:31	EC1D	RSU	ETE	9780	9780
11-09-2015	13:49	EC1D	RSU	ETE	9180	9180
12-09-2015	00:00	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	8720	8720
12-09-2015	02:32	EC2N	RSU	ETE	6800	6800
12-09-2015	10:46	EC2D	RSU	ETE	8940	8940
14-09-2015	00:38	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	10500	10500
14-09-2015	04:07	EC1N	RSU	ETE	8960	8960
14-09-2015	09:28	EC1D	RSU	ETE	8820	8820
14-09-2015	12:15	EC1D	RSU	ETE	6800	6800
15-09-2015	00:18	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	8700	8700
15-09-2015	03:01	Limp.Urb.	Monos	CITVRSU Aveiro	3340	3340
15-09-2015	03:10	EC2N	RSU	ETE	8380	8380
15-09-2015	04:54	EC2N	RSU	ETE	5660	5660
15-09-2015	10:07	EC2D	RSU	ETE	9720	9720
15-09-2015	11:56	EC2D	RSU	ETE	2280	2280
16-09-2015	01:32	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	9940	9940
16-09-2015	03:45	EC1N	RSU	ETE	3560	3560
16-09-2015	16:22	EC1D	RSU	ETE	5760	5760
17-09-2015	00:59	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	7920	7920
17-09-2015	01:47	Limp.Urb.	Monos	CITVRSU Aveiro	3100	3100
17-09-2015	03:14	EC2N	RSU	ETE	5280	5280
17-09-2015	11:34	EC2N	RSU	ETE	9240	9240
17-09-2015	14:10	EC2N	RSU	ETE	200	200
18-09-2015	00:46	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	10100	10100
18-09-2015	04:00	EC1N	RSU	ETE	9080	9080
18-09-2015	09:21	EC1D	RSU	ETE	10140	10140
18-09-2015	11:23	EC1D	RSU	ETE	6380	6380
19-09-2015	00:22	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	9920	9920
19-09-2015	02:01	Limp.Urb.	Monos	CITVRSU Aveiro	3660	3660
19-09-2015	03:13	EC2N	RSU	ETE	6060	6060

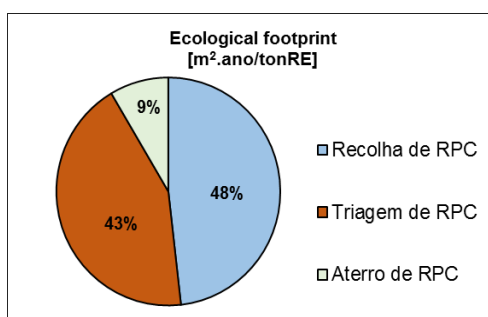
Data	Hora	Rota	Resíduo	Destino	Líquido LUSÁGUA (kg)	Líquido ERSUC (kg)
19-09-2015	09:54	EC2D	RSU	ETE	8020	8020
19-09-2015	12:08	EC2D	RSU	ETE	5480	5480
21-09-2015	00:26	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	10700	10700
21-09-2015	03:57	EC1N	RSU	ETE	9640	9640
21-09-2015	09:35	EC1D	RSU	ETE	10140	10140
21-09-2015	12:40	EC1D	RSU	ETE	6940	6940
21-09-2015	13:15	Monos	Monos	CITVRSU Aveiro	1460	1460
22-09-2015	00:00	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	10040	10040
22-09-2015	03:21	EC2N	RSU	ETE	9200	9200
22-09-2015	09:55	EC2D	RSU	ETE	10280	10280
22-09-2015	12:01	EC2D	RSU	ETE	3720	3720
23-09-2015	00:20	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	8680	8680
23-09-2015	03:24	EC1N	RSU	ETE	6120	6120
24-09-2015	00:11	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	8420	8420
24-09-2015	02:55	EC2N	RSU	ETE	6060	6060
24-09-2015	10:15	EC2D	RSU	ETE	8680	8680
24-09-2015	12:09	EC2D	RSU	ETE	3860	3860
25-09-2015	00:21	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	8080	8080
25-09-2015	03:29	EC1N	RSU	ETE	7880	7880
25-09-2015	08:57	EC1D	RSU	ETE	9500	9500
25-09-2015	12:16	EC1D	RSU	ETE	9240	9240
25-09-2015	16:16	-	RSU	ETE	-	40
26-09-2015	00:11	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	8900	8900
26-09-2015	02:47	EC2N	RSU	ETE	6260	6260
26-09-2015	10:40	EC2D	RSU	ETE	8520	8520
28-09-2015	00:22	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	9600	9600
28-09-2015	04:01	EC1N	RSU	ETE	10100	10100
28-09-2015	09:44	EC1D	RSU	ETE	9620	9620
28-09-2015	12:39	EC1D	RSU	ETE	6680	6680
29-09-2015	00:30	EC2N	RSU	CITVRSU Aveiro	9960	9960
29-09-2015	03:22	EC2N	RSU	ETE	6880	6880
29-09-2015	04:29	EC2N	RSU	ETE	4040	4040
29-09-2015	10:23	EC2D	RSU	ETE	9540	9540
29-09-2015	12:36	EC2D	RSU	ETE	5500	5500
30-09-2015	00:16	EC1N	RSU	CITVRSU Aveiro	8780	8780

Data	Hora	Rota	Resíduo	Destino	Líquido LUSÁGUA (kg)	Líquido ERSUC (kg)
30-09-2015	03:04	EC1N	RSU	ETE	5740	5740
29-09-2015	11:21	-	Monos	ETE	-	80
Total					771880	772000

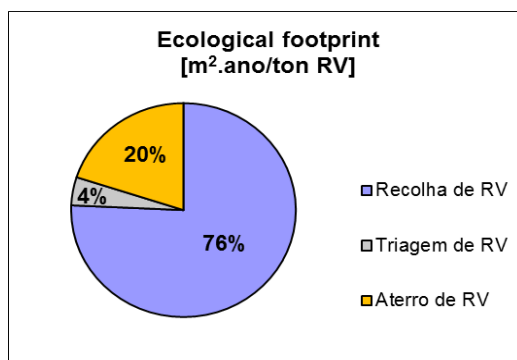
Anexo F – Impactos ambientais da gestão de resíduos de acordo com o indicador Ecological Footprint



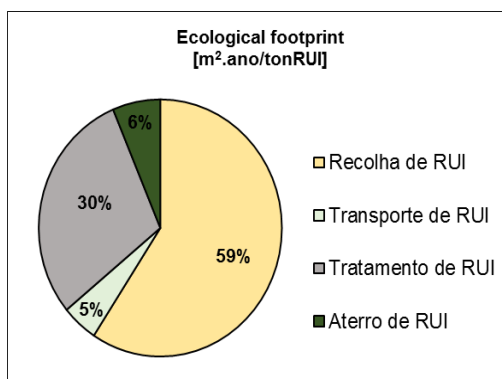
Repartição de impacto ambiental dos diferentes processos de gestão de RE.



Repartição de impacto ambiental dos diferentes processos de gestão de RPC.

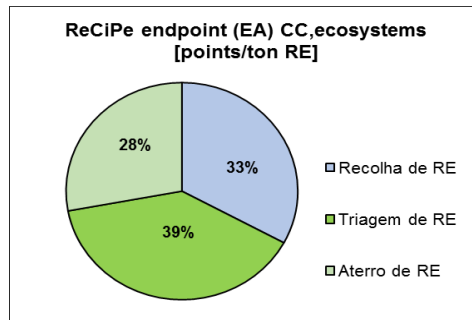


Repartição de impacto ambiental dos diferentes processos de gestão de RV.

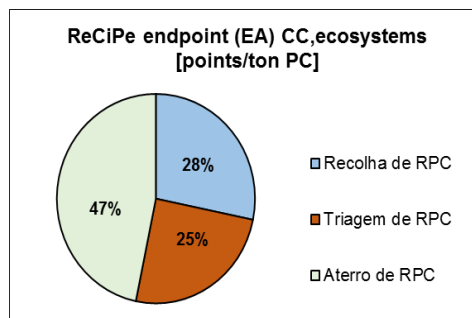


Repartição de impacto ambiental dos diferentes processos de gestão de RUI.

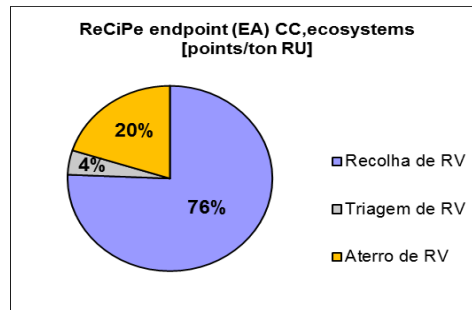
Anexo G – Impactos ambientais da gestão de resíduos de acordo com o indicador Recipe endpoint (EA) CC, ecosystems



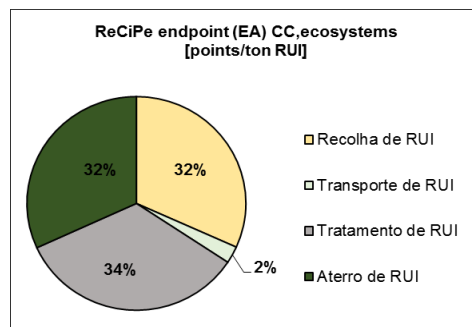
Repartição de impacto ambiental dos diferentes processos de gestão de RE



Repartição de impacto ambiental dos diferentes processos de gestão de RPC



Repartição de impacto ambiental dos diferentes processos de gestão de RV.



Repartição de impacto ambiental dos diferentes processos de gestão de RUI.