

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**MODELO DE APOIO À DECISÃO NA RECOLHA DE
RESÍDUOS URBANOS**

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente

João Filipe Alves Moreira

Orientador: Prof.º Doutor Carlos Afonso Teixeira

Coorientadora: Prof.ª Doutora Isabel Bentes



Vila Real, 2014

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**MODELO DE APOIO À DECISÃO NA RECOLHA DE
RESÍDUOS URBANOS**

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente

João Filipe Alves Moreira

Orientador: Prof.º Doutor Carlos Afonso Teixeira

Coorientadora: Prof.ª Doutora Isabel Bentes

Composição do Júri:

Dr.ª Edna Carla Janeiro Cabecinha da Câmara Sampaio, professora auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Dr.ª Maria da Graça Madeira Martinho, professora auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa;

Dr.º Carlos Afonso Teixeira, professor auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Vila Real, 2014

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, apresentada à Escola de Ciências da Vida e do Ambiente, da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, realizada sob a orientação do Professor Dr. Carlos Afonso Teixeira, Professor Auxiliar do Departamento de Biologia e Ambiente, e coorientação da Professora Isabel Oliveira Bentes, Professora Associada do Departamento de Engenharias, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 216/92 de 13 de outubro. As doutrinas apresentadas são da exclusiva responsabilidade do autor.

Agradecimentos

Os meus primeiros agradecimentos vão para o Prof.º Doutor Carlos Teixeira e para a Prof.^a Doutora Isabel Bentes, pela orientação e ajuda prestada durante a realização desta dissertação, bem como pela oportunidade que me proporcionaram em colaborar no projeto “Guia Prático de Resíduos Urbanos”, que para além de ser o suporte da componente prática desta dissertação, permitiu-me adquirir importantes competências profissionais e pessoais complementares à minha formação académica.

Um reconhecido agradecimento a toda a equipa da Divisão de Limpeza Urbana (Núcleo de Projetos) da Câmara Municipal de Lisboa, diretamente envolvida no projeto de investigação “Guia Prático de Resíduos Urbanos”, nomeadamente à Eng.^a Inês Cristóvão, ao Eng.º Manuel Severino e à Eng.^a Carla Tamagnini, pela cedência de informações e apoio logístico indispensável à realização desta dissertação.

Ao Prof. Dr.º João Varajão pela preciosa ajuda na programação do software e também na correção dos erros detetados.

À minha família, especialmente aos meus pais, pela confiança, incentivo e financiamento oferecido durante a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos de faculdade, que me acompanharam ao longo do meu percurso académico e que sempre me apoiaram, principalmente no período de desenvolvimento desta dissertação.

Título: Modelo de Apoio à Decisão de Recolha na Resíduos Urbanos

RESUMO

Nas últimas décadas com o acréscimo da produção e perigosidade dos resíduos, aumentaram as exigências impostas aos sistemas de recolha, transporte e tratamento de resíduos, traduzindo-se também em maiores custos do serviço.

Os elevados custos e impactes ambientais associados à recolha e transporte de resíduos urbanos (RU), bem como a necessidade de avaliar o desempenho destes sistemas e a qualidade do serviço prestado, levaram a que fossem desenvolvidos vários esforços tendentes a assegurar melhores desempenhos operacionais, económicos e ambientais.

O desenvolvimento de modelos de avaliação de desempenho baseados em indicadores de desempenho são uma das formas de avaliar o desempenho de um sistema de recolha. Estes indicadores permitem o apoio à decisão, a identificação de aspetos relevantes a otimizar no sistema com vista à melhoria da qualidade do serviço e a comparação de desempenho entre diferentes sistemas de recolha.

Tendo por base esta problemática, nesta dissertação apresenta-se um modelo de avaliação de desempenho de circuitos de recolha e transporte de RU com base num sistema de 14 indicadores (12 operacionais, 1 económico e 1 ambiental), que foi posteriormente transposto para uma aplicação informática online que visa agilizar e uniformizar o cálculo dos indicadores.

De forma a testar e validar o modelo, este foi submetido à análise de 26 circuitos de recolha do concelho de Lisboa. Os resultados obtidos no caso de estudo representam um importante contributo para os técnicos envolvidos na recolha de RU e para a tomada de decisão sobre o tipo de sistema de recolha a implementar por parte dos responsáveis de entidades gestoras de RU.

Palavras-chave: Resíduos Urbanos; Sistemas de Recolha e Transporte de Resíduos Urbanos; Modelos de Avaliação de Desempenho; Indicadores de Desempenho.

Title: Decision Support Model for Urban Waste Collection

ABSTRACT

In recent decades with the increased production of urban waste, the requirements on the collection, transport and waste treatment systems increased, translating into higher costs of service.

The high costs associated to the urban waste collection and transportation, as well as the need to evaluate the quality of service, led to several efforts to ensure better operational, economic and environmental performance. The development of evaluating performance models based on performance indicators are one of the ways to evaluate the performance of a collection system. These indicators enable decision support, identification of relevant aspects to optimize the system to improve a quality of service and comparison between different systems.

Based on this issue, this paper presents a model for evaluating the performance of collection and transportation urban waste, with basis of twelve operational indicators, one economic indicator and one environmental indicator. This developed model was subsequently transposed to an online computer application that aims to streamline and standardize the indicators' calculus.

Subsequently, in order to test and validate the model, twenty six urban waste collection routes in the municipality of Lisbon. The results obtained in the case study are an important contribution to the technicians involved in projects of urban waste collection and for decision-making on the type of collection system to be implemented.

Keywords: Urban Waste; Waste Collection and Transportation; Performance Evaluation Models; Performance Indicators.

Sumário

1. Introdução e Objetivos.....	1
2. Gestão de Resíduos.....	5
2.1. Documentação Legal e Estratégica.....	5
2.1.1. Principais Diretivas Comunitárias para a Gestão de Resíduos	5
2.1.2. Principal Documentação Legal Nacional para a Gestão de Resíduos	8
2.1.3. Estratégia Nacional de Resíduos.....	10
2.2. Gestão de Resíduos Urbanos em Portugal	15
2.2.1. Organização do Sector	15
2.2.2. Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU)	16
2.2.3. Classificação e Caracterização de Resíduos	19
2.2.4. Fluxos Específicos de Resíduos.....	20
2.2.5. Produção e Composição Física dos Resíduos Urbanos	24
2.2.6. Tratamento e Destino dos Resíduos Urbanos	26
2.2.7. Operações de Gestão de Resíduos Urbanos.....	26
2.2.8. Aspetos Económico-Financeiros da Gestão de Resíduos	30
2.3. Sistemas de Recolha e Transporte de Resíduos Urbanos	33
2.3.1. Deposição de Resíduos Urbanos.....	33
2.3.2. Recolha e Transporte de Resíduos Urbanos	36
2.4. Avaliação de Desempenho de Circuitos de Recolha e Transporte de Resíduos Urbanos.....	42
2.4.1. Conceito de Indicador de Desempenho (ID's).....	43
2.4.2. Sistemas de Indicadores de Desempenho	43
2.4.3. Aplicação Prática de ID's no Sector de Resíduos.....	45
2.4.4. Trabalhos Desenvolvidos por Outros Autores.....	47
3. Metodologia.....	53
3.1. Enquadramento.....	53
3.2. Modelo de Avaliação Proposto.....	54
3.2.1. Informações de Base	55
3.2.2. Variáveis de Cálculo.....	59
3.2.3. Indicadores de Desempenho	69
4. Aplicação Informática (IDGRU).....	73
4.1. Utilização da Aplicação Informática como Utilizador	73
4.2. Utilização da Aplicação Informática como Administrador.....	84
5. Teste e Validação do Modelo	91

5.1. Caracterização da Área de Estudo	91
5.1.1. Organização dos Circuitos de Recolha	92
5.2. Seleção dos Circuitos de Recolha.....	95
5.3. Recolha e Introdução de Informações de Base.....	96
5.4. Apresentação, Análise e Discussão de Resultados.....	100
5.4.1. Avaliação de Desempenho dos Circuitos de Recolha.....	100
5.4.1.1. Recolha Porta a Porta em Zonas de Edifícios de Médio e Alto Porte	100
5.4.1.2. Recolha Porta a Porta em Zonas de Moradias	108
5.4.1.3. Recolha Coletiva por Ecoilhas	114
5.4.1.4. Recolha Coletiva por EcoPontos	121
5.4.2. Avaliação de Desempenho dos Sistemas de Recolha	129
5.4.2.1. Circuitos Indiferenciados.....	130
5.4.2.2. Circuitos Papel/Cartão.....	132
5.4.2.3. Circuitos de Embalagens	135
6. Conclusões.....	139
Bibliografia.....	141
ANEXOS	145

Índice de Figuras

Figura 1 - Hierarquia das operações de gestão de resíduos (LIPOR, 2009).....	6
Figura 2 - Comparação das metas do PERSU I com a situação no referido ano (Fonte: MAMAOT, 2007)	11
Figura 3 - Sistemas de gestão de resíduos urbanos em Portugal (Fonte: MAMAOT, 2013) ..	17
Figura 4 - Ciclo dos processos da Sociedade Ponto Verde (Fonte: SPV, 2013)	24
Figura 5 - Produção e capitação diária de resíduos urbanos em Portugal continental (Fonte: APA, 2012).....	25
Figura 6 - Caracterização física média dos RU produzidos em Portugal continental no ano de 2011 (APA, 2013 b)	25
Figura 7 - Resíduos urbanos encaminhados para as diversas operações de gestão em Portugal continental (Fonte: APA, 2012)	26
Figura 8 - Sistema de gestão de resíduos urbanos (Fonte: EGF, 2013).....	28
Figura 9 - Despesa das administrações públicas na gestão de resíduos (Fonte: INE, 2013)...	31
Figura 10 - Percentagem da gestão de resíduos no total da despesa em ambiente, por sector institucional (INE, 2013).....	31
Figura 11 - Estrutura de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável (DGA, 2000).....	44
Figura 12 - Dinâmica geral do modelo proposto.....	55
Figura 13 - Dinâmica das variáveis de cálculo TE e DE.....	62
Figura 14 - Dinâmica das variáveis de cálculo T _{transp} e D _{transp}	63
Figura 15 - Dinâmica das variáveis de cálculo T _{Ld} e D _{Ld}	64
Figura 16 - Dinâmica das variáveis de cálculo TT e DT.....	66
Figura 17 - Login / Interface Inicial IDGRU.....	74
Figura 18 - Página Principal IDGRU	74
Figura 19 - Menu Utilizador – Campo “Concessões”	75
Figura 20 - Menu Utilizador - Campo "Entidade de Recolha"	75
Figura 21 - Menu Utilizador – Campo “Circuitos”	77
Figura 22 - Menu Utilizador - Campo “Recolhas” - Função "Ler circuito"	78
Figura 23 - Menu Utilizador - Campo "Recolhas" - Função "Ler Circuito" (Ativada).....	79
Figura 24 - Menu Utilizador - Campo "Recolhas" - Tempos e distâncias de recolha	80
Figura 25 - Menu Utilizador - Campo "Recolhas" - Função "Adicionar Descarga"	81
Figura 26 - Menu Utilizador - Campo "Sustentabilidade"	82
Figura 27 - Menu Utilizador - Campo "Desempenho" - Filtros de seleção.....	82
Figura 28 - Variáveis de Cálculo IDGRU	83
Figura 29 - Indicadores de Desempenho IDGRU	84

Figura 30 - Menu Administrador.....	85
Figura 31 - Menu Administrador – Campo “Notícias”	85
Figura 32 - Menu Administrador – Campo “Desempenho”	86
Figura 33 - Menu Administrador – Campo “Utilizadores”	86
Figura 34 - Menu Administrador – Campo “Entidades”	87
Figura 35 - Menu Administrador – Campo “Tipos de gestão”	87
Figura 36 - Menu Administrador – Campo “Tipos de Contentores”	88
Figura 37 - Menu Administrador – Campo “Tipos de Viaturas”	88
Figura 38 - Menu Administrador – Campo “Tipos de Zonas”	89
Figura 39 - Menu Administrador – Campo “Tipos de Resíduos”	89
Figura 40 - Zonas de limpeza da CML.....	92
Figura 41 - Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (P-a-P edifícios médio e alto porte)	104
Figura 42 - Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (P-a-P edifícios médio e alto porte)	105
Figura 43 – Consumo de combustível por tipologia de resíduo (P-a-P edifícios médio e alto porte)	106
Figura 44 - Fator de utilização das viaturas e contentores por tipologia de resíduo (P-a-P edifícios médio e alto porte)	107
Figura 45 - Custo unitário da operação de recolha por tipologia de resíduo (P-a-P edifícios médio e alto porte).....	107
Figura 46 - Emissões de CO ₂ por tipologia de resíduo (P-a-P edifícios médio e alto porte).	108
Figura 47 - Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (P-a-P moradias).....	110
Figura 48 - Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (P-a-P moradias).....	111
Figura 49 - Consumo de combustível por tipologia de resíduo (P-a-P moradias).....	111
Figura 50 - Fator de utilização das viaturas e contentores por tipologia de resíduo (P-a-P moradias).....	112
Figura 51 - Custo unitário da operação de recolha por tipologia de resíduo (P-a-P moradias)	113
Figura 52 - Emissões de CO ₂ por tipologia de resíduo (P-a-P moradias).....	113
Figura 53 - Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (Ecoilhas).....	117
Figura 54 - Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (Ecoilhas).....	118
Figura 55 - Consumo de combustível por tipologia de resíduo (Ecoilhas)	119
Figura 56 - Fator de utilização das viaturas e contentores por tipologia de resíduo (Ecoilhas)	120
Figura 57 - Custo unitário da operação de recolha por tipologia de resíduo (Ecoilhas).....	120
Figura 58 - Emissões de CO ₂ por tipologia de resíduo (Ecoilhas).....	121

Figura 59 - Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (Ecopontos)	125
Figura 60 - Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (Ecopontos).....	126
Figura 61 - Consumo de combustível por tipologia de resíduo (Ecopontos)	127
Figura 62 - Fator de utilização das viaturas e contentores por tipologia de resíduo (Ecopontos)	128
Figura 63 - Custo unitário da operação de recolha por tipologia de resíduo (Ecopontos) ...	128
Figura 64 - Emissões de CO ₂ por tipologia de resíduo (Ecopontos)	129
Figura 65 - Desempenho operacional dos sistemas de recolha em circuitos de indiferenciados	131
Figura 66 - Desempenho económico dos sistemas de recolha em circuitos de indiferenciados	131
Figura 67 - Desempenho económico-ambiental dos sistemas de recolha em circuitos de indiferenciados	132
Figura 68 - Desempenho operacional dos sistemas de recolha em circuitos de papel/cartão	134
Figura 69 - Desempenho económico dos sistemas de recolha em circuitos de papel/cartão.	134
Figura 70 - Desempenho económico-ambiental dos sistemas de recolha em circuitos de papel/cartão	135
Figura 71 - Desempenho operacional dos sistemas de recolha em circuitos de embalagens	137
Figura 72 - Desempenho económico dos sistemas de recolha em circuitos de embalagens .	137
Figura 73 - Desempenho económico-ambiental dos sistemas de recolha em circuitos de embalagens	138

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Metas de gestão de RU em Portugal (Fonte: MAMAOT, 2007)	13
Tabela 2 - Panorama dos serviços de gestão de resíduos urbanos em baixa (Adaptada de ERSAR, 2012).....	18
Tabela 3 - Panorama dos serviços de gestão de resíduos urbanos em alta (Adaptada de ERSAR, 2012).....	19
Tabela 4 - Quadro resumo dos custos e receitas com os serviços de gestão de resíduos urbanos e de limpeza e varredura dos concelhos (€/habitante/ano) (Fonte: IRAR e CESUR, 2007) ...	32
Tabela 5 - Sistema de indicadores de desempenho para gestão de RU (Adaptado de ERSAR e LNEC, 2009)	47
Tabela 6 - Indicadores de produtividade utilizados para a análise dos circuitos de recolha de resíduos urbanos no município de Lisboa (Adaptado de Santos et al., 1994).....	48
Tabela 7 - Indicadores de resíduos (Adaptado de Silva, 2005).....	49
Tabela 8 - Indicadores operacionais de circuitos de recolha de resíduos indiferenciados (Adaptado de Moreira, 2008)	50
Tabela 9 - Indicadores Operacionais (Adaptado de Santos, 2011).....	51
Tabela 10 - Indicadores de gestão de resíduos de recolha seletiva (Adaptado de Moreira, 2013).....	52
Tabela 11 - Sistema de indicadores selecionado	54
Tabela 12 - Dados de caracterização geral dos circuitos.....	56
Tabela 13 - Dados de caracterização da área de intervenção dos circuitos.....	57
Tabela 14 - Dados de caracterização económica dos circuitos.....	57
Tabela 15 - Dados de caracterização operacional das recolhas.....	58
Tabela 16 - Tempos e distâncias de recolha (1 descarga)	58
Tabela 17 - Tempos e distâncias de recolha (2 descargas).....	59
Tabela 18 - Variáveis de cálculo do modelo proposto	60
Tabela 19 - Variáveis de custos do serviço	68
Tabela 20 - Indicadores de desempenho operacionais	70
Tabela 21 - Indicador de desempenho económico	71
Tabela 22 - Seleção final dos circuitos selecionados	96
Tabela 23 - Dados de caracterização geral dos circuitos selecionados	97
Tabela 24 - Dados de caracterização da área de intervenção dos circuitos selecionados	98
Tabela 25 - Dados de caracterização económica dos circuitos.....	99
Tabela 26 - Dados de caracterização operacional das recolhas.....	99
Tabela 27 - Desempenho dos circuitos de indiferenciados (P-a-P edifícios médio e alto porte)	101

Tabela 28 - Desempenho dos circuitos de papel/cartão (P-a-P edifícios médio e alto porte)	101
Tabela 29 - Desempenho dos circuitos de embalagens (P-a-P edifícios médio e alto porte)	102
Tabela 30 - Média dos desempenhos obtidos por tipologia de resíduos (P-a-P edifícios médio e alto porte).....	103
Tabela 31 - Desempenho dos circuitos de indiferenciados, papel/cartão e embalagens (P-a-P moradias).....	109
Tabela 32 - Desempenho dos circuitos de indiferenciados (Ecoilhas).....	114
Tabela 33 - Desempenho dos circuitos de papel/cartão (Ecoilhas).....	115
Tabela 34 - Desempenho dos circuitos de embalagens (Ecoilhas).....	115
Tabela 35 - Média dos desempenhos obtidos por tipologia de resíduos (Ecoilhas).....	116
Tabela 36 - Desempenho dos circuitos de indiferenciados (em zonas de ecopontos).....	122
Tabela 37 - Desempenho dos circuitos de papel/cartão (Ecopontos).....	122
Tabela 38 - Desempenho dos circuitos de embalagens (Ecopontos).....	123
Tabela 39 - Média dos desempenhos obtidos por tipologia de resíduos (Ecopontos).....	124
Tabela 40 - Desempenho dos sistemas de recolha em circuitos de indiferenciados.....	130
Tabela 41 - Desempenho dos sistemas de recolha em circuitos de papel/cartão.....	133
Tabela 42 - Desempenho dos sistemas de recolha em circuitos de embalagens	136

Lista de Siglas e Acrónimos

AEA - Agência Europeia do Ambiente

ANR - Autoridade Nacional dos Resíduos

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

ARR - Autoridade Regional dos Resíduos

CC – Consumo de Combustível [l.circuito^{-1}]

CC – Custo Unitário do Combustível [$\text{€}.\text{l}^{-1}$]

CCDR - Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CO₂ – Dióxido de Carbono

CR – Capacidade de Recolha das Viaturas [$\text{m}^3.\text{viatura}^{-1}$]

CUC – Custo Unitário por Colaborador [$\text{€}.\text{colaborador}^{-1}$]

CUI – Custos com Instalações [$\text{€}.\text{recolha}^{-1}$]

CUM – Custo Unitário de Manutenção de Contentores [$\text{€}.\text{contentor}^{-1}.\text{recolha}^{-1}$]

CUV – Custo Unitário por Viatura de Serviço [$\text{€}.\text{recolha}^{-1}$]

DE – Distância Efetiva de Recolha [km.circuito^{-1}]

DHURS-CML - Divisão de Higiene Urbana e Resíduos Sólidos da Câmara Municipal de Lisboa

DLd – Distância no Local de Descarga [km.circuito^{-1}]

DQR - Diretiva-Quadro de Resíduos

DT – Distância Total de Recolha [km.circuito^{-1}]

Dtransp – Distância de Transporte [km.circuito^{-1}]

E&RE - Embalagens e Resíduos de Embalagens

EG – Entidade gestora

EGF - Empresa Geral do Fomento

EM - Estados-Membros

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

FCT-UNL - Faculdade de Ciências e Tecnologias – Universidade Nova de Lisboa

GEE - Gases com Efeito de Estufa

HPEM - Higiene Pública – Empresa Municipal de Sintra

ICC – Indicador Consumo de Combustível [$l.t^{-1}$]

ICO₂ – Indicador Emissão de CO₂ [$kg\ CO_2.t^{-1}$]

ICR – Indicador Custo Unitário da Operação de Recolha [$€.t^{-1}$]

ID - Indicador de Desempenho

IDD - Indicador Distância de Transporte e Descarga [$km.t^{-1}$]

IDE – Indicador Distância Efetiva de Recolha [$km.t^{-1}$]

IDGRU – Indicadores de Desempenho do Guia de Resíduos Urbanos

IDT – Indicador Distância Total de Recolha [$km.t^{-1}$]

IFC – Indicador Fator de Utilização dos Contentores [%]

IFV – Indicador Fator de Utilização das Viaturas [%]

IPR – Indicador Produtividade da Equipa de Recolha [$t.colaborador^{-1}.h^{-1}$]

IRAR – Instituto Regulador de Água e Resíduos

ISCTE - Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa

ITD - Indicador Tempo de Transporte e Descarga [$h.t^{-1}$]

ITE – Indicador Tempo Efetivo de Recolha [$h.t^{-1}$]

ITT - Indicador Tempo Total de Recolha [$h.t^{-1}$]

IVNP – Indicador Velocidade Não Produtiva [$km.h^{-1}$]

IVR – Indicador Velocidade Efetiva de Recolha [$km.h^{-1}$]

LER - Lista Europeia de Resíduos

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MAMAOT - Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território

ME – Massa Específica [$kg.m^{-3}$]

NC – Contentores Recolhidos [cont.circuito⁻¹]

NCol – Número de Colaboradores [colaboradores.circuito⁻¹]

ND – Número de Descargas [descarga(s). circuito⁻¹]

OC – Outros Custos [€.recolha⁻¹]

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

PERAGRI - Plano Estratégico de Resíduos Agrícolas

PERH - Plano Estratégico de Resíduos Hospitalares

PERSU II - Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos

PESGRI - Plano Estratégico Sectorial de Gestão de Resíduos Industriais

PNAPRI - Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais

PPRU - Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos

PR - Pontos de Recolha

QR – Carga de Resíduos [t.circuito⁻¹]

QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional

RE – Resíduos de Embalagens

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RU - Resíduos Urbanos

RUB - Resíduos Urbanos Biodegradáveis

SGRU - Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos

SIG - Sistemas de Informação de Geográfica

SIGERU – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens de Produtos Fitofarmacêuticos

SIGRE – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens

SIGREM – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens e Medicamentos

SPV - Sociedade Ponto Verde

TE – Tempo Efetivo de Recolha [h.circuito⁻¹]

TLd – Tempo no Local de Descarga [h.circuito⁻¹]

TM - Tratamento Mecânico

TMB - Tratamento Mecânico-Biológico

TT – Tempo Total de Recolha [h.circuito⁻¹]

T_{transp} – Tempo de Transporte [h.circuito⁻¹]

UE - União Europeia

UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

VFV - Veículos em Fim de Vida

VT – Volumetria Total Instalada [m³]

1. Introdução e Objetivos

A qualidade e preservação ambiental tornou-se ao longo das últimas décadas uma prioridade nas políticas nacionais e internacionais. Uma das consequências desta evolução é a forma como atualmente são geridos os resíduos e a relevância que este sector assume na gestão dos territórios e das economias nacionais.

O aumento da população global e dos padrões de consumo, fruto da evolução científica, tecnológica e industrial, fez com que a produção e perigosidade dos resíduos tenha vindo a aumentar nas últimas décadas. Fruto deste aumento e das preocupações de saúde pública, as exigências impostas aos sistemas de recolha, transporte e tratamento de resíduos são maiores, traduzindo-se também em maiores custos do serviço.

A recolha de resíduos é uma das etapas mais dispendiosas da gestão de resíduos urbanos (RU) onde se incluem diversos custos fixos associados essencialmente à aquisição da frota e aos recursos humanos necessários para efetuar a recolha e variáveis principalmente combustível e manutenção de frota. Além disso, fatores como o aumento continuado da produção de resíduos, o aumento da dispersão urbana, o aumento dos preços do combustível aliados à conjuntura atual que obriga à redução da despesa pública, agravam o estado económico das autarquias e das empresas do sector. Além da agravante económica, esta etapa possui ainda um impacto ambiental significativo devido às emissões de gases com efeito de estufa (GEE), provenientes dos elevados consumos de combustível dos veículos que efetuam a recolha bem como das elevadas distâncias por eles percorridas.

Neste contexto têm-se desenvolvido vários esforços tendentes a assegurar melhores desempenhos operacionais, económicos e ambientais, procurando a excelência na qualidade do serviço prestado mas tendo em conta a otimização dos serviços. As áreas que mais têm contribuído para a otimização dos serviços e aumento da sua qualidade são a utilização dos sistemas de informação de geográfica (SIG) e o desenvolvimento de modelos de avaliação desempenho, aplicados à gestão de resíduos.

Relativamente aos modelos de avaliação de desempenho, uma das formas de avaliar o desempenho de um sistema de recolha é através da determinação de indicadores operacionais, financeiros, sociais e ambientais. Estes indicadores permitem o apoio à decisão, a identificação de aspetos relevantes a otimizar no sistema com vista à

melhoria da qualidade do serviço e a comparação de desempenho entre diferentes sistemas de recolha.

A bibliografia existente, ao nível do desenvolvimento de sistema de indicadores e respetiva aplicação é escassa pelo que trabalhos que visam a determinação e divulgação destes indicadores são muito úteis para os investigadores e/ou técnicos que lidam com projetos ou sistemas de gestão de resíduos.

Esta dissertação, que se insere no domínio da avaliação de desempenho de sistemas de gestão RU, realizou-se no âmbito da participação do autor no projeto de I&D “Guia de Resíduos Urbanos”, financiado pela Sociedade Ponto Verde (SPV) e desenvolvido em parceria pela Câmara Municipal de Lisboa (líder do projeto), ValorSul, Faculdade de Ciências e Tecnologias – Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) e Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa (ISCTE).

Neste trabalho apresenta-se um modelo de avaliação de desempenho de circuitos de recolha e transporte de RU com base num sistema de indicadores, que foi posteriormente transformado numa aplicação informática online visando a uniformização do cálculo desses indicadores, com o mínimo de dados de base operacionais, tornando rápido, ágil e eficiente o seu cálculo. A disponibilidade online da aplicação permite o seu fácil acesso e utilização em qualquer região, pelo que é possível controlar e comparar desempenhos de sistemas em diversas regiões.

A participação do autor neste trabalho, descrita nesta dissertação, prende-se fundamentalmente com a descrição detalhada do modelo de avaliação de desempenho, com a elaboração do manual de utilização da aplicação informática, com o teste e alterações necessárias ao correto funcionamento da aplicação informática, mas ainda com a sua aplicação a um caso de estudo. Este caso de estudo diz respeito ao concelho de Lisboa e serviu para testar o modelo e aplicação que o reproduz de forma a acrescentar credibilidade e fiabilidade à mesma.

Assim, a presente dissertação tem os seguintes objetivos:

- Descrição detalhada do modelo de indicadores selecionado e da forma de obter as variáveis para o seu cálculo.
- Operacionalização da aplicação informática correspondente ao modelo acima referido, capaz de uniformizar o cálculo de indicadores. A operacionalização

consistiu em testar a aplicação, detetar as suas falhas e os seus erros e proceder à respetiva correção.

- Elaboração do manual de utilizador da aplicação informática;
- Validação do modelo proposto pela sua aplicação a um caso de estudo real.

Para uma boa compreensão esta dissertação foi dividida em seis capítulos:

No Capítulo 1, apresenta-se a relevância do tema em estudo. É apresentada a problemática dos custos e impactes ambientais associados à recolha de RU, salientando-se a importância dos modelos de avaliação de desempenho na identificação de aspetos relevantes à otimização dos sistemas de gestão de resíduos e melhoria da qualidade do serviço. São definidos claramente os objetivos desta dissertação.

No Capítulo 2, denominado por Gestão de Resíduos, faz-se uma revisão do estado da arte da gestão de resíduos. Neste capítulo aborda-se a documentação legal e estratégica do sector, faz-se uma abordagem geral da gestão de RU em Portugal, aborda-se ainda a temática dos sistemas de recolha e transporte de RU (tipologias de deposição, de recolha e de equipamentos usados), e por último, aborda-se a temática da avaliação de desempenho de circuitos de recolha e transporte de RU (conceito de indicador, sistemas de indicadores de desempenho, aplicação prática de indicadores de desempenho e trabalhos desenvolvidos por outros autores).

No Capítulo 3, denominado por Metodologia, explica-se a estrutura e dinâmica do modelo proposto e das suas componentes. São apresentadas as informações de base que alimentam o modelo, as variáveis de cálculo e a maneira como são calculadas, bem como os indicadores de desempenho e respetivas fórmulas de cálculo.

No Capítulo 4, com o nome de Aplicação Informática, é descrito o manual de utilização da aplicação informática, onde são abordadas as diferentes etapas da sua utilização. Faz-se ainda a distinção entre o uso da aplicação por um utilizador comum e por um administrador.

No Capítulo 5, designado por Teste e Validação do Modelo, procede-se à caracterização da área de estudo, à identificação dos circuitos selecionados e respetivos critérios de seleção e à forma como foram recolhidos e introduzidos os dados na aplicação informática. Apresentam-se ainda os resultados obtidos para este caso de estudo seguidos da sua análise e discussão.

No Capítulo 6, denominado por Conclusões, procede-se à discussão e análise da relevância do modelo e da aplicação informática que o reproduz. Aborda-se a importância deste trabalho para o sector e quais as conclusões mais relevantes do estudo. E, por último, destaca-se a importância desta dissertação como documento de apoio a trabalhos futuros.

2. Gestão de Resíduos

Neste capítulo, em formato de revisão bibliográfica, pretende-se abordar conceitos técnicos e teóricos sobre a gestão de resíduos. A estrutura do capítulo, divide-se em 4 subcapítulos com as seguintes temáticas: a documentação legal e estratégica, onde é apresentada a principal legislação nacional e comunitária e os documentos estratégicos para o sector; a gestão de RU em Portugal, onde é elaborada uma análise geral ao sector de RU em Portugal (sistemas de gestão, produção e destino final RU, operações de gestão de RU e os aspetos económico-financeiros do sector); os sistemas de recolha e transporte de resíduos urbanos, onde se descrevem as tipologias de deposição, de recolha e de equipamentos usados na gestão de RU e onde se faz referência também à recolha seletiva de resíduos; e por último, aborda-se a temática da avaliação de desempenho de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos, onde se apresentam os conceito de indicador e sistema de indicadores, a aplicação prática de indicadores de desempenho (ID's) e alguns estudos feitos por outros autores sobre esta temática.

2.1. Documentação Legal e Estratégica

No âmbito das suas competências, a União Europeia (UE) emana regulamentos, diretivas, decisões, recomendações e pareceres. As Diretivas requerem uma transposição para o direito nacional de cada país membro, deixando em aberto a escolha das formas e dos meios para a sua concretização, dispondo de um prazo para as pôr em prática. A maioria dos diplomas comunitários no domínio dos RU são apresentados sob a forma de Diretivas (Russo, 2003).

2.1.1. Principais Diretivas Comunitárias para a Gestão de Resíduos

Em 1975 surgiu a primeira Diretiva-Quadro de Resíduos (DQR), Diretiva nº 75/422/CEE, de 15 de julho. Esta requeria aos Estados-Membros (EM) a “elaboração de um ou mais planos de gestão” dos seus RU. Os seus principais objetivos eram o cumprimento das medidas de estratégia quanto à prevenção e à valorização, o respeito pela saúde humana e pelo ambiente, incluindo a “(...) proibição do abandono, descarga em lixeira e outros destinos finais não controlados” e o estabelecimento de uma rede integrada e adequada de instalações de tratamento e destino final “tendo em conta as circunstâncias geográficas e a necessidade de instalações especiais para certo

tipo de resíduos” (Rodrigues, 2009).

Desde então que a legislação europeia, relativamente ao sector dos resíduos, tem evoluído no sentido de responder a todas as problemáticas técnicas, económicas e ambientais, reforçando a sustentabilidade do sector e o cumprimento das metas estabelecidas. O quadro legislativo existente em matéria de gestão de resíduos resulta da evolução do direito europeu e dos conhecimentos científicos que se atingiram nesta área, relevando a importância da minimização da produção e assegurando a sua gestão sustentável. A regulamentação pretende refletir a noção de autossuficiência, do princípio da prevenção e da prevalência da valorização dos resíduos sobre a sua eliminação. No âmbito da valorização, estabeleceu-se uma preferência pela reutilização sobre a reciclagem e esta sobre a recuperação energética (CCDR-LVT, 2012).

A atual DQR, a Diretiva nº 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro, que revoga as Diretivas nº 75/438/CEE, nº 91/689/CE e nº 2006/12/CE, clarifica conceitos chave, como a definição geral de resíduo, valorização e eliminação, reforça as medidas que devem ser tomadas em matéria de prevenção de resíduos, introduz uma abordagem que tem em conta o ciclo de vida dos produtos e materiais, na redução dos impactos ambientais na geração e gestão de resíduos, reforçando assim o seu valor económico. Altera as definições de valorização e eliminação, a fim de garantir uma distinção clara entre os dois conceitos, e estabelece como princípio obrigatório uma hierarquização clara das operações de gestão de resíduos, hierarquia representada pela Figura 1.

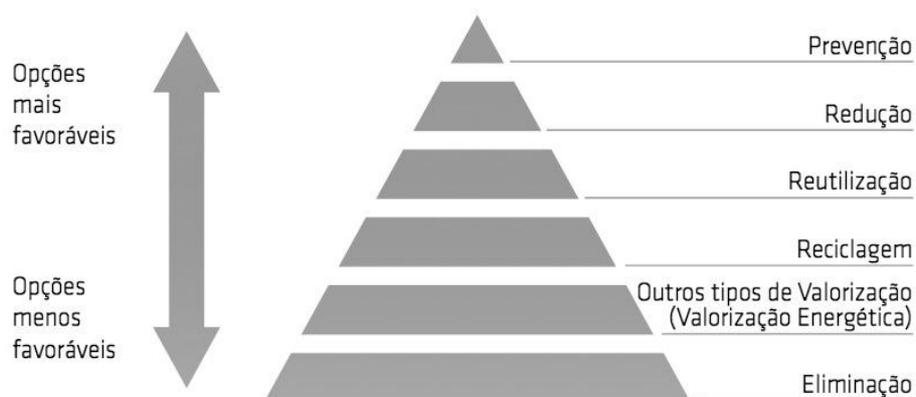


Figura 1 - Hierarquia das operações de gestão de resíduos (LIPOR, 2009)

Relativamente a estas prioridades, são ainda afixadas, com o intuito de avançar rumo a uma sociedade europeia da reciclagem, dotada de um elevado nível de eficiência dos recursos, as seguintes metas a alcançar até 2020 (para todos os EM):

- a) Um aumento mínimo global para 50% em peso relativamente à preparação para a reutilização e a reciclagem de RU, incluindo o papel, o cartão, o plástico, o vidro, o metal, a madeira e os resíduos urbanos biodegradáveis (RUB);
- b) Um aumento mínimo para 70% em peso relativamente à preparação para a reutilização, a reciclagem e outras formas de valorização material, incluindo operações de enchimento que utilizem resíduos como substituto de outros materiais, resíduos de construção e demolição não perigosos, com exclusão dos materiais naturais definidos na categoria 17 05 03 da Lista Europeia de Resíduos (LER).

Além do princípio da hierarquia dos resíduos, a DQR introduz ainda princípios gerais muito importantes na gestão de resíduos como o:

- Princípio da responsabilidade pela gestão: que atribui ao produtor a responsabilidade pela gestão dos resíduos (exceção para RU cuja produção não exceda 1100 litros por produtor, caso em que a respetiva gestão é assegurada pelos municípios). No caso de não ser determinado o produtor, o responsável é o detentor. Quando os resíduos provêm do exterior, são da responsabilidade de quem os introduziu em território nacional. A responsabilidade das entidades referidas extingue-se quando os resíduos são transmitidos a operador licenciado ou quando são transferidos para as entidades gestoras de fluxos específicos de resíduos.
- Princípio do poluidor pagador: que refere que o regime económico e financeiro das atividades de gestão de resíduos visa a compensação tendencial dos custos sociais e ambientais que o produtor gera à comunidade ou dos benefícios que a sociedade lhe faculta.
- Princípio da autossuficiência: que refere que as operações de gestão de resíduos devem decorrer preferencialmente em território nacional, reduzindo ao mínimo possível os movimentos transfronteiriços de resíduos. A movimentação de resíduos destinada a eliminação além fronteiras, pertencente

ou não ao espaço comunitário, pode ser limitada com fundamento na existência em território nacional de instalações de gestão adequadas para o efeito.

2.1.2. Principal Documentação Legal Nacional para a Gestão de Resíduos

A maior parte da legislação nacional em matéria de resíduos tem como base as linhas orientadoras publicada pela UE sob a forma de Diretivas. Assim, a legislação comunitária depois de adotada é introduzida na legislação nacional dos vários EM, os quais podem estabelecer normas e procedimentos mais restritivos, se assim o entenderem.

A legislação portuguesa no domínio dos resíduos tem sido alterada diversas vezes nos últimos anos como reflexo da sua desatualização face às exigências da UE. De facto, os países mais desenvolvidos, normalmente mais sensibilizados para estas questões, construíram um edifício legislativo completo e enquadrador desta problemática, tal a importância que dedicam ao tema (Russo, 2003).

No que diz respeito à legislação nacional, os seguintes decretos-lei possuem uma importância significativa para o sector:

a) Regime geral da gestão de resíduos (Decreto-Lei n.º 73/2011):

O regime geral da gestão de resíduos está 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 n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro, relativa aos resíduos. O presente decreto-lei é aplicável às operações de gestão de resíduos destinadas a prevenir ou reduzir a produção de resíduos, o seu carácter nocivo e os impactes adversos decorrentes da sua produção e gestão, bem como a diminuição dos impactes associados à utilização dos recursos, de forma a melhorar a eficiência da sua utilização e a proteção do ambiente e da saúde humana. Segundo a APA (2013a), este decreto-lei prevê ainda, no seu enquadramento legislativo:

- Reforço da prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e reciclagem, promover o pleno aproveitamento do novo mercado organizado de resíduos, como forma de consolidar a valorização dos resíduos, com vantagens

para os agentes económicos, bem como estimular o aproveitamento de resíduos específicos com elevado potencial de valorização;

- Clarifica conceitos-chave como as definições de resíduo, prevenção, reutilização, preparação para a reutilização, tratamento e reciclagem, e a distinção entre os conceitos de valorização e eliminação de resíduos, prevê-se a aprovação de programas de prevenção e estabelecem-se metas de preparação para reutilização, reciclagem e outras formas de valorização material de resíduos, a cumprir até 2020;
- Incentivo à reciclagem que permita o cumprimento destas metas, e de preservação dos recursos naturais, prevista a utilização de pelo menos 5% de materiais reciclados em empreitadas de obras públicas;
- Definição de requisitos para que substâncias ou objetos resultantes de um processo produtivo possam ser considerados subprodutos e não resíduos;
- Critérios para que determinados resíduos deixem de ter o estatuto de resíduo;
- Introduzido o mecanismo da responsabilidade alargada do produtor, tendo em conta o ciclo de vida dos produtos e materiais e não apenas a fase de fim de vida, com as inerentes vantagens do ponto de vista da utilização eficiente dos recursos e do impacte ambiental.

b) Embalagens e resíduos de embalagens (Decreto-Lei n.º 92/2006 e n.º 407/98) :

Os princípios e normas aplicáveis à gestão de embalagens e resíduos de embalagens (E&RE) em Portugal, encontram-se estabelecidos nos seguintes diplomas:

- Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de dezembro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 162/2000, de 27 de julho e posteriormente pelo Decreto-Lei n.º 92/2006, de 25 de maio, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2004/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de fevereiro, que estabelece os princípios e normas aplicada à gestão de E&RE, com vista à prevenção da produção desses resíduos, à reutilização de embalagens usadas, à reciclagem e outras formas de valorização e consequentemente evitando a sua eliminação final.

- Decreto-Lei n.º 407/98, de 21 de dezembro, que estabelece as regras respeitantes aos requisitos essenciais da composição das embalagens.

c) Deposição de resíduos em aterro (Decreto-Lei nº 183/2009):

O Decreto-Lei nº 183/2009, de 10 de agosto, estabelece 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 Aterros. Este define como metas a redução da deposição de RUB em aterro para 50% e 35% da quantidade total (em peso) de RUB produzidos em 1995, para os anos de 2013 e 2020, respetivamente.

d) Lista europeia de resíduos e transporte de resíduos em território nacional (Portarias n.º 209/2004 e n.º 335/97):

Ainda a nível legislativo, a Portaria n.º 209/2004, de 3 de março, publica a LER bem como os códigos das operações de valorização e eliminação de resíduos. A Portaria n.º 335/97, de 16 de maio, estabelece as regras a que deve obedecer o transporte de resíduos dentro do território nacional e publica os modelos de guias de acompanhamento de transporte de resíduos, que assumem extrema importância neste sector.

2.1.3. Estratégia Nacional de Resíduos

A estratégia nacional de resíduos estabelece, como objetivo geral de política nacional de gestão de resíduos, a necessidade de assegurar um alto nível de proteção ambiental com vista à promoção do desenvolvimento sustentável. Com a atual necessidade de envolvimento e responsabilização dos agentes de gestão e dos cidadãos em geral, de modo a que estes adotem atitudes que promovam a reutilização e valorização dos resíduos, a estratégia nacional engloba vários instrumentos de planeamento para esta área, tais como o Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II), Plano Estratégico Sectorial de Gestão de Resíduos Industriais (PESGRI), Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (PNAPRI), Plano Estratégico de Resíduos Agrícolas (PERAGRI), e o Plano Estratégico de Resíduos Hospitalares (PERH).

No âmbito deste trabalho, o PERSU é o plano estratégico que assume uma maior relevância, daí a descrição mais pormenorizada que se segue.

Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU): Evolução Temporal

O PERSU, aprovado em 1997, configurou-se como um instrumento de planeamento de referência na área dos RU. O balanço da aplicação do PERSU foi claramente positivo, com o encerramento das lixeiras, a criação de sistemas multimunicipais e intermunicipais de gestão de RU, a construção de infraestruturas de valorização e eliminação e a criação de sistemas de recolha seletiva multimaterial. O PERSU forneceu ainda linhas de orientação geral para a criação dos fluxos especiais de gestão, abrindo caminho à criação de legislação específica e à constituição e licenciamento das respetivas entidades gestoras (APA, 2013 b). No entanto, ao nível do cumprimento das metas estabelecidas para 2005 verificou-se que alguns aspetos ficaram aquém daquilo que estava definido, como representa a Figura 2.

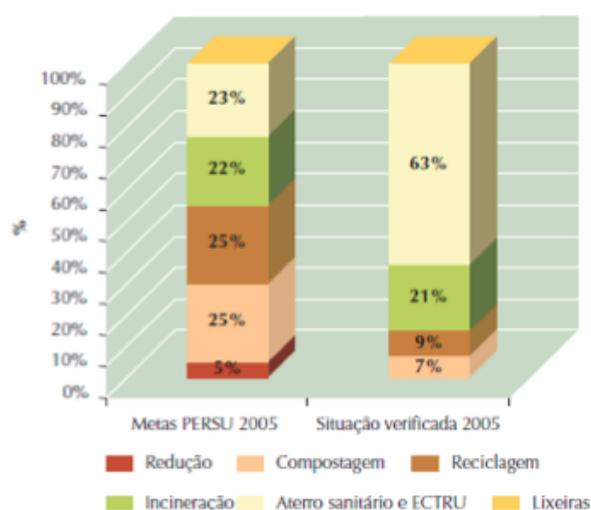


Figura 2 - Comparação das metas do PERSU I com a situação no referido ano (Fonte: MAMAOT, 2007)

Com o início de um novo ciclo de planeamento associado ao Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), foi exigida a revisão do PERSU, para também assegurar continuidade no que respeita à política nacional e comunitária de resíduos. De acordo com o Programa do XVII Governo Constitucional, existia assim uma necessidade de “intensificar as políticas de redução, reciclagem e reutilização, bem como assegurar as necessárias infraestruturas de tratamento e eliminação”.

As evoluções observadas ao nível da política comunitária de resíduos (Diretiva nº 2006/12/CE, de 5 de abril), a aprovação do Regime Geral de Gestão de Resíduos da altura (Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro) e o compromisso assumido por

Portugal no que respeita ao cumprimento do Protocolo de Quioto para a redução das emissões de gases com efeito e estufa, foram as principais razões que levaram à revisão do PERSU.

Desta forma, em 2007 foi aprovado, através da Portaria n.º 187/2007, de 12 de fevereiro, o PERSU II para o período de 2007 a 2016, que dá continuidade à política de gestão de resíduos, tendo em atenção as novas exigências entretanto formuladas a nível nacional e comunitário, que estabelece os seguintes objetivos, procurando colmatar as limitações apontadas à execução do PERSU I:

- Apostar na prevenção da produção de RU;
- Garantir uma adequada gestão dos RU, em particular no que respeita a:
 - E&RE (para cumprimento das metas de reciclagem e valorização definidas para 2011);
 - Desvio dos RUB de aterro (para o cumprimento das metas estabelecidas pela Diretiva Aterros para os horizontes 2009 e 2016);
 - Recolha de resíduos de papel/cartão não embalagem (objetivos quantitativos nacionais).

Para concretizar as linhas orientadoras acima referidas, foram aconselhados pelo plano cinco Eixos de Atuação, de forma a estruturar e unificar toda a estratégia do PERSU II:

- Eixo I: Prevenção: (Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos 2009-2016 (PPRU) – que aponta como meta global para os RU, para o mesmo horizonte temporal (2016), a redução de 10% de capitação média diária, relativamente aos valores de 2007);
- Eixo II – Sensibilização / mobilização dos cidadãos para a “Sociedade de Reciclagem”;
- Eixo III – Qualificação e Otimização da Gestão de Resíduos;
- Eixo IV – Sistema de Informação como pilar da gestão dos RU;
- Eixo V – Qualificação e Otimização da intervenção das entidades públicas no âmbito da Gestão de Resíduos.

Para o horizonte do PERSU II, a estratégia de gestão dos RU está completamente

condicionada pelo cumprimento de objetivos comunitários, estabelecidos para os anos de 2009, 2011 e 2016. As principais metas, determinadas pela Diretiva “Aterros” e Diretiva “Embalagens”, estão enumeradas na Tabela 1 abaixo representada:

Tabela 1 - Metas de gestão de RU em Portugal (Fonte: MAMAOT, 2007)

Diretiva "Embalagens" DL n° 366-A/97, alterado pelo DL n° 162/2000 e pelo DL n° 92/2006	Diretiva "Aterros" DL n° 152/2002, de 23 de maio
2011:	janeiro 2006:
Valorização total de RE: $\geq 60\%$	Redução de RUB destinados a aterro em 75% relativos à quantidade total (em peso) de RUB produzidos em 1995.
Reciclagem total de RE: 55-80%	janeiro 2009:
Reciclagem de RE de vidro: $\geq 60\%$	Redução de RUB destinados a aterro em 50% relativos à quantidade total (em peso) de RUB produzidos em 1995.
Reciclagem de RE de papel e cartão: $\geq 60\%$ - Reciclagem de RE de plástico: $\geq 22,5\%$	janeiro 2016
Reciclagem de RE de metais: $\geq 50\%$	Redução de RUB destinados a aterro em 35% relativos à quantidade total (em peso) de RUB produzidos em 1995.
Reciclagem de RE de madeira: $\geq 15\%$	

Em finais de 2013 foi apresentada a proposta para o PERSU 2020, que se encontra atualmente em consulta pública e que prevê um investimento de 320 milhões de euros até 2020, altura em que Portugal tem de dobrar a percentagem de RU reciclados. Esta proposta estabelece novas metas de reciclagem, de acordo com as imposições comunitárias, e estabelece que possa haver partilha de capacidades dos sistemas e infraestruturas de gestão de resíduos. Além disso é objetivo do governo de Portugal reduzir fortemente nos próximos seis anos a percentagem de resíduos em aterro, salientando a importância de uma maior consciência ambiental dos cidadãos, já que uma generalização da separação de resíduos leva a menores custos e melhor qualidade de vida.

A proposta do PERSU 2020 tem como grandes objetivos, os seguintes pontos:

- Aumento das retomas de recicláveis por recolha seletiva;

- Aumento da eficiência e da produtividade das instalações existentes;
- Conversão de instalações de Tratamento Mecânico (TM) projetadas em Tratamento Mecânico-Biológico (TMB).

Para concretizar as linhas orientadoras acima referidas, foram definidas na proposta oito Eixos de Atuação, de forma a estruturar e unificar toda a estratégia do PERSU 2020:

- Eixo I: Prevenção da produção e perigosidade dos resíduos (Revisão do PPRU);
- Eixo II: Aumento da reciclagem e da qualidade dos recicláveis, privilegiando a atuação a montante da cadeia de gestão de RU (aumento da reciclagem por recolha seletiva de $47 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, uma média nacional que, nalguns casos, implica um aumento de mais de 50% em relação aos valores atuais);
- Eixo III: Reduzir a deposição dos resíduos em aterro, através do aumento da eficiência dos processos e da capacidade de tratamento (mínimo de 7% de recicláveis retomados a partir do tratamento mecânico; menos de 35% da quantidade de RUB depositada em 1995; mais de 50% de preparação para reutilização e reciclagem);
- Eixo IV: Valorização económica e escoamento dos recicláveis, sub-produtos do tratamento dos RU;
- Eixo V: Definição de instrumentos económico-financeiros de incentivo ao desvio de aterro e à reciclagem, e que assegurem a sustentabilidade dos sistemas e a acessibilidade económica ao serviço;
- Eixo VI: Melhoria da eficácia e capacidade institucional e operacional do sector, assegurando a sustentabilidade dos diferentes agentes;
- Eixo VII: Reforço da investigação, do desenvolvimento tecnológico, da inovação e internacionalização do sector;
- Eixo VIII: Contributo do sector para outras estratégias nacionais e planos do sector.

2.2. Gestão de Resíduos Urbanos em Portugal

A gestão de RU, além de ser vital para o bem estar das populações, é um processo complexo que envolve várias técnicas, e que vai desde a gestão administrativa até a complexas técnicas de engenharia. O facto de ser um processo com elevados custos na sua globalidade, devido à forte componente tecnológica e de recursos humanos necessária, o sector tem evoluído no sentido da otimização de recursos e processos.

Nas últimas décadas, em Portugal, houve uma enorme evolução na estruturação do sector dos RU, com grande enfoque nos sistemas de gestão associados, com o objetivo de obter uma maior sustentabilidade económica, ambiental e operacional do sector. A lógica municipal, outrora existente, evoluiu para uma lógica plurimunicipal, através da criação de sistemas multimunicipais e intermunicipais de gestão de RU.

Os sistemas multimunicipais são sistemas que abrangem uma área de pelo menos dois municípios e exigem um investimento predominante do Estado Central. A sua gestão e exploração foram concessionadas à EGF (Empresa Geral do Fomento), que é responsável pela dinamização de projetos de gestão integrada de RU. Por sua vez, os sistemas intermunicipais são geridos por um conjunto de municípios ou por uma associação de municípios, sem que haja intervenção capital do Estado Central, e o modelo de gestão é realizado pela contratualização de entidades que ficam responsáveis pela gestão dos resíduos (Palma, 2009).

2.2.1. Organização do Sector

No que concerne ao domínio específico dos resíduos, compete à Autoridade Nacional dos Resíduos (ANR), a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), organismo tutelado pelo Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT), propor, desenvolver e acompanhar a execução das estratégias de gestão de resíduos e exercer as competências próprias de licenciamento das operações de gestão de resíduos e das entidades gestoras dos fluxos específicos de resíduos, e de controlo operacional e administrativo das transferências de resíduos. Ao nível regional, a Autoridade Regional dos Resíduos (ARR), representada pelas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), tem como objetivo assegurar o exercício das competências relativas à gestão de resíduos numa relação de proximidade com os operadores. Estas licenciam, controlam e monitorizam operações

de recolha, triagem, armazenamento, valorização e eliminação de resíduos. Estas entidades são ainda responsáveis pela emissão de pareceres sobre os planos multimunicipais e intermunicipais de ação para a gestão de resíduos, e em caso de existência de locais contaminados, promovem a sua recuperação e valorização (Teixeira, 2010).

Existem ainda outros organismos de administração indireta do estado, onde se destacam a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e a Empresa Geral do Fomento (EGF). A ERSAR, tem, desde 2009, a competência de regular os serviços de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e da gestão de RU. Faz a regulação económica e da qualidade do serviço prestado pelas entidades gestoras aos utilizadores dos serviços. A EGF, é a *sub-holding* do Grupo Águas de Portugal, responsável por assegurar o tratamento e valorização de resíduos, de forma ambientalmente correta e economicamente sustentável.

2.2.2. Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU)

A recolha municipal de RU, na sua forma básica, envolvia tradicionalmente três operações fundamentais: a recolha, o transporte e a deposição em destino final. Estas operações eram asseguradas pelos sistemas originalmente constituídos pelas autarquias locais. Alguns sistemas mais modernizados já recorriam então a técnicas mais sofisticadas de gestão de resíduos, nomeadamente a triagem e o tratamento (APA, 2013a).

Um SGRU é uma estrutura de meios humanos, logísticos, equipamentos e infraestruturas, estabelecida para levar a cabo as operações inerentes à gestão dos RU. Para a gestão integrada dos RU e prossecução das prioridades que têm vindo a ser definidas na legislação, previram-se, como referido anteriormente, dois tipos de entidades: os municípios ou associações de municípios, em que a gestão do sistema pode ser concessionada a qualquer empresa, e as entidades multimunicipais, cujos sistemas são geridos por empresas concessionárias de capitais maioritariamente públicos (APA, 2013a).

Atualmente, Portugal Continental está dividido em 23 sistemas de gestão de RU, 12 Multimunicipais e 11 Intermunicipais, como apresenta a Figura 3.



Figura 3 - Sistemas de gestão de resíduos urbanos em Portugal (Fonte: MAMAOT, 2013)

Por norma, cabe aos sistemas intermunicipais e multimunicipais a gestão em alta dos RU, nomeadamente as operações de armazenamento, triagem, valorização e eliminação. Já a gestão em baixa, na qual estão integradas as operações de recolha e transporte, continuam a ser da responsabilidade direta dos municípios, podendo ser efetuada através de administração direta, por serviços municipalizados, ou sob a contratação de serviços a empresas especializadas ou por concessões a entidades licenciadas para o efeito (Santos, 2012).

Gestão em Baixa de Resíduos Urbanos

A gestão direta é o modelo predominante nos serviços de gestão de RU em baixa. Este modelo abrange quase a totalidade do território de Portugal Continental, encontrando-se em 90% dos municípios, o que representa mais de 83% da população do território nacional. Os serviços de gestão de resíduos em baixa são também bastante fragmentados. A maioria das 260 entidades gestoras é de pequena dimensão, restringindo-se ao universo intramunicipal, onde o submodelo com maior relevo é o dos serviços municipais: 230 municípios compreendendo aproximadamente 7,3 milhões de habitantes, a grande maioria da população de Portugal Continental. A Tabela 2, representa o panorama atual dos serviços de gestão de RU em baixa

(ERSAR, 2012).

Tabela 2 - Panorama dos serviços de gestão de resíduos urbanos em baixa (Adaptada de ERSAR, 2012)

Submodelo de Gestão	Entidades gestoras	Concelhos abrangidos	Área abrangida (km ²)	População abrangida (milhares de hab.)	Densidade Populacional (hab.km ⁻²)
Associações de municípios/ serviços intermunicipais	2	17	4 775	224	47
Concessões municipais	1	5	2 225	65	29
Empresas municipais ou intermunicipais	20	21	6 756	1 578	234
Serviços municipais	230	230	72 051	7 287	101
Serviços municipalizados	6	7	3 002	660	220
Outros submodelos de gestão / não aplicável	1	2	16	10	610

Gestão em Alta de Resíduos Urbanos

Relativamente à gestão em alta dos RU, estão referenciadas 23 entidades gestoras. Esta gestão em alta é assegurada por apenas três submodelos de gestão: concessões multimunicipais, empresas municipais ou intermunicipais e associações/serviços intermunicipais. Destes três, o submodelo com maior preponderância no sector é o das concessões multimunicipais, abrangendo 6,5 milhões de habitantes e 180 municípios em Portugal Continental, como representa a Tabela 3 (ERSAR, 2012).

Em termos gerais, uma das principais condicionantes na gestão dos 23 sistemas em alta, existentes no território continental, prende-se com a dificuldade em estabelecer uma escala que os viabilize economicamente, fruto das elevadas assimetrias patentes no País entre o interior e a zona litoral. Um exemplo dessa realidade são os cinco sistemas geridos pelas entidades AMARSUL, LIPOR, SULDOURO, TRATOLIXO e VALORSUL que, representam apenas 7,9% da área do território com serviço de gestão de resíduos em alta, mas que concentram no entanto aproximadamente 45% do total da população abrangida por este tipo de serviço. Ou seja, nos restantes 92,1% da

área do território continental dispersam-se os demais 55% da população servida pelos outros 18 sistemas de gestão de RU, o que em termos da sua viabilização económica surge como um entrave a ter em conta na gestão deste sector (ERSAR, 2012).

Tabela 3 - Panorama dos serviços de gestão de resíduos urbanos em alta (Adaptada de ERSAR, 2012)

Submodelo de Gestão	Entidades gestoras	Concelhos abrangidos	Área abrangida (km ²)	População abrangida (milhares de hab.)	Densidade Populacional (hab.km ⁻²)
Associações de municípios/ serviços intermunicipais	3	23	4 838	1 200	248
Concessões multimunicipais	12	180	49 166	6 549	133
Empresas municipais ou intermunicipais	8	71	31 865	1 578	64

2.2.3. Classificação e Caracterização de Resíduos

O Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, define resíduo como “*quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou obrigação de se desfazer*”. Segundo o mesmo Decreto-Lei, relativamente à sua origem e características, os resíduos podem classificar-se em: resíduos agrícolas; resíduos de construção e demolição; resíduos hospitalares; resíduos industriais; resíduos inertes; resíduos perigosos; resíduos urbanos e outros.

A classificação dos resíduos, até há pouco tempo, não era feita de igual forma em todos os países da UE o que dificultava a comparabilidade. No sentido de ultrapassar esta situação, foi publicada a LER. Esta disposição legislativa define e agrupa os resíduos em 20 categorias principais, sendo cada uma subdividida em várias subcategorias. Relativamente à Portaria n.º 209/2004, onde se encontra publicada a LER, os RU, fração de resíduos abordados neste trabalho, fazem parte do capítulo 20 “Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços”, incluindo as frações recolhidas seletivamente. Podem também ser classificados como RU os resíduos constantes no capítulo 15 01 - Resíduos de embalagens/ Embalagens (incluindo resíduos urbanos e equiparados de embalagens, recolhidos separadamente), desde que sejam provenientes dos agregados familiares

(resíduos domésticos) ou semelhantes a estes, provenientes dos sectores dos serviços, industria ou estabelecimentos comerciais.

Em Portugal, a definição de RU tem evoluído no que se refere à sua abrangência. O Decreto-Lei n.º 239/97 de 9 setembro apenas considerava como resíduos urbanos “*os resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda 1100 l por produtor*”. Entretanto, o atual Regime Geral de Gestão de Resíduos, consubstanciado no Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, prevê um conceito mais alargado, abrangendo todos os resíduos semelhantes aos resíduos domésticos, independentemente dos quantitativos diários produzidos. A definição atualmente em vigor é a seguinte: “*resíduo proveniente de habitações, bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações*”.

A necessidade de gerir de forma sustentável o diversificado grupo de substâncias consideradas como RU, levou à criação de fluxos específicos de resíduos, que não representa nada mais do que a categoria de resíduos cuja proveniência é transversal às várias origens ou sectores de atividade, sujeitos a uma gestão específica.

2.2.4. Fluxos Específicos de Resíduos

Fruto da complexidade ou importância crescente em termos quantitativos e/ou qualitativos de alguns tipos de resíduos, designados por fluxos específicos de resíduos, foi concedida particular atenção à sua gestão, mediante a criação de legislação específica, a qual introduziu, em geral, uma responsabilização pela sua gestão, dos vários intervenientes no seu ciclo de vida (APA, 2013a).

A recolha seletiva de RU, em Portugal, aplica-se aos seguintes fluxos específicos de resíduos: embalagens e resíduos de embalagens (E&RE); equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE) através da recolha por depositões; resíduos de pilhas e acumuladores através da recolha por pilhões e óleos alimentares usados através da recolha por oleões.

De um modo genérico, os modelos técnicos-económicos definidos para a gestão de fluxos específicos baseiam-se essencialmente no princípio da responsabilidade

alargada do produtor, ou seja, o produtor é responsável pelo ciclo de vida dos seus produtos, tendo por objetivo minorar os seus impactes ambientais. Segundo este princípio, o produtor é responsável por organizar um sistema individual ou aderir a um sistema integrado que faça a gestão do final de vida do seu produto, isto é, das operações de recolha, transporte, tratamento, valorização e destino final do bem que produziu ou que colocou no mercado e que neste momento já se encontra sob a forma de resíduo (ERSAR, 2012).

Para cada fluxo específico recolhido seletivamente está associado um sistema integrado ou um sistema individual de gestão. Desta seleção estão excluídos os óleos alimentares usados e os resíduos de construção e demolição, que são da total responsabilidade dos municípios e produtores (Pinto, 2013).

Nos sistemas integrados, a responsabilidade do produtor do bem é transferida para uma entidade gestora do fluxo em causa, mediante o pagamento de prestações financeiras (ou ecovalor) pelos produtos colocados no mercado. O ecovalor é uma prestação financeira, paga pelos produtores, por cada produto colocado no mercado, para fazer face aos diversos custos de afetação genérica e específica da gestão dos resíduos por uma Entidade Gestora de Resíduos, devidamente licenciada para o efeito.

Embalagens e Resíduos de Embalagens (E&RE)

São embalagens todos e quaisquer produtos feitos de materiais de qualquer natureza utilizados para conter, proteger, movimentar, manusear, entregar e apresentar mercadorias, tanto matérias-primas como produtos transformados, desde o produtor ao utilizador ou consumidor, incluindo todos os artigos "descartáveis" utilizados para os mesmos fins (APA, 2013a).

No caso das E&RE, fluxo específico abordado neste trabalho, o produtor deverá submeter a gestão das suas embalagens e resíduos de embalagens a um sistema de consignação ou a um sistema integrado. O primeiro caso aplica-se às embalagens reutilizáveis e não reutilizáveis, enquanto no segundo a sua aplicação é exclusiva a embalagens não reutilizáveis. Para efeitos do fluxo específico das E&RE os produtores são englobados nas categorias (ERSAR, 2012):

- Embaladores, que produzem e embalam os seus produtos, colocando-os depois no mercado nacional;

- Importadores, que importam os produtos embalados e os colocam no mercado nacional.

No que diz respeito aos sistemas de consignação, os produtores devem estabelecer um sistema de depósito-reembolso, onde é cobrada uma certa quantia ao consumidor no ato de compra que depois é reembolsada aquando da devolução do produto/resíduo. Para as embalagens reutilizáveis este tipo de sistema não carece de autorização da ANR, facto que contrasta com o caso das embalagens não reutilizáveis, em que é imprescindível este tipo de autorização. No caso das embalagens não reutilizáveis, as mais abundantes no sector das E&RE, existem três entidades gestoras responsáveis pela sua gestão (ERSAR, 2012):

- Sociedade Ponto Verde (SPV), responsável por gerir o SIGRE – Sistema integrado de gestão de resíduos de embalagens;
- VALORMED, que gere o SIGREM – Sistema integrado de gestão de resíduos de embalagens e medicamentos;
- VALORFITO, entidade responsável pelo SIGERU – Sistema integrado de gestão de resíduos de embalagens de produtos fitofarmacêuticos.

Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagem (SIGRE)

O SIGRE, também conhecido por Sistema Ponto Verde, gerido pela SPV, é o sistema integrado que abrange todos os materiais e tipos de embalagens não reutilizáveis colocadas no mercado nacional. Existe para garantir a organização e gestão de um circuito que assegura a retoma, valorização e reciclagem dos resíduos de embalagens não reutilizáveis, assim como a diminuição do volume de resíduos depositados em aterro.

A SPV é financiada pelos embaladores/importadores que pagam o valor ponto verde (ecovalor) pelas embalagens que colocam no mercado, transferindo para a SPV a responsabilidade de gestão e destino final das embalagens usadas. Esta é uma entidade privada, sem fins lucrativos, que tem como objetivo promover a recolha seletiva, assegurar a reciclagem dos resíduos e conceber a retoma dos resíduos de embalagens (FENIX, 2013).

Um dos benefícios da existência desta entidade é a promoção da reciclagem de materiais de embalagem, que geram um ciclo de processos que ocorrem pela ação da

SPV. O ciclo de processos que constituem as atividade da SPV é constituído por (SPV, 2013):

- Embaladores e Importadores, que colocam as suas embalagens no mercado e asseguram o destino final dos resíduos em que as suas embalagens se transformam após o consumo, através da transferência dessa responsabilidade para a SPV;
- Distribuição, onde as embalagens não reutilizáveis apenas podem ser comercializadas se estiverem abrangidas pelo sistema ponto verde;
- Consumidores, que nas suas casas separam as embalagens usadas por tipo de embalagem e colocam-nas em recipientes próprios (ecopontos domésticos, sacos ou cestos) que depois depositam nos ecopontos ou são recolhidos porta a porta;
- Deposição seletiva;
- Recolha e triagem, onde as Câmaras Municipais e outras empresas de resíduos efetuam a recolha e triagem das embalagens usadas, disponibilizando estes resíduos à SPV, que os encaminha para valorização e reciclagem.
- Reciclagem / Matérias primas: onde os fabricantes de embalagens e materiais de embalagens asseguram a retoma dos resíduos separados, garantindo a sua valorização ou reciclagem.

A Figura 4 representa o ciclo de processos que constituem a atividade da SPV.



Figura 4 - Ciclo dos processos da Sociedade Ponto Verde (Fonte: SPV, 2013)

2.2.5. Produção e Composição Física dos Resíduos Urbanos

Os principais fatores que influenciam a produção de RU e que o determinam são (Vitorino, 2008):

- Nível de vida da população;
- Clima e estação do ano;
- Modo de vida e hábitos da população;
- Novos métodos de embalagem e comercialização de produtos;
- Tipo de urbanização e características económicas da região;
- Eficiência do serviço de recolha.

A produção total de RU em Portugal continental, no ano de 2011, foi de aproximadamente 4,894 milhões de toneladas, tendo-se verificado uma diminuição de cerca de 6% em relação ao ano precedente. O valor registado ficou acima da meta prevista no PERSU II para 2011, 4,768 milhões de toneladas (APA, 2012).

Fazendo uma análise da produção de RU por habitante, verifica-se que a capitação anual em 2011 foi de 487 kg/hab.ano, o que corresponde a uma produção diária de RU de cerca de 1,33 kg/hab.dia. Em termos comparativos, os últimos valores disponíveis para a UE-27 indicam que a capitação média europeia em 2010 foi de 502 kg/hab.ano (APA, 2012). A Figura 5 representa a evolução da produção e capitação de RU em Portugal continental entre os anos 2000-2011.

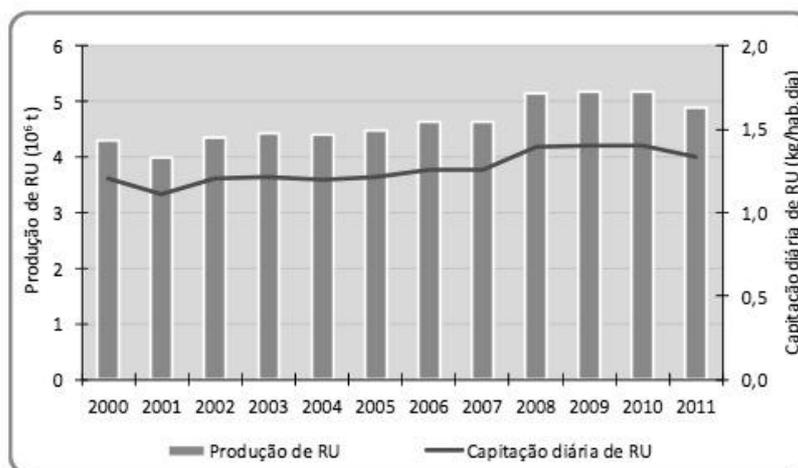


Figura 5 - Produção e capitação diária de resíduos urbanos em Portugal continental (Fonte: APA, 2012)

Relativamente à composição física dos RU, que consiste na descrição dos componentes individuais que constituem os fluxos de resíduos e a sua distribuição relativa, em peso (%), destaca-se com recurso à Figura 6 que, as três frações/constituintes mais representativas dos RU são os Bio-resíduos (40,5%), o Papel/Cartão (13 %) e o Plástico (9,9%) .

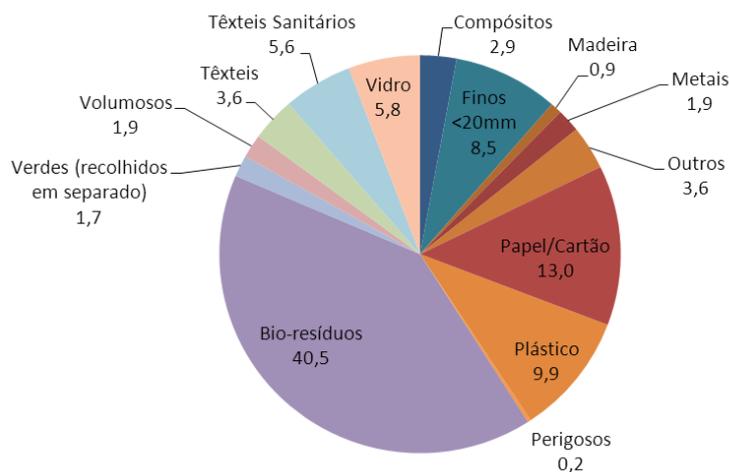


Figura 6 - Caracterização física média dos RU produzidos em Portugal continental no ano de 2011 (APA, 2013 b)

2.2.6. Tratamento e Destino dos Resíduos Urbanos

Do total de RU produzidos em Portugal continental em 2011, 84,4% corresponde a recolha indiferenciada e 15,6% a recolha seletiva. A deposição em aterro continua a ser o destino preferencial dado aos RU, em 2011, 58% dos RU produzidos em Portugal continental foram encaminhados para aterro. Os restantes RU produzidos tiveram como destino a incineração com recuperação de energia (20%), a recolha seletiva com vista à reciclagem (14%) e a valorização orgânica – compostagem e digestão anaeróbia (9%). A Figura 7, representa as percentagens de RU encaminhados para as diversas operações de gestão em Portugal continental no período 2003-2011.

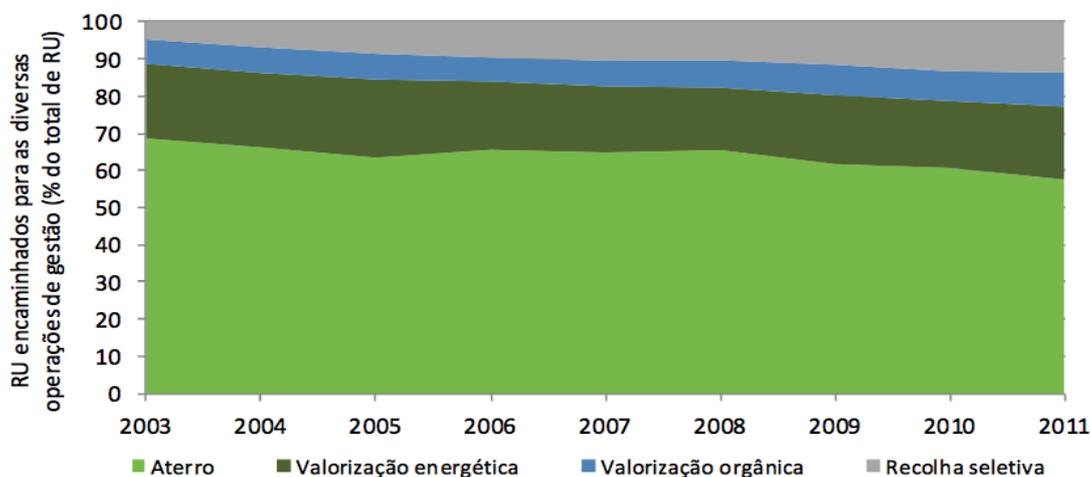


Figura 7 - Resíduos urbanos encaminhados para as diversas operações de gestão em Portugal continental (Fonte: APA, 2012)

2.2.7. Operações de Gestão de Resíduos Urbanos

A recolha de resíduos é um problema frequente na gestão de qualquer cidade e envolve encargos avultados (Fernandes, 2009). A urbanização e litoralização da população portuguesa originam uma forte pressão sobre a gestão de espaços e na movimentação dos veículos de recolha. Desta forma, os resíduos tornam-se uma preocupação crescente para a população e geram uma pressão adicional sobre os municípios (Rodrigues, 2009). Assim os sistema de gestão de RU assumem um papel essencial nas sociedades modernas.

Com a evolução do sector para uma estratégia integrada de gestão de resíduos, os SGRU têm sido classificados segundo as designações de “alta” e “baixa”, consoante as atividades realizadas (ERSAR, 2012). No sistema de gestão em baixa, as operações

fundamentais de gestão de resíduos são a deposição de RU, a recolha indiferenciada e seletiva de RU, bem como o transporte dos mesmos. Também as operações de limpeza urbana são incluídas nesta gestão em baixa. Relativamente ao sistema de gestão em alta, as operações mais significativas são a valorização energética (incineração), o tratamento (através de estações de TMB) e a eliminação de RU (deposição em aterro; e incineração, quando esta não é viável a nível energético) (ERSAR, 2010).

A diferenciação na classificação de sistemas de gestão em alta e sistemas de gestão em baixa é bastante notória a nível administrativo em cada um dos sistemas, mas o objetivo é o mesmo, ou seja, ambos incorporam o sistema integrado de gestão de resíduos e ambos desempenham funções tendo em vista a criação de soluções para os RU produzidos.

A Figura 8, representa o SGRU utilizado em Portugal e as dinâmicas apresentadas nesta cadeia de valor.

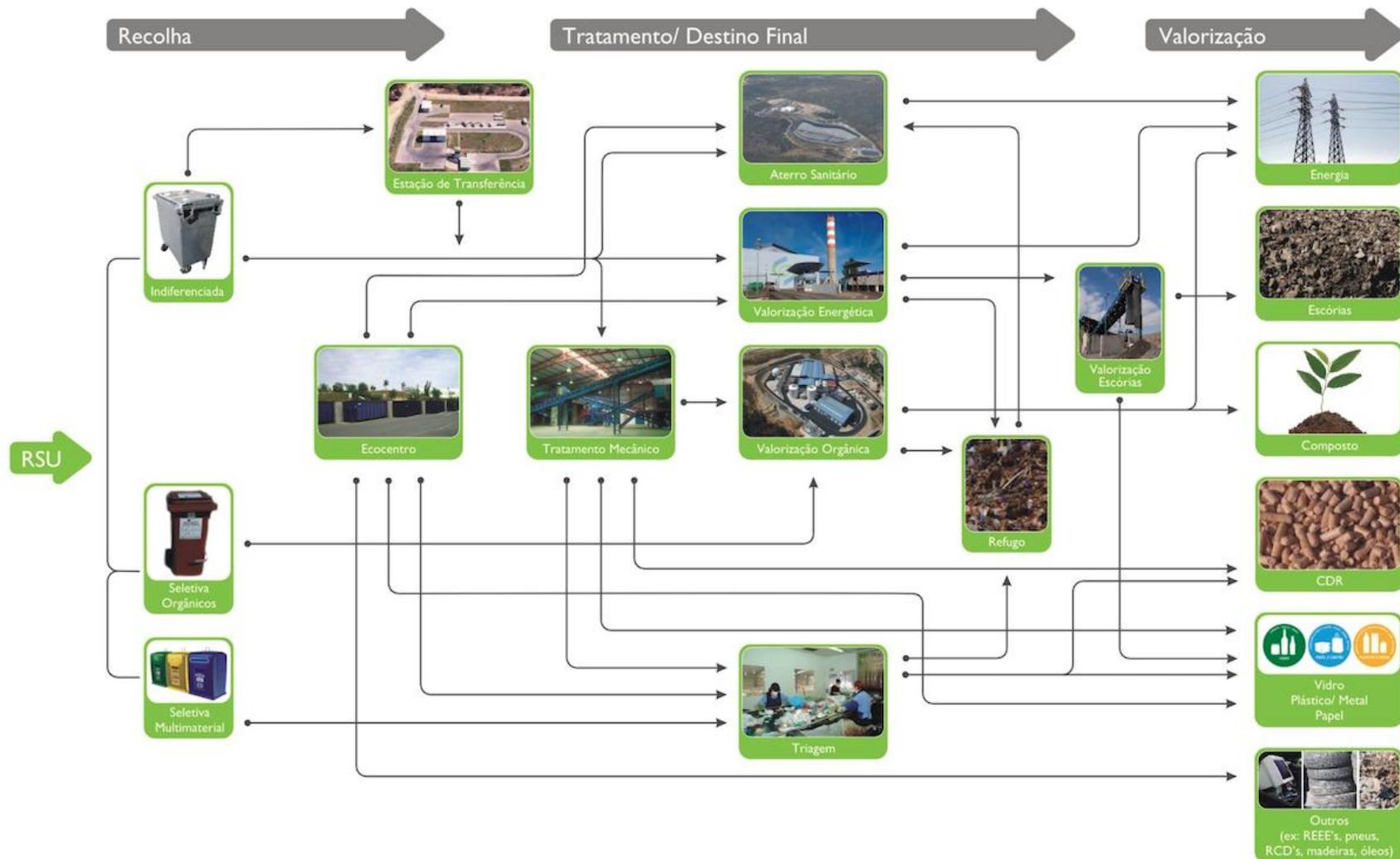


Figura 8 - Sistema de gestão de resíduos urbanos (Fonte: EGF, 2013)

Operações de Gestão em Baixa de Resíduos Urbanos

As operações de gestão em baixa de RU, que serão abordada de forma mais profunda no subcapítulo seguinte, dizem respeito aos sistemas de recolha e transporte de RU que podem ser divididos nas seguintes três componentes (Martinho, Gonçalves e Silveira, 2011):

- **Deposição** – É o conjunto de operações envolvendo a armazenagem domiciliária de RU, e a sua colocação em recipientes, em condições de serem removidos;
- **Recolha** – É a operação efetuada por pessoal e equipamento especialmente adequado para esse fim, mediante a transferência dos RU, incluindo ou não os recipientes, para as viaturas de recolha;
- **Transporte** – É a operação de transporte dos RU pelas viaturas de recolha, desde o último ponto do circuito de recolha até ao seu local de deposição e, no caso de circuitos com mais de uma volta, o regresso ao circuito para a continuação da recolha.

Operações de Gestão em Alta de Resíduos Urbanos

A gestão em alta, caracteriza-se pelo destino final/tratamento dado aos RU. Os RU provenientes da recolha indiferenciada podem ser sujeitos a diferentes processos de tratamento e valorização, processos estes com uma forte dinâmica e interligação. Os **resíduos indiferenciados**, têm geralmente 3 destinos:

1. Valorização Orgânica (TMB):

É o método de tratamento que combina processos de tratamento mecânico com tratamento biológico. O tratamento mecânico é efetuado pelas crivagens automáticas e aberturas de sacos que removem os elementos recicláveis de uma variedade de resíduos (como metais, plásticos, vidros e papel). O tratamento biológico consiste na decomposição de matéria orgânica, transformando-a em composto e pode ser feito por 2 métodos: compostagem ou digestão anaeróbia.

Deste tratamento surgem 3 *output's* principais, um fluxo de elementos recicláveis retirados após crivagem que são depois encaminhados para triagem, uma fração denominada de refugo que é transferida para aterro ou incineração e, por último, o produto final resultado do TMB, o composto orgânico.

Quando os padrões de qualidade do composto são insuficientes para comercialização, este será encaminhado para aterro controlado. Todavia, devido ao pré-tratamento a que foi sujeito, possibilita uma redução significativa de volume em base seca do RU inicial, que poderá atingir os 75%, bem como em termos de teor de humidade, para além da elevada estabilidade. Isto significa que irá ocupar um volume muito menor e durante o transporte e deposição para o destino final, e o seu confinamento produzirá muito menos lixiviados e biogás, devido à pouca reatividade. Também pode estar associado a este tipo de tratamento a produção de energia devido à queima de biogás (McDougall *et al.*, 2001).

2. Valorização Energética (Incineração):

Processo que consiste na combustão dos RU em instalações especialmente preparadas, dimensionadas e monitorizadas para este efeito. Estas instalações dispõem de câmara de combustão e integram exigentes sistemas de tratamento dos gases de combustão. O vapor produzido é aproveitado para produção de energia elétrica que pode ser injetada na rede. Além de possuírem sistemas integrados para controlo de toda a operação, dispõem de um conjunto de equipamentos de alta sensibilidade para controlo e avaliação do cumprimento dos exigentes programas de monitorização ambiental, na unidade e na envolvente da instalação, nomeadamente a qualidade do ar, a qualidade da água e dos sedimentos, o ruído e a vigilância da saúde pública (EGF, 2013).

3. Deposição em Aterro:

Atualmente, a operação de eliminação mais comum nas opções de gestão de resíduos indiferenciados é a deposição direta em aterro. No caso dos resíduos indiferenciados, o aterro ainda recebe o refugo proveniente da incineração de resíduos.

No caso dos **resíduos recicláveis**:

O destino final é a Estação de Triagem, onde são triados manual e mecanicamente, com o objetivo de remover os resíduos contaminados (refugo). Depois desta fase, o refugo é encaminhado para aterro ou incineração, enquanto os restantes resíduos triados seguem para as indústrias de reciclagem para o seu reprocessamento.

2.2.8. Aspetos Económico-Financeiros da Gestão de Resíduos

A gestão de resíduos é uma atividade que exige investimentos significativos em infraestruturas e recursos humanos e implica custos de operação particularmente elevados.

Em Portugal, as tarifas suportadas pelos municípios, que são a principal fonte de receitas do sector, assumem grande variabilidade e não suportam os custos reais de gestão dos RU, contribuindo para o endividamento dos municípios e para o enfraquecimento da capacidade de inovação e desenvolvimento tecnológico do sector (INE, 2011).

A partir de 2008, as administrações públicas aplicaram no sector da gestão de resíduos, em média, anualmente mais de 475 milhões de euros, com exceção de 2012 que registou uma diminuição de 6,8% (451 milhões de euros), como representa a Figura 9. Com 440 milhões de euros de despesa em 2012, a Administração Local concentrou 77,3% do total da despesa com atividades de recolha e transporte de resíduos. Inclui-se nesta despesa a varredura e limpeza urbanas, asseguradas pelos serviços municipais ou pelas entidades prestadoras de serviços de recolha de resíduos urbanos indiferenciados mediante a celebração de um contrato de prestação de serviço, como representa a Figura 10.

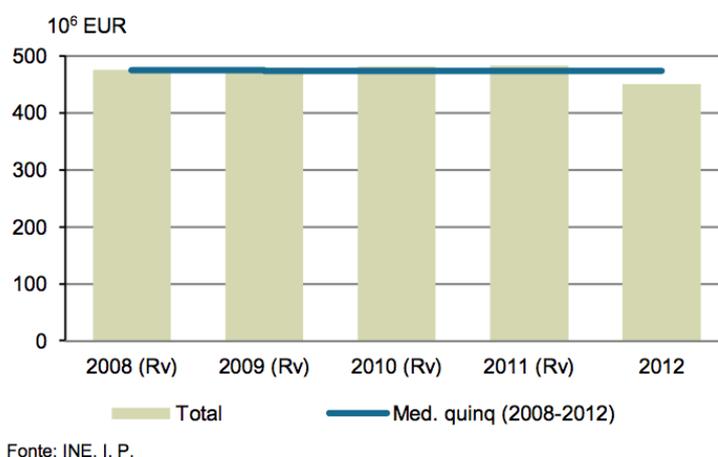


Figura 9 - Despesa das administrações públicas na gestão de resíduos (Fonte: INE, 2013)

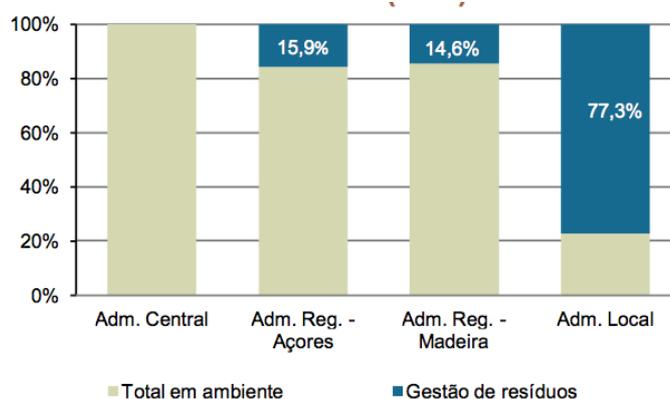


Figura 10 - Percentagem da gestão de resíduos no total da despesa em ambiente, por sector institucional (INE, 2013)

Em 2012, mais de metade dos municípios do país (abrangendo cerca de 4,6 milhões de pessoas) com serviços de gestão de resíduos urbanos “em baixa”, designadamente a recolha indiferenciada de resíduos urbanos, gastaram, em média, entre 25 e 49 euros/habitante com a gestão de resíduos. Aproximadamente 1/5 dos municípios (englobando 28,7% do total da população), sobretudo das regiões Norte e Centro, apresentaram uma despesa por habitante da ordem dos 25 euros. No extremo oposto, a despesa em 9,5% dos municípios correspondeu ao escalão mais elevado, com realce para os municípios situados nas zonas turísticas do litoral do Continente e Regiões Autónomas e em alguns municípios do interior.

Um estudo elaborado por intermédio da ERSAR, relativo à análise dos tarifários dos serviços de gestão de RU em Portugal, com o objetivo de elaborar um diagnóstico de situação e definir estratégias de recuperação de custos com este serviço, concluiu segundo a Tabela 4 que, o custo anual médio do serviço de recolha, transporte e tratamento de RU para os municípios, é de 39,24€ por habitante ano em Portugal continental, enquanto que as receitas geradas são apenas de 11,96 €. Esta situação cria um défice de tarifário municipal de 70% do custo dos serviços de remoção, transferência e tratamento de resíduos urbanos prestados, sendo necessário por esse facto canalizar outros meios financeiros para suportar esta diferença entre custos e receitas (IRAR e CESUR, 2007).

Tabela 4 - Quadro resumo dos custos e receitas com os serviços de gestão de resíduos urbanos e de limpeza e varredura dos concelhos (€/habitante/ano) (Fonte: IRAR e CESUR, 2007)

Região	Receitas	Custos de remoção, transferência e tratamento de resíduos urbanos	Défice das autarquias		Custos de limpeza e varredura urbana
			Valor	%	
Continente	12,07	39,87	27,80	70%	12,41
Açores	7,45	23,81	16,36	69%	7,47
Madeira	18,17	27,31	9,14	33%	42,66
Portugal	11,96	39,24	27,28	70%	12,32

Torna-se assim essencial sensibilizar a sociedade para a necessidade de reformular e harmonizar os sistemas tarifários no sentido de promover maior transparência, equidade e grau de recuperação de custos destes serviços. Para isso, é importante ajustar os tarifários em função da quantidade de resíduos produzidos, como forma de diminuir a produção de resíduos indiferenciados e aumentar a deposição e recolha seletiva de materiais.

2.3. Sistemas de Recolha e Transporte de Resíduos Urbanos

A recolha e transporte dos RU pode ser dividida nas seguintes três componentes (Martinho, Gonçalves e Silveira, 2011):

- **Deposição** – É o conjunto de operações envolvendo a armazenagem domiciliária de RU, e a sua colocação em recipientes, em condições de serem removidos;
- **Recolha** – É a operação efetuada por pessoal e equipamento especialmente adequado para esse fim, mediante a transferência dos RU, incluindo ou não os recipientes, para as viaturas de recolha;
- **Transporte** – É a operação de transporte dos RU pelas viaturas de recolha, desde o último ponto do circuito de recolha até ao seu local de deposição e, no caso de circuitos com mais de uma volta, o regresso ao circuito para a continuação da recolha.

Dentro do sistema de gestão de RU a componente recolha e transporte assume uma especial importância devido, essencialmente, aos seguintes fatores (Martinho, Gonçalves e Silveira, 2011):

- É uma das componentes mais dispendiosas do sistema de gestão de RU, podendo mesmo representar entre 40 a 70% dos custos totais do sistema de gestão de RU;
- É a componente de interface entre o sistema e os utentes (imagem de serviço);
- Deixou de ser encarada como uma componente do sistema independente, autónoma e atualmente é fundamental uma perspetiva de estratégia integrada de recolha;
- É vulnerável ao comportamento dos utentes e aos conflitos que possam existir entre os vários operadores.

2.3.1. Deposição de Resíduos Urbanos

Antes de uma determinada deposição existe um armazenamento de resíduos na fonte que, segundo Martinho e Gonçalves (2000), devem ter em atenção as seguintes considerações:

- O efeito das características dos resíduos devido à decomposição, absorção de líquidos e a contaminação entre eles;
- O equipamento a utilizar deverá ser compatível com o tipo de resíduos, a frequência de recolha, o espaço disponível e o tipo de construção.

Relativamente à deposição de RU, podemos dividi-la em dois métodos de deposição, cuja

classificação pode ser efetuada de acordo com o tipo de resíduo ou pelo tipo de recipientes utilizados.

A tipologia de resíduos está dividida entre resíduos indiferenciados (recolha indiferenciada) e resíduos recicláveis (recolha seletiva ou recolha uni/multimaterial). Relativamente à tipologia de recipientes utilizados, segundo Teixeira (2005), a escolha do sistema de deposição a adotar depende de vários fatores, nomeadamente o clima, aspetos geográficos, volume e tipo de resíduos a recolher, o tipo de urbanização e habitação, a densidade populacional, a freguesia e rapidez de recolha, a distância e o tipo de tratamento, valorização ou eliminação que se pretende para os resíduos, o tipo de recipientes e veículos a utilizar, as atitudes e as características dos produtores de RU e os recursos financeiros disponíveis.

Para a deposição dos RU os requisitos a exigir a qualquer contentor são terem uma capacidade que permita um manuseamento seguro pelo cantoneiro; serem hermeticamente fechados e adaptados aos veículos de recolha; e serem fabricados com materiais duráveis e resistentes.

Segundo (Martinho, Gonçalves e Silveira, 2011), os equipamentos de deposição dividem-se em 4 classes:

1. Deposição em sacos não reutilizáveis.

São utilizados tanto para a deposição indiferenciada como para a seletiva, cuja recolha se efetua porta a porta. Podem ser de plástico (PEAD) ou de papel impermeabilizado, de diferentes formatos e dimensões. A capacidade é muito variada, podendo ir dos 30 até aos 100 l. Têm como vantagens a eliminação da operação de recolha do recipiente, reduzindo assim o tempo de remoção; dispensam a lavagem e proteção do recipiente, evitando assim o custo associado a estas operações; evitam o ruído na descarga e o furto; e evitam a absorção de água da chuva. Como inconvenientes têm a necessidade de suportes especiais para os sustentar ou para os carregar para a viatura, se esta tiver um sistema de carregamento mecanizado; maiores despesas de aquisição e distribuição (quando a distribuição é gratuita, os municípios não sentindo o preço da sua aquisição podem dar outro uso aos sacos); e o espalhamento dos resíduos pelos passeios, quando sujeitos a atos de vandalismo.

2. Deposição em caixas (caso de alguns esquemas de recolha seletiva porta a porta).

É o tipo de deposição utilizado em alguns esquemas de recolha seletiva porta a porta. Consistem em caixas de plástico, normalmente com uma capacidade de 50 l. Têm como

vantagens a melhor qualidade dos materiais recolhidos, uma vez que as caixas com materiais não desejáveis ou contaminados podem não ser recolhidas pelo operador. Por outro lado, têm como inconvenientes o facto da gama de matérias aceites e o volume de resíduos a recolher ser limitado pelo tamanho da caixa; as embalagens têm que ser previamente lavadas; e muitas vezes têm que ser fornecidas novas caixas porque são muitas vezes desviadas para outros usos ou furtadas.

3. Deposição em contentores de pequena e média capacidade (sem compactação), onde se incluem os contentores para recolha hermética.

Este equipamento de deposição encontra-se disponível no mercado em vários formatos, capacidades, tipos de tampas, com rodas e sem rodas. Existem modelos em plástico e em metal galvanizado, sendo que este último tem o inconveniente de ser pesado, ruidoso e mais caro. Por outro lado, é mais robusto e resistente às temperaturas extremas. Os de plástico são mais leves e fáceis de lavar.

Os contentores de pequena e média capacidade, podem ainda dividir-se em:

- Contentores plásticos de fundo redondo – com capacidades entre os 35 e 120 l, com pegas e saliências próprias para serem carregados e basculados para os veículos de recolha;
- Contentores plásticos de fundo quadrado – com capacidades entre os 80 e 1100 l, também com pegas e saliências para serem elevados pelo sistema dos veículos de recolha. Possuem 2 ou 4 rodas para facilitar o transporte;
- Contentores metálicos – idênticos aos anteriores, mas com capacidades entre os 770 e 1100 l, e com 4 rodas;
- Contentores em profundidade – com capacidades entre os 1,3 e 5 m³, semi-enterrados no solo, com argolas ou outro sistema para serem elevados pelos sistemas de recolha. Normalmente são recolhidos por viaturas equipadas com grua. Relativamente à recolha seletiva, existem também outro tipo de equipamentos de deposição, onde se incluem os contentores do tipo “igloo”, prismáticos e do tipo “cyclea”, que possuem capacidades entre os 1,1 e 4 m³, e a sua recolha é efetuada por uma viatura equipada com grua. A sua descarga na viatura é feita pela base do contentor, por meio do acionamento de um sistema de abertura. Por sua vez, este sistema pode ser manual (argola simples), ou mecanizado (argola dupla).

Mais recentemente, apareceu também no mercado português, um novo tipo de equipamento de recolha de superfície, implementado pela HPEM (Higiene Pública – Empresa Municipal de Sintra), nalgumas zonas do concelho de Sintra, denominado contentor de recolha lateral. Este equipamento possui capacidades entre os 2,4 e os 3,2 m³, e é recolhido mecanicamente por uma viatura de recolha lateral. Este tipo de sistema não necessita de cantoneiros, sendo o motorista a executar todas as tarefas de despejo dos contentores (Santos, 2011).

4. Contentores de grande capacidade (com ou sem compactação).

Os contentores de grande capacidade podem ser utilizados por grandes produtores de resíduos, servir como pequenas estações de transferência, como ecopontos ou fazerem parte de centros de recolha (ecocentros). Dividem-se em contentores fixos, com capacidades entre os 2 e 5 m³, e contentores transportáveis, com capacidade entre os 5 e 10 m³ (contentores de balde) ou entre os 10 e 20 m³ (contentores rebocáveis), consoante adaptados a veículos *multibenne* ou *polibenne*, respetivamente.

2.3.2. Recolha e Transporte de Resíduos Urbanos

A percentagem de população abrangida por serviços de recolha de RU constitui um indicador que apresenta, desde a década de noventa, um elevado índice de desempenho. Desde 1990 até aos dias de hoje, verifica-se um aumento da população servida por serviços de recolha de 88% para cerca de 100% da população continental (Teixeira, 2005).

A recolha e transporte de RU, como processo com elevados custos associados deve desde logo, ter o máximo acompanhamento técnico de forma a otimizar meios e custos. Também é importante salientar que a forma como os resíduos são recolhidos e transportados condiciona a eficiência dos processos de valorização e tratamento seguintes.

A recolha de RU pode ser classificada de acordo com diferentes critérios, nomeadamente o tipo de resíduos recolhidos, o local de recolha e a frequência e horário da recolha.

Relativamente ao tipo de resíduos distinguem-se entre recolha indiferenciada, os resíduos são depositados e recolhidos como uma mistura de resíduos, e a recolha seletiva. Neste último caso, há separação na fonte de uma ou mais categorias de resíduos, seguida ou não de nova separação em estações de triagem (Martinho e Gonçalves, 2000).

Quanto ao local de recolha, distinguem-se entre recolha porta a porta, ou individual, e recolha em determinados pontos da via pública, ou coletiva. Num determinado Concelho, podem

existir zonas servidas só por um destes sistemas ou por ambos.

A frequência e o horário de recolha dependem do país e da zona onde esta é efetuada. São regidas pelas condições locais e pelas características do serviço. Portugal, sendo um país com clima mediterrânico, no caso dos resíduos indiferenciados, não pode ter uma frequência de recolha baixa, uma vez que estes começam-se a decompor imediatamente, o que origina maus cheiros, sendo, por isso, normalmente superior a três vezes por semana. Já os resíduos seletivos, podem ter uma frequência de recolha superior, em função da produção de resíduos, da capacidade dos contentores e das viaturas de recolha e do tipo de material a recolher (Santos, 2011). Quanto ao horário de recolha este pode ser diurno e noturno, tudo dependendo das condições locais do trânsito e da necessidade de gerir a frota e os recursos humanos disponíveis. No entanto, no caso da recolha de vidro, verifica-se que na maioria dos casos este realiza-se em horário diurno devido ao ruído que causa.

Tipologias de Recolha

Existem três tipologias de recolha, que se adequam a ambas as tipologias de resíduos, indiferenciados e seletivos, a recolha porta a porta, a recolha coletiva e a recolha mista.

A. Recolha Porta a porta

No caso da recolha porta a porta, são normalmente distribuídos a cada moradia ou edifício um ou mais contentores, de acordo com as necessidades dos agregados familiares, responsabilizando-se os utentes pela sua manutenção e colocação à porta para serem despejados pelas equipas de recolha (Levy e Cabeças, 2006). A recolha porta a porta pode ser individual, quando efetuada por família ou moradia unifamiliar, ou coletiva, quando efetuada por moradia multifamiliar ou prédio.

Neste sistema, e ainda de acordo com os mesmos autores, cada edifício recebe um ou mais contentores com capacidade até aos 360 l, ficando os habitantes responsáveis pela sua manutenção e colocação à entrada do edifício nas horas e dias estabelecidos para a sua recolha. Cada edifício, na área abrangida pela recolha, representa uma potencial paragem da viatura para a recolha de RU. Como alternativa, no caso da existência de sistemas coletivos, os contentores individuais podem ser distribuídos apenas para facilitar o transporte dos resíduos do edifício até ao ponto de recolha coletivo (Carvalho, 2008).

A recolha porta a porta pode apresentar custos de operação mais elevados, comparativamente

à recolha coletiva, uma vez que conduz a um grande desgaste das viaturas de recolha, bem como um esforço contínuo das equipas de cantoneiros (Levy e Cabeças, 2006). No entanto, o balanço económico deste tipo de recolha encontra-se dependente das quantidades e qualidade dos materiais recolhidos.

B. Recolha Coletiva

Na recolha por pontos, a autarquia aloca a um local estratégico, um ou mais contentores de utilização coletiva, a população fica encarregue de transportar os seus resíduos até esses locais. Este sistema utiliza contentores de média e grande capacidades e tem menores custos de remoção que o sistema de recolha porta a porta, pois o número de pontos de recolha é menor, para uma mesma população, o que representa menos paragens e menos tempo no circuito (Levy e Cabeças, 2006).

Neste tipo de recolha, os veículos recolhem os recipientes que servem mais do que uma unidade residencial. Os recipientes estão localizados a uma certa distância uns dos outros, ao longo da rua, podendo apenas existir um tipo de contentor (recolha indiferenciada), ou diversos contentores para a deposição seletiva (ecopontos) (Martinho, 2005).

C. Recolha Mista

Se a recolha for mista, utilizam-se simultaneamente ambos os sistemas acima descritos, sendo que o sistema porta a porta reserva-se para as zonas menos densas e o sistema coletivo para as zonas mais densas, em termos urbanísticos e populacionais (Carvalho, 2008).

Recolha Seletiva de Resíduos Urbanos

A reciclagem multimaterial é um dos pilares mais importantes de um modelo de gestão integrada de RU. Esta atividade permite realizar economias de recursos naturais e de matérias-primas, na medida em que fecha o ciclo de vida de utilização da matéria. Este processo assenta na utilização de resíduos enquanto matérias-primas para a produção de novos produtos, evitando, ou até mesmo diminuindo, a utilização de matérias-primas virgens (Santos, 2011).

A reciclagem, para além de contribuir para o desvio dos resíduos dos aterros e das incineradoras e para a valorização em novos produtos, pode originar uma redução no tempo dos circuitos de recolha de RU indiferenciados. A deposição de parte dos RU nos sistemas de recolha seletiva reduz a quantidade de RU indiferenciados a recolher, o que pode evitar a necessidade de realização de segundos fretes, para os locais de deposição ou tratamento, pelas

viaturas afetas aos circuitos de recolha de RU indiferenciados (Vicente e Reis, 2007).

À semelhança dos sistemas de recolha indiferenciada, os sistemas de recolha seletiva mais generalizados na Europa, são os seguintes (González-Torre e Adenso-Díaz, 2005):

- **Recolha porta a porta:** ao nível da recolha seletiva, a grande vantagem deste sistema é ser muito pouco exigente para a população, que não tem de se deslocar para deixar os recicláveis num ponto de recolha, e tende a ter melhores resultados de participação. Este é, no entanto, o sistema mais caro de implementar e que necessita de maiores recursos devido ao grande número de pontos de paragem a percorrer pelas equipas de recolha, como referido anteriormente.
- **Recolha por pontos (coletiva):** ou ecopontos, em que a população tem de se deslocar até um determinado ponto da via pública onde estão localizados os contentores destinados à deposição dos recicláveis, normalmente de fácil acesso ao veículo de recolha. Este sistema tem a vantagem de necessitar de menos recursos na recolha dos resíduos que o porta a porta, no entanto não é tão cómodo para a população por exigir uma maior esforço de deposição.
- **Ecocentro:** que funciona normalmente como complemento a um dos dois outros sistemas de recolha, é um local onde se recebem os resíduos com potencial para serem reciclados mas que no entanto não são abrangidos pelos restantes sistemas de recolha. Existe um ecocentro para uma zona geográfica alargada pelo que a distância a percorrer pela população é a maior.

Em Portugal, o sistema mais generalizado é o sistema de recolha seletiva trífuxo por ecopontos, ou seja, deposição em contentores separados de papel/cartão (embalagens e não embalagens, a depositar no papelão), vidro de embalagem (a depositar no vidrão), e embalagens de plástico, metais e de cartão para líquidos alimentares (a depositar no embalão).

No entanto, como alternativa, os contentores utilizados para a deposição dos recicláveis, podem ser semelhantes aos contentores utilizados na recolha de RU indiferenciados, com ligeiras modificações ao nível da cor ou da abertura da tampa e, nestes casos, as viaturas de recolha são semelhantes às da recolha indiferenciada, ou podem ser contentores com características diferentes, como os contentores iglô, prismáticos, *cyclea* ou *molok*, que requerem viaturas de caixa aberta equipadas com grua (Carvalho, 2008).

Equipamentos de Recolha

A escolha dos veículos de recolha, é uma aspeto importante na organização de um sistema de recolha. Esta escolha pode ser influenciada pelo tipo de recipientes instalados, pelos aspetos locais ou geográficos e também pelos recursos financeiros disponíveis. No entanto, existe um conjunto de outras qualidades que um veículo deve reunir, nomeadamente:

- Não permitir o derramamento de RU, ser de fácil manutenção e lavagem;
- Possuir, no mínimo, uma taxa de compactação de 3:1;
- Dispor de local adequado para transportar os cantoneiros;
- Apresentar uma altura de carregamento ao nível da cintura dos elementos da equipa, no máximo de 1,20 m de altura;
- Possuir um sistema de carga e descarga rápido;
- Possibilitar o carregamento de diferentes tipos de contentor;
- Distribuir a carga de uniformemente pelos eixos;
- Apresentar o maior volume de carga possível, para reduzir o número de deslocações entre locais;
- Funcionamento mais silencioso possível, fator importante em viaturas usadas em circuitos noturnos;
- Menores custos de manutenção e consumo de combustível;
- Sistema de controlo de emissões

Relativamente à classificação dos veículos de recolha, segundo Martinho, Gonçalves e Silveira (2011), estes podem classificar-se em função:

- a) **Do método de carga:** divide-se em duas tipologias, a recolha convencional ou aberta e a recolha hermética. A recolha convencional ou aberta caracteriza-se pelo facto da zona carregamento da viatura ser aberta ou então dispor apenas de uma cortina em borracha. A recolha pode ser realizada manualmente ou semi-automaticamente. Apresenta como vantagens a rapidez no processo de carregamento e permite o carregamento de objetos volumosos que sejam encontrados ao longo do percurso. Como principais desvantagens referem-se o facto dos cantoneiros se encontrarem

expostos às poeiras e cheiros e poder permitir acidentes pela facilidade com que se atinge a carga. Relativamente à recolha hermética, caracteriza-se por uma recolha em que são utilizadas adufas para a descarga dos contentores, constituídas por um sistema de elevação hidráulica e por uma boca de descarga provida de um orifício (opérculo) que se mantém fechado quando não está a ser utilizado, por uma abertura a toda a largura da traseira do veículo, protegida por uma placa ou cortina de borracha. Este sistema proporciona maior higiene e limpeza, diminuição dos riscos para a saúde pública e dos cantoneiros e melhores condições ergonómicas para os cantoneiros. Contudo é de utilização menos flexível e, em caso de avaria não possibilita soluções alternativas de carregamento.

- b) **Tipo de sistema de elevação:** pode ser manual (usual na recolha de sacos), semi-automático (usual na recolha de contentores de pequena e média capacidade, de 2 ou 4 rodas) e automático (usual na recolha lateral).
- c) **Localização do sistema de elevação dos contentores:** pode ser traseiro (processo mais vulgar e que apresenta como vantagens a possibilidade de obter uma altura de vazamento de contentores mais baixa e utilizar o mesmo sistema para efetuar descarga de resíduos), lateral (muitas vezes utilizado para recolhas em simultâneo, por exemplo, normal + uma seletiva) e frontal (utilizado para recolha de contentores de grande capacidade).
- d) **Sistema de transferência dos resíduos da tremonha de receção para o interior da caixa:** pode ser manual (sistema em desuso para a recolha de RU) ou mecânico (inclui caixas que são completamente fechadas). Dentro do sistema mecânico, existem ainda duas tipologias, o sistema mecânico descontínuo (sistema onde os resíduos são transferidos e também compactados por comando do cantoneiro, sempre que a tremonha de carga esteja cheia, e onde a alimentação da tremonha é suspensa durante a operação) e o sistema de transferência mecânica contínua (efetuada, sem intervenção dos cantoneiros, pelo movimento de “vai-e-vem” permanente de uma placa). Existem também sistemas que possuem ambas as tipologias mecânicas.

2.4. Avaliação de Desempenho de Circuitos de Recolha e Transporte de Resíduos Urbanos

Os indicadores de desenvolvimento sustentável são, presentemente, não apenas necessários, mas indispensáveis para fundamentar as tomadas de decisão aos mais diversos níveis e nas mais diversas áreas. Desta forma, surgem por todo o mundo iniciativas e projetos com vista à definição de indicadores de desenvolvimento sustentável para um variado leque de finalidades de gestão, ao nível do desenvolvimento local, regional e nacional. Praticamente todos os Estados-Membros da UE já publicaram documentos sobre indicadores, ambientais ou de desenvolvimento sustentável. A Agência Europeia do Ambiente (AEA) tem sido pioneira nestas matérias, desenvolvendo um conjunto de trabalhos e estimulando a sistematização e comparabilidade da informação nos diversos países abrangidos pela sua ação, procurando ainda criar sinergias com outros organismos como a Eurostat e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) (DGA, 2000).

Relativamente ao sector de gestão de resíduos, a crescente diversidade na prestação dos serviços de gestão de resíduos em paralelo com a necessidade de um maior acompanhamento e reconhecimento da sua qualidade, requerem a utilização de sistemas de avaliação de desempenho que sejam consistentes, transparentes e auditáveis.

A avaliação de desempenho de sistemas de gestão de resíduos é uma prática importante na avaliação da qualidade dos serviços e na sua melhoria, bem como no apoio à decisão. O aparecimento e evolução de modelos de avaliação de desempenho, nomeadamente dos baseados em indicadores, contribuíram significativamente para a melhoria e avaliação do estado do sector. Estes servem para expressar o nível da qualidade do serviço prestado aos utilizadores efetivamente atingidos, tornando direta e transparente a comparação entre objetivos de gestão e resultados obtidos, simplificando uma situação que de outro modo seria complexa (ERSAR, 2012).

A nível nacional e internacional podemos identificar vários beneficiários da existência destes indicadores entre os quais Municípios, Associações de Municípios, Sistemas de Gestão de Resíduos, ERSAR, APA e MAMAOT.

2.4.1. Conceito de Indicador de Desempenho (ID's)

Alegre e Batista (1999) definem ID's como um meio diagnóstico e de correção de deficiência, de definição de prioridades de atuação, de aferição de resultados de medidas postas em prática e de demonstração de resultados obtidos a entidades externas com que as entidades gestoras interagem, utilizadoras de serviços, administração, entidades reguladoras e financeiras.

Cada indicador deve ter os seguintes requisitos (ERSAR e LNEC, 2009):

- Definição rigorosa, com atribuição de significado conciso e interpretação inequívoca;
- Possibilidade de cálculo pela globalidade das EG sem esforço adicional significativo;
- Possibilidade de verificação no âmbito de auditorias externas;
- Simplicidade e facilidade de interpretação;
- Medição quantitativa, objetiva e imparcial sob um aspeto específico do desempenho da EG, de modo a evitar julgamentos subjetivos ou distorcidos.

2.4.2. Sistemas de Indicadores de Desempenho

Um indicador de desempenho analisado individualmente tem pouco interesse prático, podendo até conduzir a conclusões erradas, por isso, é necessário que a avaliação de desempenho se faça atendendo simultaneamente vários pontos relevantes de estudo, com apoio a um sistema de indicadores.

Segundo ERSAR e LNEC (2008), coletivamente, os ID's foram definidos de forma a garantir os seguintes requisitos:

- Adequação à representação dos principais aspetos relevantes do desempenho da EG, permitindo uma representação global;
- Ausência de sobreposição em significado ou em objetivos entre ID;
- Referência ao mesmo período de tempo;
- Referência à mesma zona geográfica, que deve estar bem delimitada e coincidir com a área de intervenção da entidade gestora relativamente ao serviço em análise;
- Aplicabilidade a EG's com características e graus de desenvolvimento diversos.

A avaliação de desempenho segundo sistemas de indicadores é um processo complexo que envolve na sua gênese informação de base (dados originais), variáveis de cálculo (dados analisados), indicadores e índices. Na Figura 11 apresenta-se a estrutura de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável, em função do nível de agregação e da quantidade de informação.



Figura 11 - Estrutura de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável (DGA, 2000)

Desta forma, o cálculo de indicadores passa primeiro por encontrar informação de base que alimente o modelo. Estas informações de base possuem uma grande quantidade de informações que advêm dos dados originais sobre o serviço/entidades e que devem ser recolhidas e organizadas em quantidade e qualidade de uma forma contínua.

Posteriormente, num nível hierárquico superior, encontram-se as variáveis de cálculo, muito relevantes para a avaliação do desempenho do sistema e que são grandezas que podem ser medidas com precisão ou avaliadas qualitativamente/quantitativamente. Estas podem resultar do tratamento de dados originais, por via de médias, medianas, percentis, entre outros.

Por sua vez, os indicadores são o passo seguinte, estes resultam de operações matemáticas entre variáveis de cálculo e refletem as condições do sistema. Por fim, têm-se os índices que correspondem a um nível superior de agregação, onde após aplicado um método de agregação e ponderação de indicadores e/ou sub-índices é obtido um valor final. Os métodos de agregação podem ser aritméticos (linear, geométrico, mínimo, máximo, aditivo) ou então heurísticos (que obedece a regras de decisão) (Monteiro, 2013).

Os indicadores e índices podem servir um conjunto alargado de aplicações consoante os objetivos em causa. Dessas podem destacar-se as seguintes (DGA, 2000):

- Atribuição de recursos - suporte de decisões, ajudando os decisores ou gestores na atribuição de fundos, alocação de recursos naturais e determinação de prioridades;
- Classificação de locais - comparação de condições em diferentes locais ou áreas geográficas;
- Cumprimento de normas legais - aplicação a áreas específicas para clarificar e sintetizar a informação sobre o nível de cumprimento das normas ou critérios legais;
- Análise de tendências - aplicação a séries de dados para detetar tendências no tempo e no espaço; informação ao público - informação ao público sobre os processos de desenvolvimento sustentável;
- Investigação científica - aplicações em desenvolvimentos científicos servindo nomeadamente de alerta para a necessidade de investigação científica mais aprofundada.

2.4.3. Aplicação Prática de ID's no Sector de Resíduos

Qualquer que seja a dimensão ou o grau de desenvolvimento de uma região e a capacidade tecnológica de uma EG, verifica-se sempre que os sistemas de gestão de RU, são infraestruturas que têm uma entidade responsável pela sua gestão. Todas estas EG têm um objetivo comum: fornecer um serviço com qualidade satisfatória aos seus consumidores. Para isso, as entidades gestoras têm de recorrer e gerir da melhor forma os recursos humanos, ambientais, tecnológicos e financeiros. Neste contexto o que vai variando de EG para EG, são os recursos disponíveis, a eficiência como são utilizados e o objetivo de qualidade que internamente é implementado (Vitorino, 2008).

Atualmente as entidades gestoras de RU enfrentam desafios que se encontram além da caracterização dos resíduos recolhidos. É possível falar não apenas a nível de legislação mas também a nível de avaliação de desempenho e eficiência do sistema. Através da definição de indicadores de desempenho podemos verificar a adaptação dos procedimentos de gestão, e o cumprimento ou não das metas. Os indicadores de desempenho servem para avaliar o desempenho dos serviços e atividades desenvolvidas, assim como metas estratégicas de forma a apoiar os decisores com a análise de informações atualizadas (Dias, 2009).

Em Portugal, a regulação dos serviços de águas e resíduos tem vindo gradualmente a consolidar-se e tem como grandes objetivos não apenas a proteção dos interesses dos

utilizadores, através da promoção da qualidade de serviço prestado pelos operadores e da garantia do equilíbrio dos tarifários praticados, mas também a salvaguarda da viabilidade económica dos operadores regulados, a consolidação das empresas inerentes do sector não regulado e ainda a proteção dos aspetos ambientais (Vitorino, 2008).

Um bom exemplo da evolução da regulação dos serviços de águas e resíduos, é o “Guia de Avaliação de Qualidade dos Serviços de Água e Resíduos Prestados aos Utilizadores”, desenvolvido em 2009 pela ERSAR e pelo LNEC. A Tabela 5 apresenta o sistema de indicadores de desempenho para a gestão de RU. Este sistema é um importante instrumento de apoio à gestão no sentido de uma crescente eficácia e eficiência destes serviços, em benefício do consumidor, facilitando a auto avaliação da qualidade de serviço pelas entidades gestoras.

Sistemas de indicadores como o apresentado na Tabela 5 permitem a comparação do desempenho entre dois ou mais sistemas (*benchmarking*). Este processo tem como objetivo principal implementar mudanças que conduzam a melhorias significativas nos produtos e processos da organização e, conseqüentemente, nos seus resultados.

Tabela 5 - Sistema de indicadores de desempenho para gestão de RU (Adaptado de ERSAR e LNEC, 2009)

Sistema de Indicadores de Desempenho para a Gestão de RU	Alta	Baixa
Defesa dos Interesses dos Consumidores		
Acessibilidade de serviço aos utilizadores:		
RS 01 - Cobertura do serviço (%)	S	S
RS 02 - Cobertura da recolha seletiva (%)	S	S
RS 03 - Preço médio do serviço (€. t^{-1})	S	S
Qualidade do serviço prestado aos utilizadores:		
RS 04 - Resposta a reclamações escritas (%)	S	S
Sustentabilidade da Entidade Gestora		
Sustentabilidade económica-financeira da entidade gestora:		
RS 05 - Rácio de cobertura dos custos operacionais (-)	S	S
RS 06 - Custos operacionais unitários (€. t^{-1})	S	S
RS 07 - Rácio de solvabilidade (-)	S	S
Sustentabilidade infraestrutural da entidade gestora:		
RS 08 - Reciclagem (%)	S	S
RS 09 - Valorização orgânica (%)	S	N
RS 10 - Incineração (%)	S	N
RS 11 - Deposição em aterro (%)	S	N
RS 12 - Utilização da capacidade de encaixe anual de aterro (%)	S	N
Sustentabilidade operacional da entidade gestora:		
RS 13 - Avarias em equipamento pesado ($n^{\circ} \cdot 10^3 t^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)	S	S
RS 14 - Caracterização dos resíduos (-)	S	N
Sustentabilidade em recursos humanos da entidade gestora:		
RS 15 - Recursos humanos ($n^{\circ} \cdot 10^3 t^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)	S	S
Sustentabilidade Ambiental		
RS 16 - Análises realizadas aos lixiviados (%)	S	N
RS 17 - Qualidade dos lixiviados após tratamento (%)	S	N
RS 18 - Utilização de recursos energéticos ($kWh \cdot t^{-1}$ ou $l \cdot t^{-1}$)	S	S
RS 19 - Qualidade das águas subterrâneas (%)	S	N
RS 20 - Qualidade das emissões para o ar (%)	S	N

2.4.4. Trabalhos Desenvolvidos por Outros Autores

São poucos os trabalhos existentes relacionados com o estudo de indicadores de desempenho na análise de circuitos de recolha e transporte de RU, no entanto neste subcapítulo irá proceder-se à enumeração de alguns trabalhos realizados nesta temática, qual o sistema de indicadores selecionado e quais as tipologias de indicadores presentes em cada um dos sistemas.

Desta forma, Santos *et al.* (1994) procederam ao desenvolvimento de um sistema de indicadores para avaliar a produtividade e os custos do sistema de recolha de RU de Lisboa, apresentado na Tabela 6. Os indicadores de custo considerados neste trabalho são abrangentes para todo o sistema de recolha e extremamente detalhados. Ao considerarem, por exemplo, os custos para o sistema dos recursos humanos, os autores analisaram, para cada função, os componentes salário base, horas extraordinárias, subsídio de insalubridade, serviço noturno, outros e encargos sociais. Nos custos da frota, englobaram as componentes combustíveis, seguros, lavagem, manutenção/materiais, manutenção/mão-de-obra, pneus, acidentes e amortização das viaturas, para duas classes distintas de viaturas e para o conjunto das duas. Para além disso, construíram-se indicadores sobre o custo de vários componentes do circuito por serviço prestado ou por km percorrido para o caso dos componentes da frota. O detalhe da análise chegou a incluir o custo de cada peça de fardamento dos cantoneiros e motoristas.

Tabela 6 - Indicadores de produtividade utilizados para a análise dos circuitos de recolha de resíduos urbanos no município de Lisboa (Adaptado de Santos *et al.*, 1994)

Indicadores	Unidade
Capacidade instalada	t
Indicador de adequação da capacidade instalada	%
Capitação de RSU	kg.hab ⁻¹ .dia ⁻¹
Quantidade de RSU removidos por km efetivo	kg.km ⁻¹
Quantidade de RSU removidos por hora de trabalho	t.h ⁻¹
Horário efetivo de trabalho/horário normal	-
Tempo de espera por km percorrido	min.km ⁻¹
Tempo de espera por hora de trabalho	min.h ⁻¹
Coefficiente de concentração do circuito	%
Velocidade média de trajeto	km.h ⁻¹
Indicador de avarias/mês	%

Outro estudo realizado por Silva (2005) procedeu a um levantamento em várias fontes de numerosos indicadores do subsector de resíduos e de outros sectores que se podem relacionar com os indicadores de resíduos. Destes indicadores, seleccionaram-se aqueles que melhor descrevem um sistema de gestão de RU. A Tabela 7 apresenta o conjunto de indicadores selecionado por este autor.

Tabela 7 - Indicadores de resíduos (Adaptado de Silva, 2005)

Indicador	Entidade
Produção total de resíduos e por sectores	OCDE, EUROSTAT, DGA
Produção de resíduos municipais	ONU/Divisão Desenv. Sustentável
Composição dos resíduos municipais	OCDE
Produção total de resíduos	EEA
Produção de resíduos nas atividades domésticas, serviços e comércio	EEA
Porcentagem de resíduos por tipo de tratamento	DGA
Porcentagem de resíduos para destino final	DGA
Quantidade de resíduos domésticos depositados	ONU/Divisão Desenv. Sustentável
Quantidade de resíduos municipais depositados e incinerados	OCDE, EUROSTAT
Quantidade de resíduos perigosos depositados e incinerados	OCDE, EUROSTAT
Quantidade de resíduos municipais depositados e incinerados	ONU/Divisão Desenv. Sustentável
Resíduos biodegradáveis depositados em aterro	EEA
Produção de resíduos de embalagem	EEA
Taxa de reciclagem de embalagens	EEA
Taxa de reciclagem e valorização de resíduos	OCDE
Taxa de reciclagem de resíduos por classe	EUROSTAT
Resíduos reciclados e reutilizados (%)	ONU/Divisão Desenv. Sustentável
Valorização e reutilização por classe de resíduos	DGA
Nº de unidades de tratamento e de deposição	OCDE, EUROSTAT
Produção de energia a partir dos resíduos	DGA
Taxa de deposição em aterro	OCDE
Custos na recolha e tratamento de resíduos	ONU/Divisão Desenv. Sustentável
Investimento e despesas na gestão de resíduos	DGA
Rendimento Privado	OCDE
Dimensão do agregado familiar	OCDE, EEA
Número de casas	EEA

Moreira (2008) procedeu ao desenvolvimento de um sistema de indicadores (operacionais e de produtividade) que permitisse caracterizar circuitos de recolha indiferenciada, avaliar a sua produtividade e comparar desempenhos entre circuitos de recolha de RU indiferenciados com diferentes características, nos concelhos de Loures e Sintra (Tabela 8).

Tabela 8 - Indicadores operacionais de circuitos de recolha de resíduos indiferenciados (Adaptado de Moreira, 2008)

Indicadores	Unidades
Capacidade instalada	m ³
Quantidade média de RSU recolhidos por dia de recolha	t.circuito ⁻¹
No médio de fretes realizado por circuito	n°.circuito ⁻¹
Consumo médio de combustível por circuito	l.100 km ⁻¹
Tempo total do circuito	h
Distância total do circuito	km
Tempo efetivo de recolha	h
Distância efetiva de recolha	km
Tempo médio de recolha por ponto de recolha	mm:ss/ ponto de recolha
Tempo de transporte	h
Distância de transporte	km
Tempo no local de deposição	h
Distância no local de deposição (km)	km
Tempo da garagem e para a garagem (h)	h
Distância da garagem e para a garagem (km)	km
Quantidade de resíduos removidos por km efetivo	kg.km ⁻¹
Quantidades de resíduos removidos por ponto de recolha	kg.ponto ⁻¹
Quantidade de resíduos removidos por hora de trabalho	kg.h ⁻¹
Coeficiente de concentração do circuito	%
Velocidade média de trajeto	km.h ⁻¹
No de pontos de recolha / circuito	
No voltas / circuito	-
Consumo de combustível por km percorrido	l.km ⁻¹
Horário efetivo de trabalho / horário normal	%

Santos (2011), planeou e realizou monitorizações a diversos circuitos de recolha indiferenciada e seletiva (papel/cartão, embalagens e vidro) do concelho de Lisboa, em zonas abrangidas por sistemas de recolha seletiva porta a porta (alto e médio porte, moradias e bairros históricos), ecoilhas e ecopontos. Com base nos dados recolhidos destas monitorizações determinou um conjunto indicadores operacionais que permitiram analisar e comparar o desempenho dos diferentes sistemas de recolha indiferenciada e seletiva. A Tabela 9 expõe o conjunto de indicadores operacionais calculados para os circuitos monitorizados.

Tabela 9 - Indicadores Operacionais (Adaptado de Santos, 2011)

Indicadores por tonelada recolhida		Unidades
Distância total percorrida / quantidade recolhida		km.t ⁻¹
Distância efetiva percorrida / quantidade recolhida		km.t ⁻¹
Tempo total do circuito / tonelada recolhida		h.t ⁻¹
Tempo efetivo do circuito / tonelada recolhida		h.t ⁻¹
Consumo de combustível / tonelada recolhida		l.t ⁻¹
Consumo de combustível / tonelada recolhida		m ³ .t ⁻¹
Nº de pontos de recolha / tonelada recolhida		nº.t ⁻¹
Nº de contentores recolhidos / tonelada recolhida		nº.t ⁻¹
Indicadores por km percorrido		
Quantidade resíduos recolhidos / km total do circuito		t.km ⁻¹
Quantidade resíduos recolhidos / km efetivo do circuito		t.km ⁻¹
Consumo de combustível / km percorrido		l.km ⁻¹
Consumo de combustível / km percorrido		m ³ .km ⁻¹
Coefficiente de concentração do circuito (%)		%
Indicadores por hora do circuito		
Quantidade de resíduos recolhidos / tempo total do circuito		t.h ⁻¹
Quantidade de resíduos recolhidos / tempo efetivo do circuito		t.h ⁻¹
Velocidade de deslocação da garagem ao 1º ponto		km.h ⁻¹
Velocidade na recolha efetiva		km.h ⁻¹
Velocidade no transporte		km.h ⁻¹
Velocidade de deslocação para a garagem		km.h ⁻¹
Velocidade por tempo total do circuito		km.h ⁻¹
Tempo efetivo de trabalho / tempo total do circuito		%
Tempo total do circuito / tempo normal de trabalho		%
Indicadores por ponto de recolha e por contentor		
Quantidade recolhida / ponto de recolha		kg.ponto ⁻¹
Quantidade recolhida / contentor		kg.cont. ⁻¹
Quantidade recolhida / por saco		kg.saco ⁻¹
Peso específico dos resíduos em contentor		
Peso específico dos resíduos em contentor (kg/m ³) (a)		kg.m ⁻³
Peso específico dos resíduos em contentor (kg/m ³) (b)		kg.m ⁻³

(a) valor estimado ; (b) tendo em conta o observado (quando aplicável)

Monteiro (2013), selecionou um conjunto de indicadores apresentados na Tabela 10, que aplicou posteriormente na análise da gestão da recolha seletiva do município de Aveiro. Este conjunto de indicadores selecionado teve por base os indicadores propostos pela ERSAR e ainda alguns outros indicadores considerados importantes para a gestão de resíduos.

Tabela 10 - Indicadores de gestão de resíduos de recolha seletiva (Adaptado de Moreira, 2013)

Indicadores	Referência	Unidades
Indicadores de Desempenho Operacional		
Capitação de recolha seletiva	(ERSAR, 2012)	kg.hab ⁻¹ .dia ⁻¹
Capacidade instalada por habitante	(Teixeira, 2010)	m ³ .hab ⁻¹
Densidade de habitantes por contentor	(Matos, 2009)	hab.cont ⁻¹
Densidade de contentores por unidade de área	(Teixeira, 2010)	cont.km ⁻²
Fração volumétrica de utilização dos contentores	(Matos, 2009)	m ³ .m ⁻³ .dia ⁻¹
Distância efetiva de recolha de RU	(Matos, 2009; Teixeira, 2010)	km.ton ⁻¹
Distância de transporte na recolha seletiva de RU	(Matos, 2009; Teixeira, 2010)	km.ton ⁻¹
Distância total de recolha seletiva de RU	(Teixeira, 2010)	km.circ ⁻¹
Número de contentores recolhidos por distância efetiva de recolha	(Teixeira, 2010)	cont.km ⁻¹
Tempo efetivo de recolha de RU	(Matos, 2009; Teixeira, 2010)	h.ton ⁻¹
Tempo de transporte de RU	(Teixeira, 2010)	h.ton ⁻¹
Tempo de carga de contentores	(Teixeira, 2010)	min.cont ⁻¹
Tempo total despendido na recolha seletiva de RU	(Teixeira, 2010)	h.circ ⁻¹
Velocidade produtiva de recolha de contentores	(Teixeira, 2010)	km.h ⁻¹
Consumo específico de combustível no transporte	(Matos, 2009; Teixeira, 2010)	l.t ⁻¹
Defesa dos interesses do consumidor		
Cobertura do serviço de recolha seletiva	(ERSAR, 2012)	%
Custo médio do serviço de recolha	(ERSAR, 2012)	€.t ⁻¹
Acessibilidade física ao serviço de recolha seletiva	(ERSAR, 2012)	%
Indicadores de Desempenho Global do Serviço		
Taxa de crescimento anual da recolha seletiva	(ERSUC, 2011a)	%
Adequação dos Recursos Humanos	(ERSAR, 2012)	Trab.1000t ⁻¹

3. Metodologia

3.1. Enquadramento

A recolha e transporte de resíduos integra um conjunto de variáveis operacionais como o tempo e distância percorrida que dificultam quer o processo de dimensionamento dos circuitos, quer a monitorização do respetivo desempenho. Além da complexidade operacional, este serviço exige elevados custos de operação e gera um conjunto de impactes ambientais principalmente associados às emissões de GEE.

A análise do desempenho da recolha e transporte de resíduos considera custos como a amortização e manutenção da frota automóvel, combustível, aquisição e manutenção dos contentores, recursos humanos e custos de contexto como a energia, instalações e higiene e segurança no trabalho. Outra componente relevante da análise é o desempenho ambiental, por exemplo, através da medição das emissões de CO₂.

Neste contexto têm-se desenvolvido vários esforços tendentes a assegurar melhores desempenhos operacionais e a excelência na qualidade do serviço prestado. As áreas de maior destaque são a utilização dos SIG e o desenvolvimento de modelos de gestão integrada de resíduos.

Existe no entanto uma complexidade de gestão destas ferramentas que tem limitado a sua expansão e consolidação nos sistemas de gestão de resíduos. As principais limitações estão relacionadas com a excessiva dimensão de dados de base necessários à alimentação dos modelos, a limitação na difusão de resultados, as restrições de intercomunicabilidade entre diferentes modelos, a não uniformização da linguagem utilizada na definição de variáveis e indicadores, o desfasamento temporal entre a recolha de dados e a publicação e análise de resultados, a gestão simultânea de diferentes sistemas em diferentes áreas geográficas e a identificação de indicadores chave capazes de suportar a avaliação da qualidade do serviço prestado.

No âmbito desta dissertação foi desenvolvido um modelo de avaliação de desempenho de circuitos de recolha e transporte de RU com base num sistema de indicadores, posteriormente transformado numa aplicação informática online que visa a uniformização do cálculo dos indicadores, com o mínimo de dados de base operacionais, tornando rápido, ágil e eficiente o cálculo dos mesmos. A disponibilidade online da aplicação permite um fácil acesso e

utilização à mesma em qualquer região, permitindo controlar desempenhos de sistemas de diversas regiões.

3.2. Modelo de Avaliação Proposto

Numa primeira fase deste trabalho foi selecionado um sistema de indicadores chave constituído por 14 indicadores divididos em três tipologias, 12 indicadores de desempenho operacional, 1 económico e 1 ambiental, como representa a Tabela 11.

Tabela 11 - Sistema de indicadores selecionado

Tipo de Indicador	Sigla	Nome do indicador	Unidades
Operacional	ITE	Tempo efetivo de recolha	h.t^{-1}
	ITT	Tempo total de recolha	h.t^{-1}
	ITD	Tempo de transporte e descarga	h.t^{-1}
	IDE	Distância efetiva de recolha	km.t^{-1}
	IDT	Distância total de recolha	km.t^{-1}
	IDD	Distância de transporte e descarga	km.t^{-1}
	ICC	Consumo de combustível	l.t^{-1}
	IVR	Velocidade efetiva de recolha	km.h^{-1}
	IVNP	Velocidade não produtiva	km.h^{-1}
	IPR	Produtividade da equipa de recolha	$\text{t.colaborador}^{-1}.\text{h}^{-1}$
	IFC	Fator de utilização dos contentores	%
	IFV	Fator de utilização das viaturas	%
Económico	ICR	Custo unitário da operação de recolha (por circuito)	$\text{€}.\text{t}^{-1}$
Ambiental	ICO₂	Emissões de CO ₂	$\text{kg CO}_2.\text{t}^{-1}$

Posteriormente foi desenvolvido um modelo de avaliação do desempenho e da qualidade do serviço de recolha e transporte de RU, com base no sistema de indicadores selecionado. O modelo desenvolvido contou com a participação dos parceiros do projeto “Guia de Resíduos Urbanos”, Câmara Municipal de Lisboa, ValorSul, Faculdade de Ciências e Tecnologias – Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) e Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa (ISCTE).

O modelo criado pode dividir-se em 3 componentes:

- i. Informações de base: conjunto de informações que alimentam o modelo;
- ii. Variáveis de cálculo: que podem ser uma informação de base ou uma operação matemática entre informações de contexto inseridas;
- iii. Indicadores de desempenho: que resultam de operações matemáticas entre variáveis de cálculo.

A dinâmica e interligação entre as frações referidas é representada pela Figura 12.

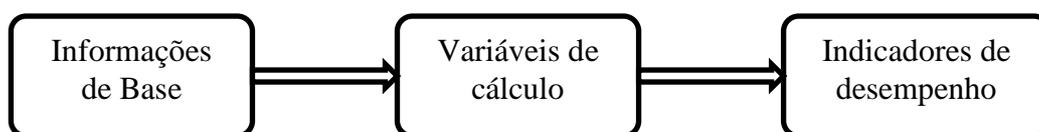


Figura 12 - Dinâmica geral do modelo proposto

3.2.1. Informações de Base

As informações de base, informações que alimentam o modelo, podem ser divididas em 4 tipos:

1. Dados de caracterização geral dos circuitos;
2. Dados de caracterização da área de intervenção;
3. Dados de caracterização económica dos circuitos;
4. Dados de caracterização operacional das recolhas.

Nas três primeiras tipologias de informação de base, a recolha de dados tem uma base temporal alargada, ou seja, existe uma pequena variação temporal dos dados a recolher. No que diz respeito à última tipologia de dados (de caracterização operacional das recolhas), a recolha de dados varia de acordo com a frequência de recolha do circuito, obrigando a uma recolha de dados contínua.

Dados de Caracterização Geral dos Circuitos

Os dados de caracterização geral dos circuitos (Tabela 12), são informações de âmbito não operacional que servem apenas para caracterizar os circuitos. Informações como a identificação do circuito, a entidade de recolha, a hora de saída da viatura de recolha, o número de colaboradores, a capacidade da viatura, bem como o peso específico, são informações de *input* que caracterizam os circuitos.

Tabela 12 - Dados de caracterização geral dos circuitos

Caracterização geral dos circuitos	Descrição / Subtipos
Identificação do circuito	Nº de identificação e designação do circuito.
Entidade de recolha	Entidade responsável pela recolha.
Hora de saída	Hora de saída do veículo da garagem.
Número de colaboradores	Motorista e cantoneiros.
Tipo de resíduo	-
Tipo de viatura	-
Capacidade da viatura (m ³)	Capacidade (volúmica) da caixa de recolha de resíduos da viatura com compactação.
Massa específica ou peso específico (kg.m ⁻³)	Razão entre a massa/peso do resíduo e a sua volumetria.
Dias de recolha	Dia da semana ou recolha extra.
Tipo de contentores	-

Dados de Caraterização da Área de Intervenção dos Circuitos

Os dados de caraterização da área de intervenção (Tabela 13) podem ser divididos em dois tipos de informação: a informação de âmbito geográfico (tipo de zona, o número de alojamentos, comércios e outras infraestruturas servidas) e a informação relativa aos pontos de recolha de resíduos (número de contentores, volumetria dos contentores e o número de pontos de recolha).

Relativamente ao número de pontos de recolha (PR), dependendo do tipo de zona e de contentores instalados, este pode ser diferente do número de contentores. Se analisarmos um circuito típico de uma de zona de recolha porta a porta, por exemplo, com contentores de pequena capacidade, independentemente do tipo de resíduo, neste circuito o número de contentores será sempre maior que o número de pontos de recolha, ou seja, geralmente a cada ponto de recolha existe mais do que um contentor a recolher. No caso de circuitos com contentores de elevada capacidade, por exemplo contentores semi-enterrados e *cycleas* (típicos das recolhas coletivas de resíduos recicláveis) o mais comum é que o número de pontos de recolha e o número de contentores recolhidos por circuito seja coincidente.

Tabela 13 - Dados de caracterização da área de intervenção dos circuitos

Caraterização da área de intervenção	Descrição / Subtipo
Tipo de zona	Porta a porta (edifícios de médio e alto porte; moradias; bairros históricos); Ecoilhas; Ecopontos; Vidrões.
Nº de alojamentos servidos (*)	Nº de alojamentos servidos pelo serviço de recolha.
Nº de comércios servidos (*)	Nº de comércios servidos pelo serviço de recolha.
Nº de outros servidos (*)	Nº de outras infraestruturas servidas pelo serviço de recolha.
Número de contentores	Nº de equipamentos de deposição recolhidos.
Volume unitário dos contentores (l.contentor ⁻¹)	Capacidade (volúmica) do contentor.
Número de pontos de recolha	Nº de paragens para recolha de contentores.

(*) Informação meramente caracterizadora, não é usada no cálculo de indicadores.

Dados de Caraterização Económica dos Circuitos

Os dados de caraterização económica dos circuitos (Tabela 14) são fundamentais para estabelecer um custo total do serviço de recolha e transporte de RU, daí a importância dos custos com colaboradores, combustível, contentores, instalações e viaturas.

Tabela 14 - Dados de caracterização económica dos circuitos

Caraterização económica dos circuitos
Custos com colaboradores (€.colaborador ⁻¹)
Custos com combustível (€.l ⁻¹)
Custos com contentores (€.contentor ⁻¹)
Custos de manutenção das instalações (€.recolha ⁻¹)
Custos de manutenção das viaturas (€.viatura ⁻¹)
Outros custos (€.recolha ⁻¹)

Dados de Caraterização Operacional das Recolhas

Dos dados de caraterização operacional das recolhas (Tabela 15) fazem parte o tipo de combustível usado, o consumo de combustível (l), a quantidade total de resíduos recolhidos

(t) e os tempos e distâncias de recolha (h e km). Estas informações operacionais são obtidas através de uma ficha de registo desenvolvida exclusivamente para a recolha dos dados necessários para alimentar o modelo (Anexo I).

Tabela 15 - Dados de caracterização operacional das recolhas

Caraterização operacional das recolhas	Descrição / Subtipos
Tipo de combustível	-
Consumo de combustível (l)	-
Quantidade de resíduos recolhida (t)	-
Tempos e distâncias de recolha (h e km)	Tempos despendidos e distâncias percorridas entre pontos de recolha.

A nível operacional, a operação de recolha e transporte de RU é organizada em circuitos de recolha. Um circuito de recolha de resíduos define-se como um trajeto que obedece a um planeamento prévio em termos de sequência de pontos de recolha (ou ruas a percorrer), dias e horário. Em função dos quantitativos a recolher um circuito pode completar-se apenas com uma descarga de resíduos (por vezes também designado pelos conceitos de frete ou volta), quando as quantidades a recolher ocupam um volume idêntico ou inferior à capacidade do veículo, ou completar-se em mais de uma descarga, quando os resíduos produzidos nesse circuito possuem um volume superior à capacidade do veículo.

Os tempos e distância de recolha, informações de base que alimentam o modelo, variam com o número de descargas que determinada recolha possua. Para o caso de uma recolha com apenas uma descarga, o conjunto de dados de entrada que o modelo necessita é apresentado pela Tabela 16.

Tabela 16 - Tempos e distâncias de recolha (1 descarga)

Informação de entrada	Unidade de tempo	Unidade de distância
Saída da Garagem	h	km
1º Descarga		
Chegada primeiro ponto de recolha	h	km
Saída último ponto de recolha	h	km
Entrada no local de descarga	h	km
Saída local de descarga	h	km
Entrada na Garagem	h	km

Caso seja necessária mais que uma descarga de resíduos, o leque de tempos e distâncias de recolha que o modelo requer é mais alargado. A tabela 17 apresenta um exemplo para o caso de uma recolha com 2 descargas.

Tabela 17 - Tempos e distâncias de recolha (2 descargas)

Informação de entrada	Unidade de tempo	Unidade de distância
Saída da Garagem	h	km
1º Descarga		
Chegada primeiro ponto de recolha	h	km
Saída último ponto de recolha	h	km
Entrada no local de descarga	h	km
Saída local de descarga	h	km
2º Descarga		
Chegada primeiro ponto de recolha	h	km
Saída último ponto de recolha	h	km
Entrada no local de descarga	h	km
Saída local de descarga	h	km
Entrada na Garagem	h	km

3.2.2. Variáveis de Cálculo

O modelo elaborado possui 22 variáveis de cálculo apresentadas na Tabela 18. Uma variável de cálculo pode ser uma informação de contexto ou uma operação matemática entre informações de contexto inseridas no modelo.

Tabela 18 - Variáveis de cálculo do modelo proposto

Sigla	Variável	Unidade
TE	Tempo efetivo de recolha	h.circuito^{-1}
Ttransp.	Tempo de transporte	h.circuito^{-1}
TLd	Tempo no local de descarga	h.circuito^{-1}
TT	Tempo total de recolha	h.circuito^{-1}
DE	Distância efetiva de recolha	km.circuito^{-1}
Dtransp.	Distância de transporte	km.circuito^{-1}
DLd	Distância no local de descarga	km.circuito^{-1}
DT	Distância total de recolha	km.circuito^{-1}
NC	Contentores recolhidos	$\text{cont.circuito}^{-1}$
CC	Consumo de combustível	l.circuito^{-1}
QR	Carga de resíduos	t.circuito^{-1}
NCol	Número de colaboradores	$\text{colaboradores.circuito}^{-1}$
ND	Número de descargas	$\text{descarga(s).circuito}^{-1}$
ME	Massa específica	kg.m^{-3}
VT	Volumetria total instalada	m^3
CR	Capacidade de recolha das viaturas	$\text{m}^3.\text{viatura}^{-1}$
CUC	Custo unitário por colaborador	$\text{€}.\text{colaborador}^{-1}$
CUV	Custo unitário por viatura de serviço	$\text{€}.\text{recolha}^{-1}$
CC	Custo unitário do combustível	$\text{€}.\text{l}^{-1}$
CUM	Custo unitário de manutenção contentores	$\text{€}.\text{contentor}^{-1}.\text{recolha}^{-1}$
CUI	Custo com instalações	$\text{€}.\text{recolha}^{-1}$
OC	Outros custos (por exemplo, fardamento)	$\text{€}.\text{recolha}^{-1}$

➤ Tempo e Distância Efetiva de Recolha

O *Tempo Efetivo de Recolha* (TE) corresponde ao tempo (em horas) que a viatura e colaboradores despendem a recolher resíduos numa determinada recolha. A fórmula de cálculo desta variável é dada pela Equação 1:

$$TE (h) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{T_i} TE_{ij}}{D} \right) \quad [\text{Eq.1}]$$

onde:

i – dia (varia de 1 a D), onde D representa o número máximo de recolhas.

j – descarga (varia de 1 a T_i), onde T_i representa o número máximo de descargas de determinada recolha.

TE_{ij} – Tempo entre o 1º e o último ponto de recolha + o tempo de esvaziamento dos contentores, antes de uma descarga j, no dia i.

A *Distância Efetiva de Recolha* (DE) corresponde à distância total percorrida pela viatura (em km's) numa determinada recolha de resíduos. A Equação 2 representa a fórmula de cálculo desta variável:

$$DE (km) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{T_i} DE_{ij}}{D} \right) \quad [\text{Eq.2}]$$

onde:

DE_{ij} – Distância entre o 1º e o último ponto de recolha antes de uma descarga j, no dia i.

A Figura 13 apresenta a dinâmica destas variáveis no dia i genérico:

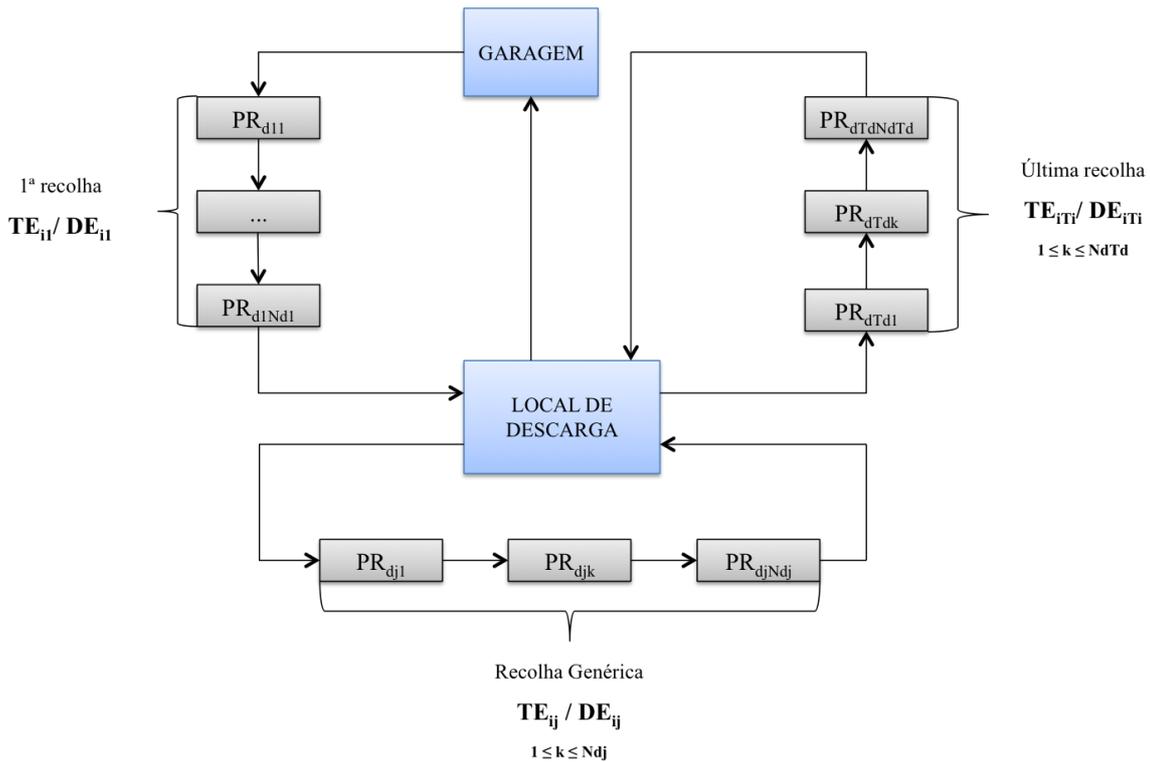


Figura 13 - Dinâmica das variáveis de cálculo TE e DE

onde:

PR- Ponto de Recolha;

k – contentor.

➤ Tempo e Distância de Transporte

O *Tempo de Transporte* (T_{transp}) representa o tempo despendido (em horas) pela viatura e colaboradores do último ponto de recolha ao local de descarga, e no caso de haver mais do que uma descarga de resíduos, do local de descarga ao 1º ponto de recolha da descarga seguinte. A formula de cálculo desta variável é dada pela Equação 3:

$$T_{transp}(h) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \left(\sum_{j=1}^{T_i-1} TT_{ij} \right) + TT_{iT_i}}{D} \right) \quad [\text{Eq.3}]$$

onde:

TT_{ij} – Tempo entre o último ponto de recolha da descarga j e a entrada no local de descarga + o tempo entre o local de descarga e o 1º ponto de recolha da descarga j + 1, no dia i.

A *Distância de Transporte* (D_{transp}) representa a distância percorrida pela viatura (em km's) do último ponto de recolha ao local de descarga, e no caso de haver mais do que uma

descarga de resíduos, do local de descarga ao 1º ponto de recolha da descarga seguinte. A Equação 4 representa a fórmula de cálculo desta variável:

$$D_{transp} (km) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \left(\sum_{j=1}^{T_i-1} DT_{ij} \right) + DT_{iT_i}}{D} \right) \quad [Eq.4]$$

onde:

DT_{ij} – Distância entre o último ponto de recolha da descarga j e a entrada no local de descarga + a distância entre o local de descarga e o 1º ponto de recolha da descarga $j+1$, no dia i .

A Figura 14 exibe a dinâmica destas variáveis no dia i genérico:

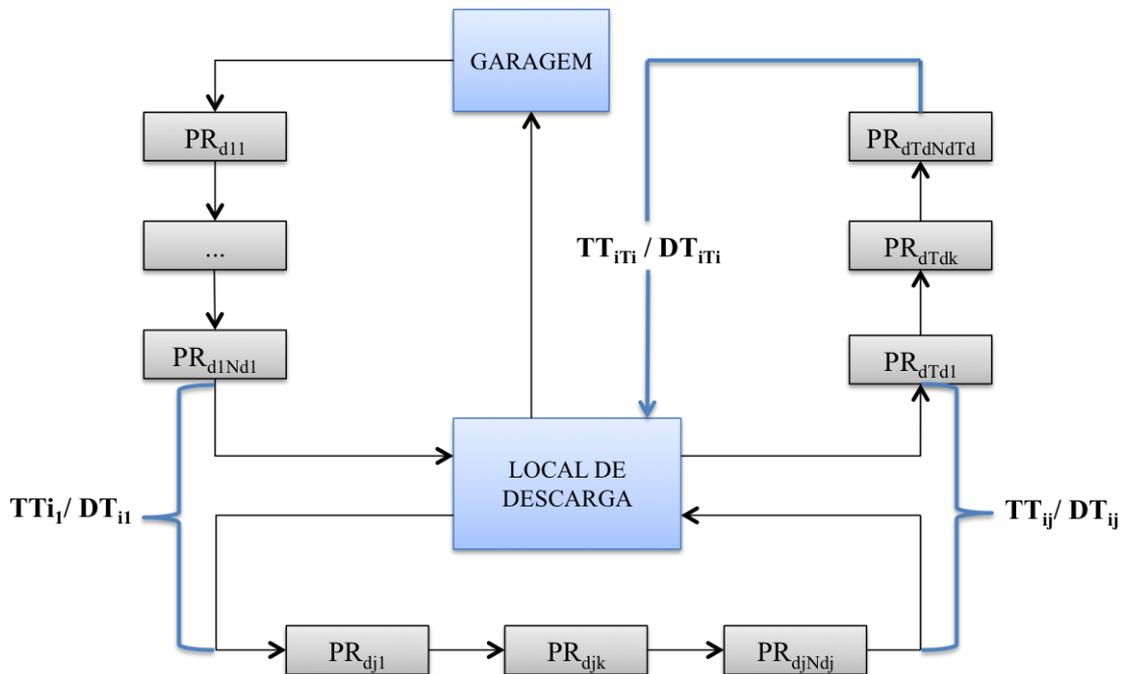


Figura 14 - Dinâmica das variáveis de cálculo T_{transp} e D_{transp}

➤ Tempo e Distância no Local de Descarga

O *Tempo no Local de Descarga* (TLd) é o tempo despendido pela viatura e colaboradores (em horas) no local de descarga. A fórmula de cálculo desta variável é representada pela Equação 5:

$$TLd (h) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{T_i} TLD_{ij}}{D} \right) \quad [Eq.5]$$

onde:

TLD_{ij} – Tempo que a viatura demora desde que entra até que sai do local de descarga, na descarga j , no dia i .

A *Distância no Local de Descarga* (DLd) é distância percorrida pela viatura (em km's) dentro do local de descarga. A Equação 6 representa a fórmula de cálculo desta variável:

$$DLd (km) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{T_i} DLd_{ij}}{D} \right) \quad [Eq.6]$$

onde:

DLD_{ij} – Distância que a viatura percorre desde que entra até que sai do local de descarga, na descarga j , no dia i .

A Figura 15 apresenta a dinâmica destas variáveis no dia i genérico:

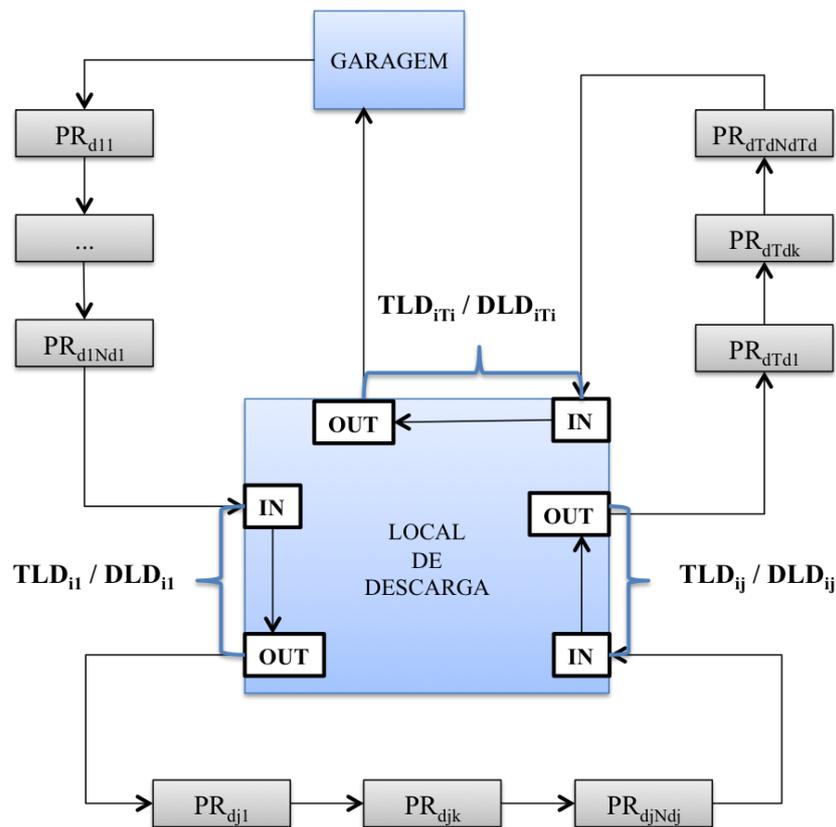


Figura 15 - Dinâmica das variáveis de cálculo TLD e DLd

➤ **Tempo e Distância Total de Recolha**

O *Tempo Total de Recolha* (TT) corresponde ao tempo despendido (em horas) pela viatura e colaboradores nas várias etapas da recolha de resíduos (tempo de deslocação da garagem para a zona de recolha e do local de descarga para a garagem; tempo efetivo de recolha; tempo de transporte e tempo no local de descarga). A Equação 7 representa a fórmula de cálculo desta variável:

$$TT(h) = \left(\frac{TE + Ttransp + TLd + TG}{D} \right) \quad [\text{Eq.7}]$$

onde:

$$TG(h) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D TG_i}{D} \right) \quad [\text{Eq.8}]$$

TG_i – Tempo que a viatura leva da garagem ao 1º ponto de recolha e do local de descarga até à garagem, no dia i.

A *Distância Total de Recolha* (DT) corresponde à distância percorrida pela viatura (em km's) nas várias etapas da recolha de resíduos (distância de deslocação da garagem para a zona de recolha e do local de descarga para a garagem; distância efetiva de recolha; distância de transporte e distância no local de descarga). A fórmula de cálculo desta variável de cálculo é dada pela Equação 9:

$$DT(h) = \left(\frac{DE + Dtransp + DLd + DG}{D} \right) \quad [\text{Eq.9}]$$

onde:

$$DG(h) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D DG_i}{D} \right) \quad [\text{Eq.10}]$$

DG_i – Distância que a viatura percorre da garagem ao 1º ponto de recolha e do local de descarga até à garagem, no dia i.

A Figura 16 apresenta a dinâmica das variáveis TG_i e DG_i no dia i genérico:

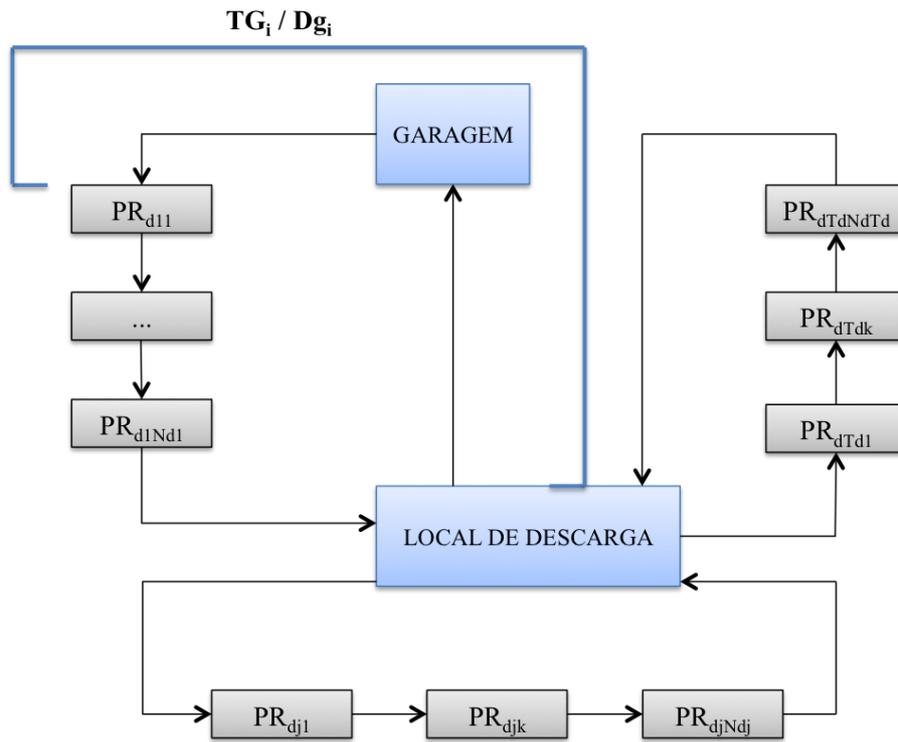


Figura 16 - Dinâmica das variáveis de cálculo TT e DT

➤ **Contentores Recolhidos**

O *Número de Contentores Recolhidos* (NC) representa o número total de contentores recolhidos numa determinada recolha. A Equação 11 representa a fórmula de cálculo desta variável:

$$NC (cont) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{T_i} \sum_{k=1}^{N_{DTi}} NC_{ijk}}{D} \right) \quad [Eq.11]$$

onde:

k – N° de contentores.

N_{DTi} – N° máximo de contentores recolhidos numa determinada descarga.

NC_{ijk} – N° de contentores k recolhidos no dia i na descarga j.

➤ **Consumo de Combustível**

O *Consumo de Combustível* (CC) é o número de litros ou m^3 consumidos por uma determinada viatura numa determinada de recolha. A Equação 12 representa a fórmula de cálculo desta variável de cálculo:

$$CC (l ou m^3) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D CC_i}{D} \right) \quad [Eq.12]$$

onde:

CC_i – Consumo de combustível da viatura no circuito do dia i.

➤ **Carga de Resíduos**

A *Carga de Resíduos* (QR) representa a quantidade total de resíduos recolhida (em toneladas) numa determinada recolha. A fórmula de cálculo desta variável de cálculo é dada pela Equação 13.

$$QR(t) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{T_i} QR_{ij}}{D} \right) \quad [\text{Eq.13}]$$

onde:

QR_{ij} – Quantidade de resíduos descarregada no local de descarga, na descarga j, no dia i.

➤ **Número de Colaboradores**

O *Número de Colaboradores* (NCol) representa o número médio de colaboradores (motorista e cantoneiros) necessários a cada recolha de resíduos.

➤ **Número de Descargas**

O *Número de Descargas* (ND) representa o número de vezes, numa determinada recolha, que a viatura vai ao local de descarga esvaziar a carga.

➤ **Massa Específica**

A *Massa Específica* (ME) é a massa específica média (kg.m⁻³) da tipologia de resíduo recolhida em determinada recolha.

➤ **Volumetria Total Instalada**

A *Volumetria Total Instalada* (VT) representa o volume total instalado (em m³) numa determinada recolha. A fórmula de cálculo desta variável é dada pela Equação 14:

$$VT(m^3) = \left(\frac{\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{T_i} \sum_{k=1}^{N_{ij}} VPR_{iNik}}{D} \right) \quad [\text{Eq.14}]$$

onde:

VPR_{ijk} – Volume instalado num determinado ponto de recolha, na descarga j no dia i (m³).

➤ **Capacidade de Recolha das Viaturas**

A Capacidade de Recolha das Viaturas (CR) representa o volume útil da caixa da viatura de recolha (em $m^3 \cdot viatura^{-1}$).

➤ **Variáveis de Custos do Serviço:**

Para caracterizar e calcular os custos totais do serviço, definiu-se um conjunto de 6 variáveis económicas para o modelo desenvolvido (Tabela 19), das quais: o custo unitário por colaborador, custo unitário por viatura de serviço, custo unitário do combustível, custo unitário de manutenção dos contentores, custo com instalações e outros custos que possam estar associados ao sistema.

Tabela 19 - Variáveis de custos do serviço

Sigla	Variável de Cálculo	Descrição	Unidades
CUC	Custo Unitário por Colaborador	Custo médio do Motorista e Cantoneiro por recolha.	€.colaborador ⁻¹ .recolha ⁻¹
CUV	Custo Unitário por Viatura de Serviço	Custo médio do veículo por recolha. Este custo pode obter-se através da razão entre o custo anual da frota de viaturas (amortização e manutenção) e o número total de recolhas anuais.	€.viatura ⁻¹ .recolha ⁻¹
CC	Custo Unitário do Combustível	Valor unitário do combustível	€. l^{-1} .recolha ⁻¹
CUM	Custo Unitário de Manutenção dos Contentores	Custo médio de aquisição e manutenção de contentores. Pode ser calculado através da razão entre os custos de aquisição, lavagem e reparação e o número total de recolhas.	€.contentor ⁻¹ .recolha ⁻¹
CUI	Custo com Instalações	Razão entre o custo médio anual com manutenção, gestão e aluguer de instalações de apoio e gestão e o número total de recolhas anuais	€.recolha ⁻¹
OC	Outros Custos	Razão entre outros custos anuais (por exemplo fardamento) e o número total de recolhas anuais.	€.recolha ⁻¹

3.2.3. Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho são calculado através de operações de cálculo entre variáveis de cálculo e podem ser divididos em 3 tipos, operacionais, económico e ambiental.

➤ Indicadores de Desempenho Operacional

Os indicadores operacionais (Eq. 15 à 26), representados na Tabela 20, são calculados para cada operação de recolha ou circuito. A maioria dos indicadores operacionais é calculado através da razão entre as variáveis de cálculo operacionais e a quantidade de resíduos recolhida em cada circuito/recolha.

Tabela 20 - Indicadores de desempenho operacionais

Indicador	Designação	Operação		Unidades
ITE	Tempo efetivo de recolha	$\frac{TE}{QR}$	[Eq. 15]	$h.t^{-1}$
ITT	Tempo total de recolha	$\frac{TT}{QR}$	[Eq. 16]	$h.t^{-1}$
ITD	Tempo de transporte e descarga	$\frac{T_{transp.} + TLd}{QR}$	[Eq. 17]	$h.t^{-1}$
IDE	Distância efetiva de recolha	$\frac{DE}{QR}$	[Eq. 18]	$km.t^{-1}$
IDT	Distância total de recolha	$\frac{DT}{QR}$	[Eq. 19]	$km.t^{-1}$
IDD	Distância de transporte e descarga	$\frac{D_{transp.} + DLd}{QR}$	[Eq. 20]	$km.t^{-1}$
ICC	Consumo de combustível	$\frac{CC}{QR}$	[Eq. 21]	$l.t^{-1}$
IVR	Velocidade efetiva de recolha	$\frac{DE}{TE}$	[Eq. 22]	$km.h^{-1}$
IVNP	Velocidade não produtiva	$\frac{(DT - DE)}{(TT - TE)}$	[Eq. 23]	$km.h^{-1}$
IPR	Produtividade da equipa de recolha – é o <i>ratio</i> entre a quantidade de resíduos recolhida e o produto entre número total de colaboradores (col) [Motorista + Cantoneiros] e o tempo efetivo de recolha (TE)	$\frac{QR}{(NCol \times TE)}$	[Eq. 24]	$t.col^{-1}.h^{-1}$
IFC	Fator de utilização dos contentores – é o <i>ratio</i> entre o volume de resíduos recolhido e a capacidade de deposição dos contentores recolhidos	$\frac{[QR \div (\frac{ME}{1000})]}{[VT]} \times 100$	[Eq. 25]	%
IFV	Fator de utilização das viaturas – é o <i>ratio</i> entre o volume de resíduos recolhido e a capacidade de recolha da viatura	$\frac{(QR \div (\frac{ME}{1000}))}{(CR \times ND)} \times 100$	[Eq. 26]	%

➤ **Indicador de Desempenho Económico**

O custo unitário do serviço de recolha (Eq. 27) representado na Tabela 21, é determinado para cada circuito de recolha. No cálculo deste indicador é necessário utilizar tanto variáveis operacionais como económicas. O cálculo deste indicador resulta do *ratio* entre o somatório dos custos parcelares com colaboradores, contentores, viaturas e instalações e a quantidade de resíduos recolhida em cada serviço.

As variáveis operacionais utilizadas no cálculo do custo de cada serviço são o número de colaboradores, o número de contentores recolhidos e o volume de combustível consumido. O custo unitário do combustível pode definir-se em função da média mensal ou anual do preço de custo de cada litro de combustível. O custo com manutenção de viaturas e instalações é comum a vários serviços/circuitos.

Tabela 21 - Indicador de desempenho económico

Indicador	Indicador	Operação	Unidade
ICR	Custo Unitário da operação de recolha (calculado para cada circuito de recolha)	[Eq. 27]	€·t ⁻¹
	$\frac{(CUC \times NCol) + (CUM \times NC) + (CUC \times CC) + CUV + CUI}{QR}$	[Eq. 27]	

➤ **Indicador de Desempenho Ambiental**

Ao nível da recolha de resíduos urbanos, a emissão de GEE (Eq. 28 e 29) constitui o impacto ambiental mais relevante, desta forma o indicador ambiental “emissões de CO₂” tem um papel muito útil na avaliação do esforço feito ao nível da gestão da frota automóvel para reduzir as emissões de GEE. Assim, o tipo de frota automóvel usado, bem como o tipo de combustível que lhe está associado, darão um melhor ou pior desempenho ao nível deste indicador. No caso do circuito ter alocado uma viatura movida a gasolina, gasóleo ou GNC, a fórmula de cálculo deste indicador é a seguinte (ERSAR e LNEC, 2013):

$$IC_{CO_2} = \frac{(FC_i \times PC_{Li} \times 0,99 \times FE_i)}{QR} \quad [Eq. 28]$$

onde:

i – representa o tipo de combustível consumido;

FC_i (t) – representa o fator de conversão;

$FC_i (t) = (\text{litros ou } m^3 \text{ de combustível consumido}) \times (FC);$

FC - assume o valor de $0,835 \times 10^{-3}$ para o caso da viatura ser movida a diesel e de $0,84 \times 10^{-3}$ caso seja movida a GNC;

PCI_i ($GJ \cdot t^{-1}$) – representa o poder calorífico inferior do combustível, que no caso de viaturas movidas a diesel assume o valor de 43,3 e no caso de serem movidas a GNC 45,1;

0,99 – representa o valor da fração oxidável de carbono no combustível;

FE_i ($kg CO_2 \cdot GJ^{-1}$) – representa o fator de emissão de CO_2 que no caso de viaturas movidas a diesel assume o valor de 74 e no caso de viaturas movidas a GNC assume o valor de 64,1.

No caso da viatura ser movida a outro tipo de combustível, o valor do fator de emissão (FE_i) do tipo de combustível em causa deve ser inserido na aplicação. A fórmula de cálculo do indicador nesse caso será a seguinte:

$$ICO_2 = \left(\frac{\text{Emissão de } CO_2}{QR} \right) \quad [Eq. 29]$$

onde:

$$\text{Emissão de } CO_2 = (FC_i \times PCI_i \times 0,99 \times FE_i)$$

4. Aplicação Informática (IDGRU)

O IDGRU (Indicadores de Desempenho do Guia de Resíduos Urbanos) é uma aplicação informática online (programada em HTML e com uma base de dados MySQL), baseada no modelo de avaliação de desempenho anteriormente descrito. Este software foi criado no âmbito do projeto do “Guia de Resíduos Urbanos”.

A aplicação permite de forma automática e portanto, fácil e normalizada, o cálculo dos catorze indicadores de desempenho constituintes do modelo, incentivando uma avaliação ampla e integrada da recolha de RU. A avaliação de desempenho, através do sistema de indicadores proposto, permite identificar situações de maior ou menor eficiência e eficácia do serviço, viabilizando indiretamente a posterior otimização de circuitos. A disponibilidade online da aplicação permite o seu fácil acesso e utilização em qualquer região, pelo que é possível controlar e comparar desempenhos de sistemas em diversas regiões.

Neste capítulo será apresentado o manual de utilização da aplicação informática, sendo apresentadas as várias etapas de utilização do software e explicando como se deverá proceder ao preenchimento dos campos de *input* do modelo, como poderão ser filtrados e comparados resultados, entre outras funcionalidades. Este capítulo está dividido em 2 partes, a utilização da aplicação como utilizador e ao uso da mesma como administrador.

4.1. Utilização da Aplicação Informática como Utilizador

Neste ponto é feita uma descrição correspondente aos vários passos do uso do software, com o objetivo de servir de apoio aos seus utilizadores.

A. Login / Interface inicial

A utilização do IDGRU está condicionada por um *login*, onde o utilizador terá que aceder com o seu email e respetiva palavra-passe, como se apresenta na Figura 17. A criação de contas de utilizador só poderá ser feita pelo administrador.

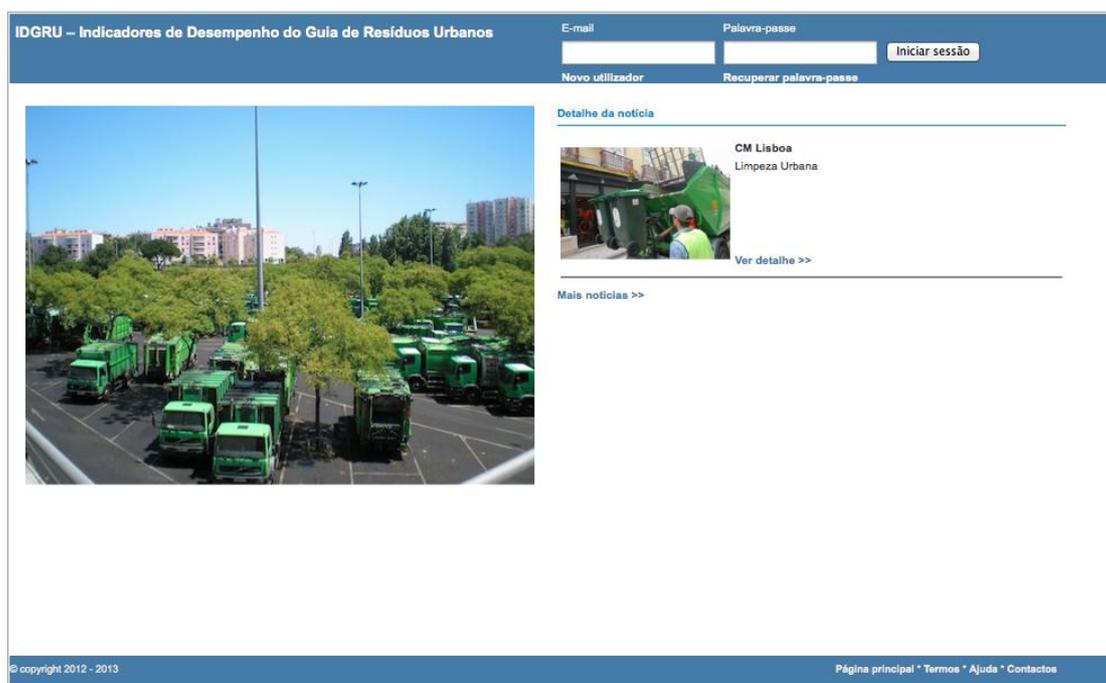


Figura 17 - Login / Interface Inicial IDGRU

B. Página Principal

Na página principal, após efetuado o *login*, o utilizador tem acesso a dois tipos de informação, do lado direito às notícias e do lado esquerdo ao Menu utilizador, do qual fazem parte os campos: concessões, entidades de recolha, circuitos, recolhas, sustentabilidade, desempenho e manual de utilizador, como representa a Figura 18.

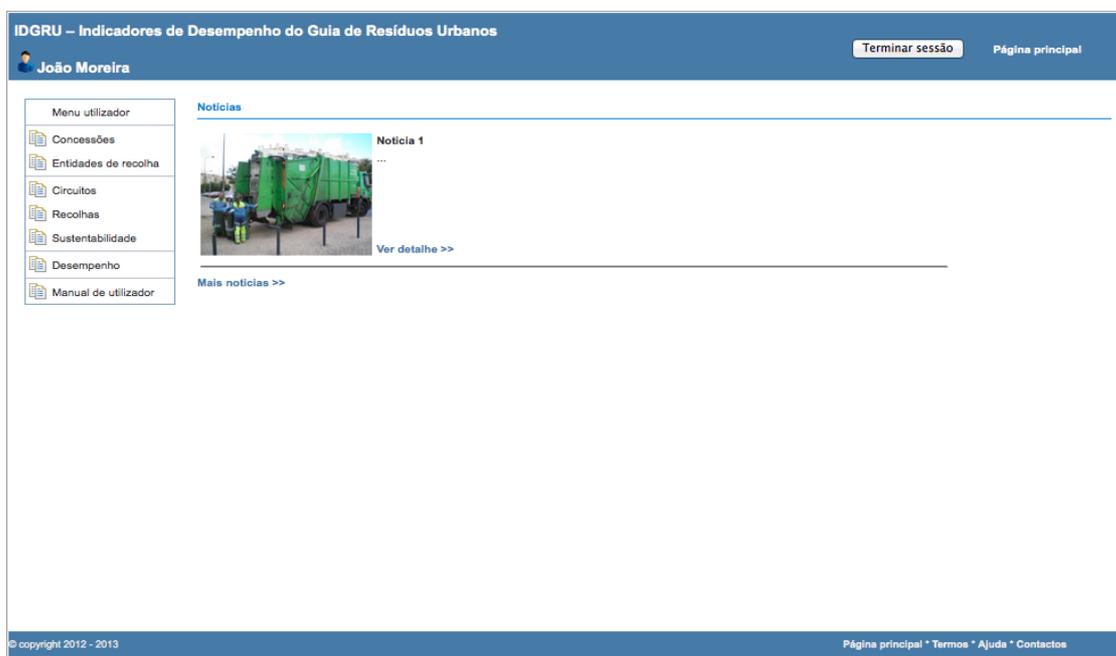


Figura 18 - Página Principal IDGRU

C. Menu Utilizador - Campo “Concessões”

No campo “Concessões” (Figura 19), o utilizador pode criar e editar concessões. Devem ser preenchidos os itens: Início (com a data de início da concessão), Fim (com a data do final da concessão), Estado (se a concessão está ativa ou inativa), Entidade de Recolha (entidade responsável pela recolha dos resíduos) e Observações (caso o utilizador tenha alguma nota a acrescentar).

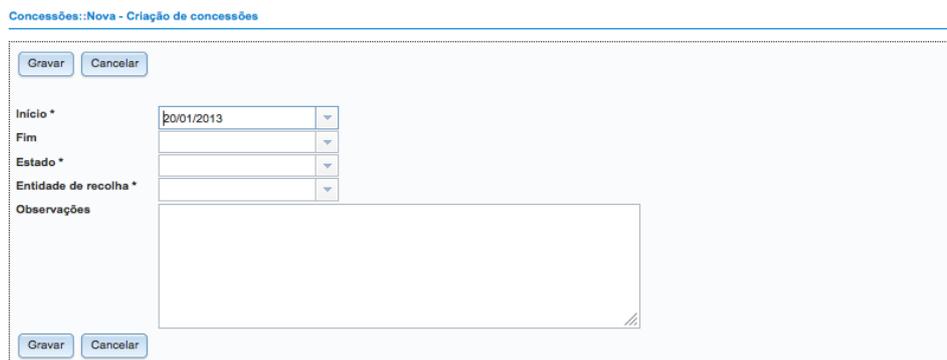


Figura 19 - Menu Utilizador – Campo “Concessões”

D. Menu Utilizador – Campo “Entidades de Recolha”

No campo “Entidades de Recolha” (Figura 20), o utilizador pode criar e editar uma entidade de recolha. Devem ser preenchidos os campos: Nome (com o nome da entidade responsável pela recolha de resíduos), Estado (ativo ou inativo) e Observações (caso o utilizador tenha alguma nota a acrescentar).

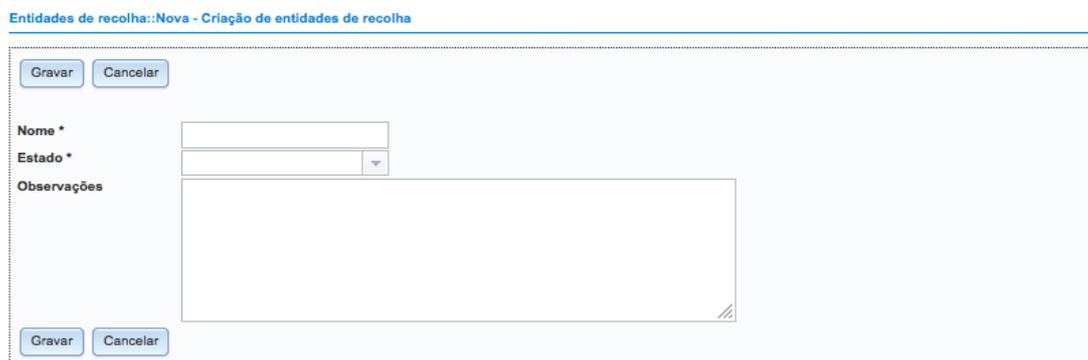


Figura 20 - Menu Utilizador - Campo "Entidade de Recolha"

E. Menu Utilizador – Campo “Circuitos”

No campo “Circuitos”, o utilizador terá que preencher informações de caracterização geral dos circuitos. Numa primeira fase, terá de preencher os seguintes pontos: o número do circuito; a entidade de recolha; a hora habitual de saída da viatura da garagem; o número de motoristas; o número de cantoneiros; o tipo de resíduo a recolher; o tipo de viatura de recolha e a sua capacidade; o peso específico médio do resíduo; os dias da semana em que o circuito se realiza; o número de alojamentos e comércio servidos; o número de pontos de recolha (número de paragens que a viatura efetua para recolha de contentores); o tipo de zona; as datas de criação, última alteração e encerramento do circuito e o estado do circuito (operacional ou inoperacional).

Numa segunda fase, terá que proceder ao preenchimento dos tipos de contentores instalados no circuito, o número de contentores por cada tipologia instalada e a sua volumetria unitária. Quanto ao preenchimento do número de contentores, o utilizador terá que preencher o número máximo de contentores, por tipologia, alocados ao circuito. Posteriormente, existem ainda 3 informações, de cariz económico, que dizem respeito ao custo associado à manutenção dos contentores, das viaturas e outros custos que estejam subjacentes ao serviço de recolha de resíduos. A Figura 21 representa a criação de um novo circuito de recolha.

Entidade: CML

Gravar Cancelar

Identificação *

Designação *

Entidade de recolha

Hora de saída *

Número de motoristas *

Número de cantoneiros

Tipo de resíduo *

Tipo de viatura *

Capacidade da viatura * m³

Massa específica * Kg.m⁻³

2ª feira

3ª feira

4ª feira

5ª feira

6ª feira

Sábado

Domingo

Extra

Nº de alojamentos servidos *

Nº de comércio servidos *

Nº de outros servidos *

Nº de pontos de recolha *

Tipo de zona *

Data de criação *

Data da última alteração

Data de encerramento

Estado *

Figura 21 - Menu Utilizador – Campo “Circuitos”

F. Menu Utilizador - Campo “Recolhas”

As recolhas terão sempre que estar associadas a um circuito de recolha, por isso neste campo, numa primeira fase de preenchimento, o utilizador terá que identificar o circuito em que a recolha se insere. Posteriormente, o software permite ao utilizador transferir algumas informações de âmbito geral do circuito em que a recolha se insere para o campo “Recolhas”. Esta funcionalidade é proporcionada pela função “Ler circuito”, que a partir do momento que é ativada procede, de forma automática, ao preenchimento de todas as informações análogas ao campo “Circuitos” preenchido anteriormente. As Figuras 22 e 23, apresentam, o antes e o depois, respetivamente, da leitura do circuito feita pela aplicação.

Chegada primeiro ponto de recolha * km

Saída último ponto de recolha * km

Entrada no local de descarga * km

Saída local de descarga * km

Entrada na Garagem * km

Tipo de contentor *
Nº Contentores Recolhidos *
Volume Unitário * litro.contentor⁻¹
Observações

Tipo de resíduo *
Tipo de viatura *
Capacidade da viatura * m³

Nº de alojamentos servidos *
Nº de comércios servidos *
Nº de outros servidos *

Nº de pontos de recolha *
Tipo de zona *

Estado *

Manutenção de contentores * €.cont⁻¹
Manutenção das instalações * €.recolha⁻¹
Manutenção das viaturas * €.recolha⁻¹

Custo motorista * €.ope⁻¹
Custo cantoneiro * €.ope⁻¹
Outros custos * €.recolha⁻¹

Figura 22 - Menu Utilizador - Campo "Recolhas" - Função "Ler circuito"

Entidade gestora: CML

Número da recolha
Identificação do circuito *

Designação

Entidade de recolha: Câmara Municipal de Lisboa

Data de recolha *
Número de motoristas *
Número de cantoneiros *

Tipo de combustível *
Consumo de combustível * l
 Custo do combustível €.l⁻¹

Quantidade recolhida * t
 Massa específica * Kg.m⁻³

Saída da Garagem*
Km da viatura km

Adicionar descarga
Remover descarga

Chegada primeiro ponto de recolha * km

Saída último ponto de recolha * km

Entrada no local de descarga * km

Saída local de descarga * km

Entrada na Garagem * km

Tipo de contentor *	Nº Contentores Recolhidos *	Volume Unitário *	Observações
<input type="text" value="Contentores de 90 L"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="90"/> litro.contentor ⁻¹	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Tipo de contentor *	Nº Contentores Recolhidos *	Volume Unitário *	Observações
<input type="text" value="Contentores de 140 L"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="140"/> litro.contentor ⁻¹	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Tipo de contentor *	Nº Contentores Recolhidos *	Volume Unitário *	Observações
<input type="text" value="Contentores de 240 L"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="240"/> litro.contentor ⁻¹	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Tipo de contentor *	Nº Contentores Recolhidos *	Volume Unitário *	Observações
<input type="text" value="Contentores de 360 L"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="360"/> litro.contentor ⁻¹	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Tipo de resíduo *	Tipo de viatura *	Capacidade da viatura *	
<input type="text" value="Indiferenciados"/>	<input type="text" value="Remoção múltipla 13/16m3 t"/>	<input type="text" value="15"/> m ³	
Nº de alojamentos servidos *	Nº de comércio servidos *	Nº de outros servidos *	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	
Nº de pontos de recolha *	Tipo de zona *		
<input type="text" value="75"/>	<input type="text" value="Porta-a-Porta Morac"/>		
Estado *			
<input type="text" value="Realizado"/>			
Manutenção de contentores *	Manutenção das instalações *	Manutenção das viaturas *	
<input type="text" value="0,04"/> €cont ⁻¹ .recolha ⁻¹	<input type="text" value="1"/> €recolha ⁻¹	<input type="text" value="1"/> €recolha ⁻¹	
Custo motorista *	Custo cantoneiro *	Outros custos *	
<input type="text" value="93"/> €ope ⁻¹	<input type="text" value="67"/> €ope ⁻¹	<input type="text" value="1"/> €recolha ⁻¹	

Figura 23 - Menu Utilizador - Campo "Recolhas" - Função "Ler Circuito" (Ativada)

Após ativada a função “Ler Cicuito”, o utilizador apenas terá que preencher a data da recolha, o consumo de combustível da viatura nessa mesma recolha, a quantidade total de resíduos recolhida e os tempos e distâncias de recolha. Além destas 4 informações, o utilizador terá ainda que editar as informações relativas ao número contentores que foram preenchidas com o número máximo de contentores alocados ao circuito e que deverão ser corrigidas/editadas para o número de contentores recolhidos nessa recolha. É necessário clarificar que um circuito tem associado uma determinada quantidade de contentores, com diferentes tipologias e volumes, mas aquando das recolhas, a quantidade de contentores recolhidos não tem que ser obrigatoriamente a quantidade preenchida no campo circuitos. Os circuitos, dependendo do

dia da semana (ou seja, dependendo da sua recolha), podem ter diferentes percursos de recolha, e esses percursos terão, em regra geral, uma quantidade de contentores recolhidos inferior à quantidade total de contentores alocados ao circuito. É ainda importante referir, que a quantidade de contentores recolhida numa determinada recolha, nunca poderá ser superior à quantidade de contentores alocada ao circuito a que essa mesma recolha pertence, desta forma o IDGRU possui um mecanismo que identifica esse “erro” avisando o utilizador do sucedido.

Quanto às informações relacionadas com os tempos e distâncias percorridas pelas viaturas na recolha de resíduos, a Figura 24 apresenta os diferentes tempos e distâncias entre etapas que o utilizador terá de preencher .

The image shows a user interface for managing waste collection routes. At the top, there are two buttons: "Adicionar descarga" and "Remover descarga". Below these are five rows of input fields, each representing a different stage of the collection process. Each row consists of a text label, a dropdown menu, and a text input field followed by "km".

Etapa	Tempo / Distância
Chegada primeiro ponto de recolha *	[] km
Saída último ponto de recolha *	[] km
Entrada no local de descarga *	[] km
Saída local de descarga *	[] km
Entrada na Garagem *	[] km

Figura 24 - Menu Utilizador - Campo "Recolhas" - Tempos e distâncias de recolha

É ainda importante realçar que uma determinada recolha poderá ter mais do que uma descarga de resíduos, desta forma, o IDGRU foi agilizado para que o utilizador possa adicionar mais descargas às recolhas, na função “Adicionar Descarga”, como podemos verificar na Figura 25, onde a aplicação já adicionou mais uma descarga à recolha introduzida.

Adicionar descarga Remover descarga

Chegada primeiro ponto de recolha * km

Saída último ponto de recolha * km

Entrada no local de descarga * km

Saída local de descarga * km

Chegada primeiro ponto de recolha * km

Saída último ponto de recolha * km

Entrada no local de descarga * km

Saída local de descarga * km

Entrada na Garagem * km

Figura 25 - Menu Utilizador - Campo "Recolhas" - Função "Adicionar Descarga"

G. Menu Utilizador – Campo “Sustentabilidade”

O campo “Sustentabilidade” (Figura 26) divide-se em duas partes, uma primeira referente aos custos dos diferentes combustíveis utilizados pelas viaturas de recolha (gasolina, diesel e GNC) e aos custos da manutenção dos contentores e da equipa de recolha, e uma segunda parte, onde o utilizador pode preencher o fator de emissão de CO₂, caso não seja usado um dos 3 combustíveis pré-configurados, acima referidos. É importante salientar que este campo deverá ser preenchido no início da utilização da aplicação informática, para que estas informações possam depois ser associadas às recolhas inseridas.

Gravar Cancelar

Custos

Custo do combustível (Gasóleo) *	1,352	€.litro ⁻¹
Custo do combustível (Gás Natural) *	0,84	€.m ⁻³
Custo do combustível (Gasolina) *	1,5	€.litro ⁻¹
Custo do combustível (outro)	0,5	€.litro ⁻¹
Combustível por omissão *	Gasóleo	
Custo da manutenção de contentores *	0,04	€.cont ⁻¹
Custo do motorista *	93	€.ope ⁻¹
Custo do cantoneiro *	67	€.ope ⁻¹
Observações		

Fator de emissão de outros combustíveis

Fator de emissão de CO2

50

Gravar Cancelar

Figura 26 - Menu Utilizador - Campo "Sustentabilidade"

H. Menu Utilizador – Campo “Desempenho”

No campo “Desempenho”, o utilizador tem acesso aos resultados/indicadores de desempenho dos circuitos introduzidos na aplicação. A Figura 27 apresenta os vários campos de filtragem de resultados, onde os indicadores de desempenho podem ser filtrados pela identificação do circuito, data de início, data de fim, tipo de zona, tipo de resíduo, tipo de contentores e tipo de viatura. Estes parâmetros de seleção são extremamente importantes na avaliação/comparação de desempenho de circuitos.

Identificação do circuito

Data de início

Data de fim

Tipo de zona

Tipo de resíduo

Tipo de contentores

Tipo de viatura

Filtrar

Figura 27 - Menu Utilizador - Campo "Desempenho" - Filtros de seleção

Após a seleção do filtro pretendido, o utilizador tem acesso aos valores dos indicadores de desempenho e das variáveis de cálculo dos circuitos. As Figuras 28 e 29 apresentam um exemplo com os valores das variáveis de cálculo e dos indicadores de desempenho para um determinado circuito, respetivamente.

Indicadores		Variáveis de cálculo	
Designação	Variáveis de cálculo	Valor	Unidade
TE	Tempo efetivo de recolha	3,87	h.circuito ⁻¹
TT	Tempo total de recolha	5,83	h.circuito ⁻¹
Ttransp.	Tempo de transporte	1,10	h.circuito ⁻¹
TLd	Tempo no local de descarga	0,22	h.circuito ⁻¹
DE	Distância efetiva de recolha	11,20	km.circuito ⁻¹
DT	Distância total de recolha	88,67	km.circuito ⁻¹
Dtransp.	Distância de transporte	55,67	km.circuito ⁻¹
DLd	Distância no local de descarga	1,40	km.circuito ⁻¹
NC	Contentores recolhidos	679,00	cont.circuito ⁻¹
CC	Consumo de combustível	58,33	litro.circuito ⁻¹
QR	Carga de resíduos	15,25	t.circuito ⁻¹
NO	Número de operários	4,00	ope.circuito ⁻¹
ME	Massa específica	550,00	kg.m ⁻³
VT	Volumetria Total Instalada	149,89	m ³
CR	Capacidade de recolha das viaturas	15,00	m ³ .via ⁻¹
CUO	Custo unitário por operário	73,50	€.ope ⁻¹
CUV	Custo unitário por viatura	68,10	€.via ⁻¹
CUC	Custo unitário do combustível	1,35200	€.litro ⁻¹
CUM	Custo unitário de manutenção de contentores	0,04	€.cont ⁻¹
CUI	Custo com instalações	0,00	€.recolha ⁻¹
OC	Outros custos	0,00	€.recolha ⁻¹
ND	Número de descargas	2,00	

Figura 28 - Variáveis de Cálculo IDGRU

Indicadores		Variáveis de cálculo	
Designação	Indicador	Valor	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,25	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,38	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,09	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	0,73	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	5,81	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,74	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível	3,82	l.t ⁻¹
IVR	Velocidade de recolha	2,90	km.h ⁻¹
IVNP	Velocidade não produtiva	39,50	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,99	t.ope ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Factor de utilização dos contentores	18,50	%
IFV	Factor de utilização das viaturas	92,44	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	30,69	€.t ⁻¹
ICO ₂	Emissão de CO ₂	10,130	Kg.CO ₂ .t ⁻¹

Figura 29 - Indicadores de Desempenho IDGRU

4.2. Utilização da Aplicação Informática como Administrador

Relativamente ao uso da aplicação informática enquanto administrador, numa primeira fase é necessário efetuar um *login*. Após cumprida essa etapa, o administrador tem acesso ao menu administrador onde se encontram os campos notícias, desempenho, utilizadores, entidades, tipos de gestão, tipos de contentores, tipos de viaturas, tipos de zonas e tipos de resíduos, como apresenta a Figura 30.

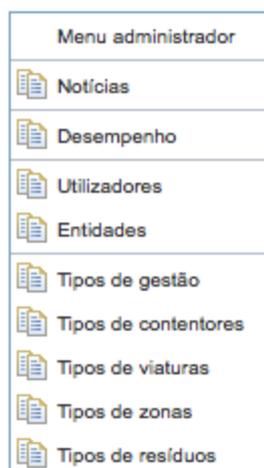


Figura 30 - Menu Administrador

A. Menu Administrador – Campo “Notícias”

No campo “Notícias” (Figura 31), o administrador pode inserir notícias na aplicação informática que aparecerão posteriormente na página inicial dos utilizadores, quando estes iniciarem o uso do software.

Um formulário web para adicionar notícias. No topo, há botões "Gravar" e "Cancelar". O formulário contém campos para: "Tipo de notícia *" (menu suspenso), "Titulo *" (campo de texto), "Texto *" (área de texto grande), "Foto" (campo de texto com botão "Selecionar arquivo..."), "Url" (campo de texto com "http://"), "Data da notícia *" (menu suspenso), "Data da publicação *" (menu suspenso) e "Estado *" (menu suspenso). No fundo, há mais botões "Gravar" e "Cancelar".

Figura 31 - Menu Administrador – Campo “Notícias”

B. Menu Administrador – Campo “Desempenho”

No campo “Desempenho” (Figura 32), o administrador tem acesso a um conjunto de parâmetros de filtragem de resultados, dos quais: entidade, data de início, data de fim, tipo de zona, tipo de resíduo, tipo de contentores e tipo de viaturas, que à semelhança do que acontece com os utilizadores, permitem a comparação de resultados por diferentes parâmetros de seleção.

Entidade

Data de início

Data de fim

Tipo de zona

Tipo de resíduo

Tipo de contentores

Tipo de viatura

Filtrar

Figura 32 - Menu Administrador – Campo “Desempenho”

C. Menu Administrador – Campo “Utilizadores”

No campo “Utilizadores”, o administrador pode adicionar novos utilizadores e editar informações acerca dos utilizadores existentes. A Figura 33 reproduz os critérios de criação de um novo utilizador, recorrendo ao preenchimento do nome do utilizador, email, password, entre outros aspetos.

Gravar Cancelar

Nome *

E-mail *

Palavra-passe *

Confirmar palavra-passe *

Entidade indicada

Sexo * Masculino Feminino

Telefone *

Tipo de utilizador *

Observações

Estado *

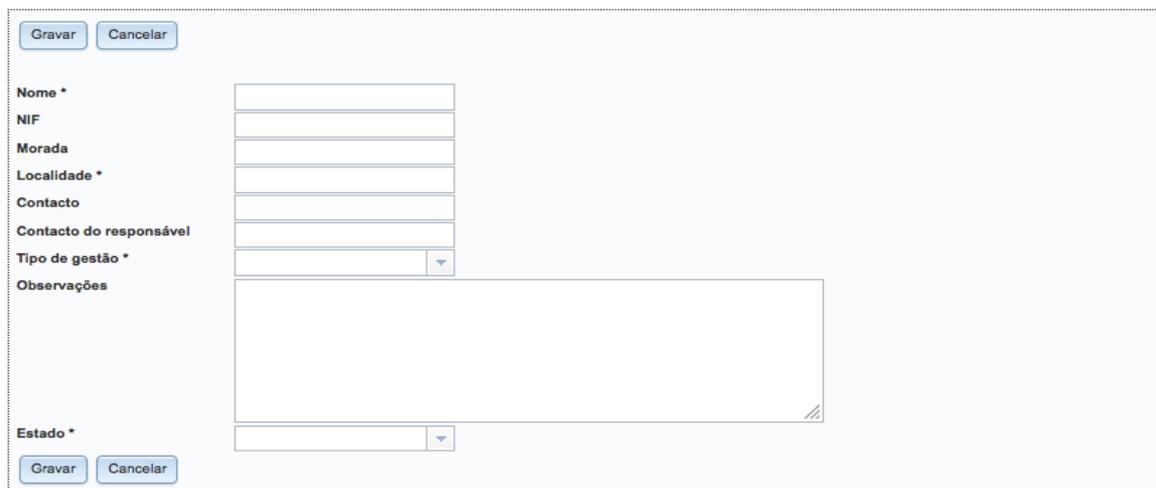
Entidade *

Gravar Cancelar

Figura 33 - Menu Administrador – Campo “Utilizadores”

D. Menu Administrador – Campo “Entidades”

No campo “Entidades” (Figura 34), o administrador pode adicionar ou editar entidades gestoras, recorrendo ao preenchimento de informações como o nome da entidade, a sua localização, o tipo de gestão, entre outras.



O formulário para a gestão de entidades gestoras apresenta os seguintes campos:

- Botões: Gravar, Cancelar (no topo e na base).
- Nome * (campo de texto)
- NIF (campo de texto)
- Morada (campo de texto)
- Localidade * (campo de texto)
- Contacto (campo de texto)
- Contacto do responsável (campo de texto)
- Tipo de gestão * (menu suspenso)
- Observações (área de texto grande)
- Estado * (menu suspenso)

Figura 34 - Menu Administrador – Campo “Entidades”

E. Menu Administrador – Campo “Tipos de Gestão”

O campo “Tipos de Gestão” (Figura 35) permite a criação ou edição de tipologias de gestão de resíduos (por exemplo: gestão direta, concessionada, etc).



O formulário para a gestão de tipos de gestão apresenta os seguintes campos:

- Botões: Gravar, Cancelar (no topo e na base).
- Designação * (campo de texto)
- Estado * (menu suspenso)

Figura 35 - Menu Administrador – Campo “Tipos de gestão”

F. Menu Administrador – Campo “Tipos de Contentores”

O campo “Tipos de Contentores” (Figura 36) permite criar/editar tipologias de contentores que poderão ser seleccionadas pelos utilizadores do software, quando estes estiverem a introduzir informações relativas a um circuito ou recolha.

Gravar Cancelar

Designação *

Estado *

Observações

Gravar Cancelar

Figura 36 - Menu Administrador – Campo “Tipos de Contentores”

G. Menu Administrador – Campo “Tipos de Viaturas”

O campo “Tipos de Viaturas” (Figura 37), visa a criação/edição de diferentes tipologias de viaturas, que à semelhança do que acontece com os contentores, poderão posteriormente ser seleccionadas pelos utilizadores na altura da inserção das informações relativas aos circuitos ou recolhas.

Gravar Cancelar

Designação *

Estado *

Observações

Gravar Cancelar

Figura 37 - Menu Administrador – Campo “Tipos de Viaturas”

H. Menu Administrador – Campo “Tipos de Zonas”

O campo “Tipos de Zonas” (Figura 38), permite criar/editar tipologias de zonas de recolha, que poderão também ser seleccionadas posteriormente pelos utilizadores da aplicação informática.

The image shows a web form for managing 'Tipos de Zonas'. At the top, there are two buttons: 'Gravar' and 'Cancelar'. Below these are three input fields: 'Designação *' (a text box), 'Estado *' (a dropdown menu), and 'Observações' (a large text area). At the bottom, there are two more buttons: 'Gravar' and 'Cancelar'.

Figura 38 - Menu Administrador – Campo “Tipos de Zonas”

I. Menu Administrador – Campo “Tipos de Resíduos”

O campo “Tipos de Resíduos” (Figura 39), permite criar/editar novas tipologias de resíduos, que poderão também ser selecionadas posteriormente pelos utilizadores da aplicação informática.

The image shows a web form for managing 'Tipos de Resíduos'. At the top, there are two buttons: 'Gravar' and 'Cancelar'. Below these are three input fields: 'Designação *' (a text box), 'Estado *' (a dropdown menu), and 'Observações' (a large text area). At the bottom, there are two more buttons: 'Gravar' and 'Cancelar'.

Figura 39 - Menu Administrador – Campo “Tipos de Resíduos”

5. Teste e Validação do Modelo

De forma a testar e validar o modelo de avaliação de desempenho transformado numa aplicação informática (IDGRU), foi decidido submetê-lo à avaliação de um caso de estudo. O local de estudo selecionado foi o concelho de Lisboa, onde foram analisados os desempenhos de 26 circuitos de recolha de RU, divididos em 4 tipologias de recolha distintas: recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte, recolha porta a porta em zonas de moradias, recolha coletiva de ecoilhas e recolha coletiva de ecopontos. Dentro dos 26 circuitos selecionados, estes dividem-se ainda entre circuitos de recolha de resíduos indiferenciados, papel/cartão e embalagens.

5.1. Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Lisboa além de capital, é a maior e mais importante cidade portuguesa, com uma população de 564 657 habitantes e uma população flutuante de 1 174 000 habitantes. Insere-se numa área metropolitana que ocupa cerca de 2 870 km², com uma população de 2,9 milhões de habitantes, 27% da população do país. Esta região apresenta um PIB per capita acima da média da União Europeia, o que faz dela a região mais rica de Portugal, apesar da peculiaridade da sua economia se concentrar, em grande parte, em serviços.

A área de estudo, coincide com o concelho de Lisboa, com uma área de 84,5 km², uma densidade populacional de 6 445 habitantes por km², capitação anual de RU de 574 kg, densidade média de 777 edifícios por km² e uma média de 4 alojamentos por edifício.

Face às características geográficas, populacionais e económicas apresentadas, percebe-se à priori o universo de complexidade associado à gestão de RU neste concelho, onde existem cerca de 170 circuitos de recolha. Este fator constitui aspeto importante para um teste e validação do modelo mais completo.

Quanto à recolha e transporte de RU, esta é uma competência da Câmara Municipal de Lisboa (CML). Lisboa é limpa diariamente num trabalho contínuo, apoiado pelos recursos humanos e mecânicos existentes nas zonas de limpeza e garagens e serviços de apoio à limpeza urbana.

A área de limpeza urbana da responsabilidade da CML, encontra-se dividida em 8 zonas distintas (zonas de limpeza), como representa a Figura 40. Em cada zona de limpeza encontra-se um posto de limpeza principal, onde se encontram os cantoneiros que fazem os diversos trabalhos de limpeza urbana afetos a essa zona.

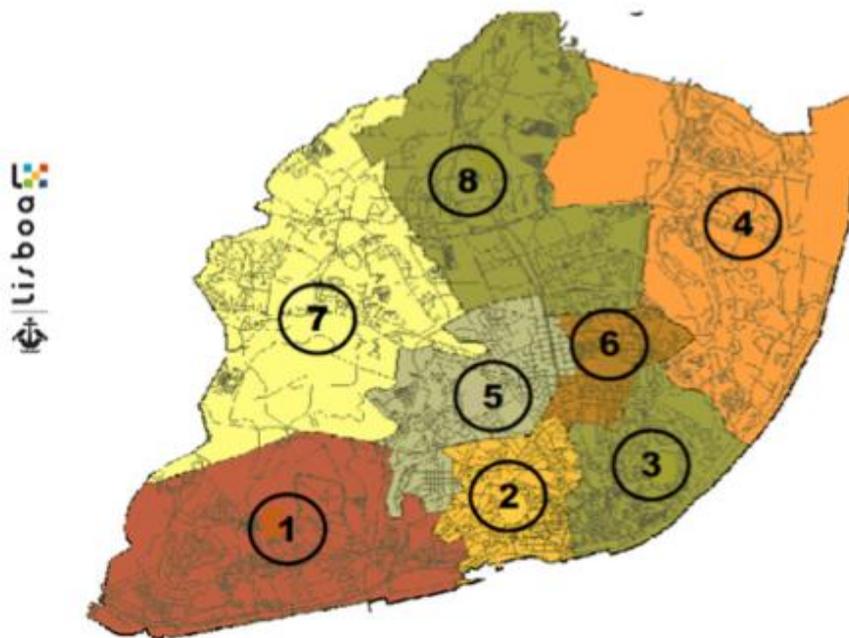


Figura 40 - Zonas de limpeza da CML

5.1.1. Organização dos Circuitos de Recolha

Relativamente aos circuitos de recolha de RU, dividem-se entre circuitos de recolha de resíduos indiferenciados e de frações valorizáveis (recicláveis), são efetuados circuitos específicos para recolha de papel, vidro, embalagens, pilhas e resíduos orgânicos.

Relativamente à recolha de RU, em Lisboa podemos dividi-la em três tipologias de recolha:

1. Recolha Porta a Porta:

A recolha é realizada em dias alternados entre os materiais valorizáveis (papel e embalagens) e os resíduos indiferenciados. Os horários e dias de recolha e o equipamento de deposição utilizado variam de acordo com as tipologias do edificado, morfologia urbana e características funcionais de cada área da cidade (moradas, habitações de alto porte, zonas históricas, edifícios com ou sem condições para guardar contentores, concentração e tipo de atividades económicas, nomeadamente restauração, comércio e serviços).

Dentro desta tipologia de recolha, existem ainda 3 subtipos de recolha no município:

A. Recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte

Este sistema de recolha é caracterizado por zonas de edifícios de médio/alto porte,

maioritariamente residenciais, que podem ter, ou não, “casa do lixo” para acondicionamento dos contentores. A recolha é realizada porta a porta, ou seja, cada edifício tem os seus próprios contentores, e um (ou mais) responsáveis pela colocação dos contentores à porta, nos dias indicados para cada fluxo de resíduo. Os contentores indiferenciados possuem tampa verde, ou cinzenta; os de papel/cartão possuem tampa azul, e os de embalagens possuem tampa amarela. Os contentores utilizados neste sistema são de 90, 140, 240 ou 360 l, porém os contentores de 240 l são os mais utilizados, tanto para os indiferenciados, como para os seletivos.

B. Recolha porta a porta em zona moradias

Este sistema de recolha caracteriza-se por incluir predominantemente moradias uni ou multifamiliares. Nestas zonas, a recolha é realizada porta a porta, ou seja, cada família (moradia) é responsável pela colocação do contentor à porta, nos dias indicados para cada fluxo de resíduo. Os contentores de indiferenciados possuem tampa verde, ou cinzenta; os de papel/cartão possuem tampa azul, e os de embalagens possuem tampa amarela. Os contentores utilizados neste sistema são de 90, 140, 240 ou 360 l, porém os contentores de 140 litros são os mais utilizados, tanto para os indiferenciados, como para os seletivos.

C. Recolha porta-a-porta em bairros históricos

Este tipo de zonas caracteriza-se pelo edificado ser predominantemente de edifícios de baixo/médio porte, maioritariamente residenciais, dos bairros históricos de Alfama, Castelo e São Vicente de Fora. A recolha é realizada porta a porta, em sacos de 30 l, e a responsabilidade por colocar o saco à porta do edifício é de cada família (cada habitação), nos dias indicados para cada valência de resíduo. Os sacos, suportados pela CML e distribuídos pelo serviço de apoio à limpeza e pelas juntas de freguesia de indiferenciados, são de cor preta para os resíduos indiferenciados, de cor azul translúcida para os resíduos de papel/cartão e de cor amarela translúcida para os resíduos de embalagens.

2. Recolha coletiva:

Assenta num sistema de recolha, com base em contentores públicos de média capacidade, tanto de materiais valorizáveis (papel, embalagens e vidro), como de resíduos indiferenciados.

Dentro desta tipologia de recolha, existem 2 subtipos de recolha:

A. Recolha coletiva por ecoilhas

Este tipo de zonas não possui um edificado específico, sendo que a maioria caracteriza-se por uma mistura entre edifícios de médio/alto porte e moradias. A recolha nestas zonas é do tipo coletivo, são usados contentores de 1000 e 1100 l, sendo os de 1100 l os mais utilizados. Os contentores estão disponíveis na via pública e juntam num só local o equipamento destinado à deposição dos resíduos indiferenciados e dos recicláveis. A sua recolha é realizada em período diurno ou noturno.

Uma ecoilha compreende uma bateria de contentores, normalmente com um ou dois contentores para resíduos indiferenciados, com tampa de cor cinzenta, um contentor para papel/cartão, com tampa de cor azul, um contentor para embalagens, com tampa de cor amarela, e um contentor para vidro, com tampa de cor verde.

B. Recolha colectiva por ecopontos

Tal como as ecoilhas, este tipo de zonas não possui um edificado específico, sendo que a maioria é composta por uma mistura entre edifícios de médio/alto porte e moradias. A recolha seletiva nestas zonas é coletiva, por contentores de 2500 l do tipo *cyclea* ou por contentores subterrâneos de 5000 l. Estes equipamentos estão preparados para receber, não apenas o vidro e o papel, mas também as embalagens e ainda, nalguns conjuntos, as pilhas, permitindo, assim, alargar o leque de materiais destinados à reciclagem. Os contentores estão disponíveis na via pública e a recolha, neste caso, é efetuada por uma viatura equipada com grua.

Não existe recolha de indiferenciados no formato de ecopontos, pelo que a recolha nestas zonas é efetuada porta a porta, por prédio ou moradia.

3. Centros de receção:

Infraestruturas que contêm contentores de elevada capacidade de deposição. Recebem resíduos de: papel/cartão, equipamentos elétricos e eletrónicos, óleos alimentares usados e lâmpadas.

Os RU do concelho de Lisboa após serem recolhidos podem ter os seguintes destinos:

- Incineradora de São João da Talha (ValorSul), no caso dos resíduos indiferenciados;
- Aterro de Mato da Cruz (ValorSul), no caso dos resíduos indiferenciados, quando a incineradora está inoperacional;
- Estação de Triagem – Vale Forno (ValorSul), no caso dos resíduos recicláveis.

5.2. Seleção dos Circuitos de Recolha

Os circuitos selecionados para avaliação de desempenho neste trabalho constam da base de dados da CML e foram monitorizados pela FCT-UNL (Santos, 2011). Os circuitos selecionados dividem-se entre diferentes tipologias de resíduos e recolha.

Quanto às tipologias de resíduos dos circuitos selecionados, estas dividem-se em: resíduos indiferenciados, resíduos de embalagens e resíduos de papel/cartão. As tipologias de recolha selecionadas dividem-se em: recolha porta a porta edifícios médio/alto porte, recolha porta a porta moradias, recolha coletiva por ecoilhas e recolha coletiva por ecopontos.

Na seleção dos circuitos foram considerados critérios como:

- 1) A homogeneidade do circuito, ou seja, procurou-se que cada circuito tivesse na sua totalidade as mesmas características geográficas (e.g. apenas edifícios de médio/alto porte), bem como o mesmo tipo de contentores instalados (e.g. apenas contentores de duas rodas e não circuitos com contentores de duas e quatro rodas ou contentores e sacos);
- 2) A periodicidade de recolha (dia e hora de recolha), ou seja, procurou-se selecionar os circuitos em que o horário de recolha não coincidissem, fator que foi muito importante para um maior número de monitorizações num curto espaço de tempo.

Com base nestes critérios foram selecionados:

- Nove circuitos em zonas servidas por um sistema de recolha porta a porta em edifícios de médio/alto porte (3 indiferenciados, 3 papel/cartão e 3 embalagens);
- Três circuitos em zonas servidas por um sistema de recolha porta a porta em moradias (1 indiferenciados, 1 papel/cartão e 1 embalagens);
- Oito circuitos em zonas servidas por um sistema de recolha coletiva por ecoilhas (4 indiferenciados, 2 papel/cartão e 2 embalagens);
- Seis circuitos em zonas servidas por um sistema de recolha coletiva por ecopontos (2 indiferenciados, 2 papel/cartão e 2 embalagens).

A Tabela 22, representa o conjunto de circuitos selecionados e o número de registos que cada um possui.

Tabela 22 - Seleção final dos circuitos selecionados

Tipologia		Indiferenciados		Papel/Cartão		Embalagens	
		Circuito	Nº de registos	Circuito	Nº de registos	Circuito	Nº de registos
Porta -a- Porta	Edifícios médio/alto porte	D0608	4	S2464	2	S3220	4
		D0802	4	S2468	4	S3203	2
		D0404	4	S2444	4	S3477	2
	Moradias	D0104	4	S2446	4	S3463	4
Recolha coletiva Ecoilhas		D0708/ D0711	2/2	S2201	2	S3204	2
		D0411/ D0415	2/2	S2203	4	S3208	4
Recolha coletiva Ecopontos		D0501 (*)	4	PE0101	4	EE0101	4
		D0701 (*)	4	PE0701	4	EE0701	4

(*) circuitos porta a porta edifícios médio/alto porte em zona de ecopontos

As características dos circuitos selecionados no que diz respeito à frequência de recolha, horário de recolha, tipo de contentores instalados, tipo de viatura utilizada, dimensão da equipa de recolha, zona do município a que corresponde o circuito e a população servida pelo circuito encontram-se no Anexo II.

5.3. Recolha e Introdução de Informações de Base

A recolha das informações de base dos circuitos selecionados foi executada com recurso à base de dados da CML. Esta base de dados possui vários tipos de informação não essencial ao trabalho, motivo pelo qual teve de ser filtrada e adaptada às informações exclusivas que alimentam o modelo desenvolvido.

O modelo é alimentado com 4 tipos de informação de base, os dados de caracterização geral dos circuitos, os dados de caracterização da área de intervenção, os dados de caracterização económica dos circuitos e os dados de caracterização operacional das recolhas.

A Tabela 23 apresenta os dados de caracterização geral dos circuitos selecionados para o teste do modelo e respetiva avaliação de desempenho.

Tabela 23 - Dados de caracterização geral dos circuitos selecionados

Caracterização geral dos circuitos	Informações obtidas
Identificação do circuito	D0608; D0802; D0404; D0104; D0708; D0711; D0411; D0415; D0501; D0701; S2464; S2468; S2444; S2446; S2201; S2203; PE0101; PE0701; S3220; S3203; S3477; S3463; S3204; S3208; EE0101; EE0701.
Entidade de recolha	Câmara Municipal de Lisboa.
Hora de saída (geralmente):	Turno Diurno: 6h; Turno Noturno: 22:30h.
Número de colaboradores:	1 Motorista + (1, 2 ou 3 cantoneiros), dependendo dos circuitos e do dia de recolha.
Tipo de resíduo	Indiferenciados, Embalagens e Papel/Cartão.
Tipo de viatura	No caso dos circuitos inventariados foram apenas usadas: viaturas de remoção múltipla 13/16 m ³ (Diesel ou GNC) e viaturas de remoção de ecopontos com compactação.
Capacidade da viatura (m ³)	Viaturas de remoção múltipla 13/16 m ³ (Diesel ou GNC): 38 m ³ com compactação (1 : 2.5); Viaturas de remoção de ecopontos com compactação: 38 m ³ com compactação (1 : 2.5).
Massa específica ou peso específico (kg.m ⁻³)	Resíduos indiferenciados: 250 kg.m ⁻³ ; Resíduos de papel/cartão: 110 kg.m ⁻³ ; Resíduos de embalagens: 70 kg.m ⁻³ .
Dias de recolha	2 ^a , 3 ^a , 4 ^a , 5 ^a , 6 ^a feira e sábado.
Tipo de contentores	Contentores de 90, 140, 240, 360, 1000 e 1100 l e Contentores <i>Cyclea</i> .

Relativamente aos dados de caracterização da área de intervenção dos circuitos selecionados, estes são apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 - Dados de caracterização da área de intervenção dos circuitos selecionados

Caraterização da área de intervenção	Informações obtidas
Tipo de zona	Porta a porta edifícios de médio e alto porte; Porta a porta moradias; Ecoilhas; Ecopontos.
Nº de alojamentos servidos (*)	Sem informação.
Nº de comércios servidos (*)	Sem informação.
Nº de outros servidos (*)	Sem informação.
Número de contentores	Número que varia com o circuito selecionado.
Volume unitário dos contentores (1.contentor ⁻¹)	90, 140, 240, 360, 1000 e 1100 l; Contentores Cyclea (2500 l).
Número de pontos de recolha	Número variável, depende do circuito.

(*) Informação de contexto, não usada no cálculo dos indicadores.

Os dados de caracterização económica dos circuitos selecionados são disponibilizados na Tabela 25.

Tabela 25 - Dados de caracterização económica dos circuitos

Caraterização económica dos circuitos	Informações obtidas
Custos com colaboradores (€.colaboradores ⁻¹)	Motorista: 93 €.colaborador ⁻¹ .recolha ⁻¹ ; Motorista: 67 €.colaborador ⁻¹ .recolha ⁻¹ .
Custos com combustível (€.l ⁻¹ ou €.m ³)	Assumiu-se na altura das avaliações de desempenho os seguintes preços: Diesel: 1,35 €.l ⁻¹ ; GNC: 0,84 €.m ³ .
Custos com contentores (€.contentor ⁻¹)	0,04 €.contentor ⁻¹ ;
Custos de manutenção das instalações (€.recolha ⁻¹)	Neste caso de estudo não foram considerados custos de manutenção das instalações devido ao extenso património que a CML possui, no qual é extremamente difícil chegar ao valor de manutenção de uma infraestrutura específica.
Custos de manutenção das viaturas (€.viatura ⁻¹)	Viaturas de remoção múltipla 13/16 m ³ (Diesel): 68,1 € por saída; Viaturas de remoção múltipla 13/16 m ³ (GNC): 59,3 € por saída; Viaturas de remoção de ecopontos com compactação: 26 € por saída;
Outros custos (€.recolha ⁻¹)	Não foram acrescentados outros custos neste caso de estudo.

Os dados de caracterização operacional dos circuitos selecionados (Tabela 26), variam entre circuitos e entre recolhas. Os consumos de combustível, a quantidade de resíduos recolhida, e os tempos e distâncias entre pontos do circuito, são números que variam de circuito para circuito e de recolha para recolha. Desta forma, a base de dados da CML teve que ser ajustada para cada circuito e respetivas recolhas, através dos dados de *input* constituintes da ficha de registo presente no Anexo I.

Tabela 26 - Dados de caracterização operacional das recolhas

Caraterização operacional das recolhas	Descrição / Subtipos
Tipo de combustível	Diesel ou GNC.
Consumo de combustível (l)	Nº que varia com o circuito selecionado.
Quantidade de resíduos recolhida (t)	Nº que varia com o circuito selecionado.
Tempos e distâncias de recolha (h e km)	Nºs que variam com o circuito selecionado.

Após a recolha e ajuste de base de dados, e após ter em posse as informações de base para cada um dos 26 circuitos selecionados, procedeu-se à introdução dos respetivos dados na aplicação informática com vista a testar e validar o modelo de avaliação de desempenho.

5.4. Apresentação, Análise e Discussão de Resultados

Finalizada a inserção das informações dos 26 circuitos selecionados na aplicação informática, foi avaliado o desempenho de cada um deles. Este subcapítulo, divide-se em duas partes, uma primeira onde são apresentados e analisados os resultados do desempenho dos circuitos por sistema de recolha e por tipologia de resíduo e uma segunda parte onde são expostos e analisados os resultados do desempenho dos diferentes sistemas de recolha, também por tipologia de resíduo.

5.4.1. Avaliação de Desempenho dos Circuitos de Recolha

Os resultados dos circuitos de recolha avaliados são apresentados de acordo com as diferentes tipologias de recolha: (a) porta a porta em zonas de médio e alto porte; (b) porta a porta em zonas de moradias; (c) coletiva por ecolilhas; (d) coletiva por ecopontos.

Em cada uma das tipologias acima referidas será feita uma análise dos seguintes aspetos:

- Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte;
- Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte;
- Consumo de combustível;
- Fator de utilização das viaturas e contentores;
- Custo unitário da operação de recolha;
- Emissão de GEE (quantificada através da emissão de CO₂).

5.4.1.1. Recolha Porta a Porta em Zonas de Edifícios de Médio e Alto Porte

- **Circuitos de indiferenciados**

O desempenho dos circuitos de recolha indiferenciada porta a porta, em zonas de edifícios de médio e alto porte (D0608, D0802 e D0404), constam da Tabela 27.

Tabela 27 - Desempenho dos circuitos de indiferenciados (P-a-P edifícios médio e alto porte)

Designação	Indicador	D0608	D0802	D0404	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,25	0,19	0,26	0,23	0,03	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,39	0,33	0,39	0,37	0,03	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,09	0,08	0,09	0,09	0,004	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	0,75	0,54	1,18	0,82	0,24	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	5,82	4,17	4,21	4,73	0,72	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,75	2,76	2,36	2,96	0,53	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	3,99	-	2,76	3,38	0,62	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	-	3,18	-	3,18	0,00	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	2,99	2,85	4,51	3,45	0,71	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	37,5	24,98	23,13	28,54	5,98	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,99	1,76	1,27	1,34	0,28	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	42,93	57,03	45,59	48,52	5,68	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	80,45	90,21	78,11	82,92	4,86	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	30,79	20,47	24,91	25,39	3,60	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	10,57	7,644	7,32	8,51	1,37	kg CO ₂ .l ⁻¹

- **Circuitos de papel/cartão**

O desempenho dos circuitos de recolha de papel/cartão porta a porta, em zonas de edifícios de médio e alto porte (S2464, S2468 e S2444), constam da Tabela 28.

Tabela 28 - Desempenho dos circuitos de papel/cartão (P-a-P edifícios médio e alto porte)

Designação	Indicador	S2464	S2468	S2444	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,53	0,69	0,66	0,63	0,06	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,76	1,10	0,98	0,95	0,12	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,12	0,17	0,20	0,16	0,029	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	1,57	2,22	3,44	2,41	0,69	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	7,36	12,68	10,79	10,28	1,94	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,11	3,13	4,20	3,48	0,48	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	6,71	-	9,17	7,94	1,23	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	-	11,18	-	11,18	0,00	
IVE	Velocidade efetiva de recolha	2,95	3,22	5,22	3,80	0,95	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	25,16	25,24	22,72	24,37	1,10	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,63	0,48	0,51	0,54	0,06	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	60,96	47,52	53,17	53,88	4,72	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	91,87	88,68	93,46	91,34	1,77	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	49,92	76,45	77,60	67,99	12,05	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	17,76	26,87	24,30	22,97	3,47	kg CO ₂ .l ⁻¹

- **Circuitos de embalagens**

O desempenho dos circuitos de recolha de embalagens porta a porta, em zonas de edifícios de médio e alto porte (S3220, S3477 e S3203), constam da Tabela 29.

Tabela 29 - Desempenho dos circuitos de embalagens (P-a-P edifícios médio e alto porte)

Designação	Indicador	S3220	S3477	S3203	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	1,29	1,26	1,86	1,47	0,26	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	2,15	1,55	2,44	2,05	0,33	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,26	0,15	0,21	0,21	0,038	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	4,49	6,57	10,96	7,34	2,41	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	26,21	15,74	28,61	23,52	5,19	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,88	4,38	6,10	4,79	0,88	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	-	12,75	-	12,75	0,00	l.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (GNC)	23,99	-	25,88	24,93	0,95	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	3,48	5,20	5,90	4,86	0,92	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	25,39	32,09	30,23	29,24	2,56	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,26	0,26	0,18	0,23	0,04	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	40,65	41,83	36,36	39,61	2,17	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	77,44	94,36	70,30	80,70	9,11	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	163,97	139,42	178,93	160,77	14,24	€t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	57,66	33,77	62,21	51,21	11,63	kg CO ₂ .l ⁻¹

❖ **Análise de resultados**

Os desempenhos médios obtidos para os circuitos de indiferenciados, papel/cartão e embalagens, em sistemas de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte, são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Média dos desempenhos obtidos por tipologia de resíduos (P-a-P edifícios médio e alto porte)

Designação	Indicador	Indiferenciados	Papel/Cartão	Embalagens	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,23	0,63	1,47	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,37	0,95	2,05	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,09	0,16	0,21	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	0,82	2,41	7,34	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	4,73	10,28	23,52	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	2,96	3,48	4,79	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	3,38	7,94	12,75	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	3,18	11,18	24,93	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	3,45	3,80	4,86	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	28,54	24,37	29,24	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	1,34	0,54	0,23	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	48,52	53,88	39,61	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	82,92	91,34	80,70	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	25,39	67,99	160,77	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	8,51	22,97	51,21	kg CO ₂ .t ⁻¹

⇒ Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte

O indicador ITT (Tempo Total de Recolha) foi essencial para a análise da distribuição temporal das recolhas. Segundo este indicador (Tabela 30), verifica-se que o tempo despendido pelas equipas de recolha é menor no caso dos resíduos indiferenciados em que para recolher 1 tonelada de resíduos são necessários, em média, 22 minutos (0,37 horas). O menor valor registado por este indicador está relacionado com a maior produtividade dos circuitos de indiferenciados.

Os circuitos de papel/cartão e embalagens registam maiores valores neste indicador, 57 minutos (0,95 horas) e 2 horas e 3 minutos (2,05 horas), respetivamente.

Na análise da distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (Figura 41), verificou-se que o tempo efetivo de recolha representa a maior percentagem do tempo total despendido, 63% nos circuitos de indiferenciados, 66% nos circuitos de papel/cartão e 72% nos circuitos de embalagens. Observa-se ainda, que os tempos de transporte e descarga, bem como os tempos de deslocação [Garagem – 1º Ponto de Recolha (T₁) e Destino Final – garagem (T₂)], denominados no gráfico por tempos T₁+T₂, apresentam valores inferiores.

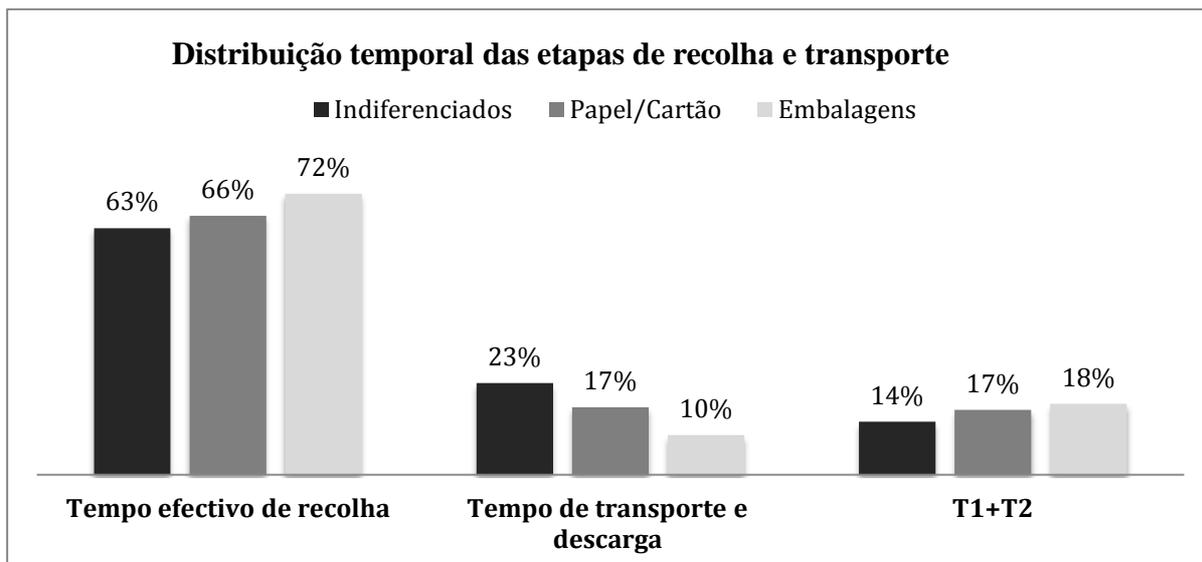


Figura 41 - Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (P-a-P edifícios médio e alto porte)

⇒ **Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte**

O indicador IDT (Distância Total de Recolha) foi essencial para a análise da distribuição espacial das recolhas. Segundo este indicador (Tabela 30), verifica-se que para recolher 1 tonelada de resíduos indiferenciados, as equipas de recolha necessitam, em média, de percorrer 4,7 km. No caso dos circuitos de papel/cartão e embalagens, as equipas de recolha necessitam de percorrer maiores distâncias para recolher a mesma quantidade de resíduos, 10,3 km e 23,5 km, respetivamente.

Na análise da distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (Figura 42), verificou-se para os circuitos de indiferenciados, que 62% da distância total percorrida no circuito corresponde à etapa de transporte e descarga de resíduos, 20% à distância percorrida entre a [Garagem – 1º Ponto de Recolha (D_1) e Destino Final – Garagem (D_2)], denominados no gráfico por distância D_1+D_2 e, por último, 17% à distância efetiva de recolha.

Nos circuitos de papel/cartão, 43% da distância total percorrida no circuito corresponde à distância D_1+D_2 , 34% à distância de transporte e descarga e 23% à distância efetiva de recolha.

Por último, nos circuitos de embalagens, verificou-se que 48% da distância total percorrida no circuito corresponde à distância D_1+D_2 , 31% à distância efetiva de recolha e 20% à distância de transporte e descarga.

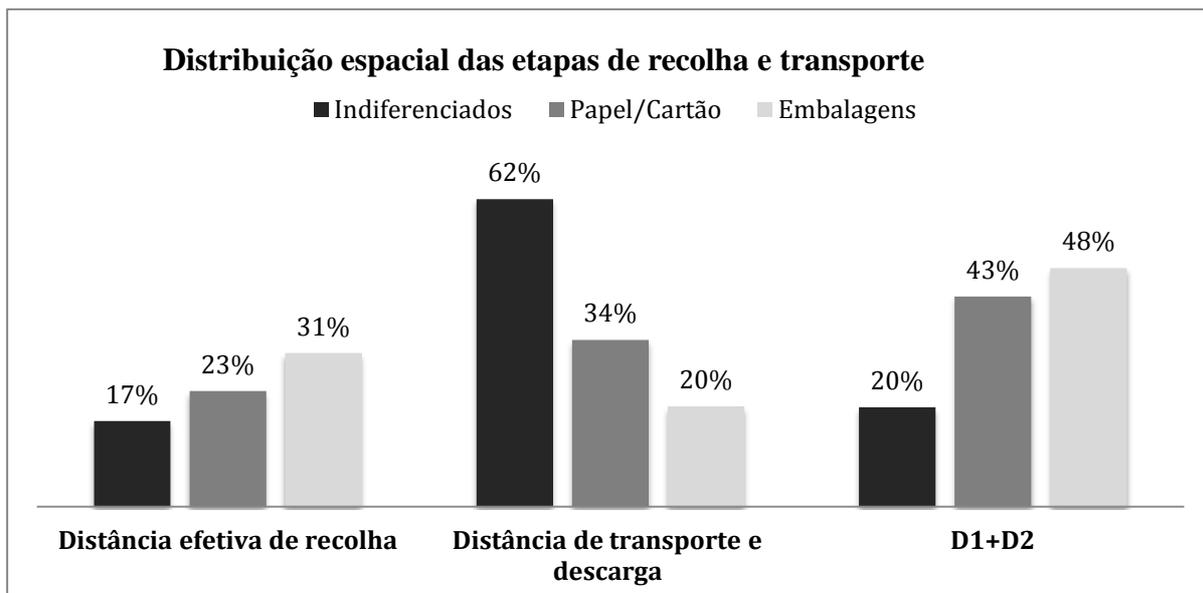


Figura 42 - Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (P-a-P edifícios médio e alto porte)

⇒ Consumo de combustível

Na análise do consumo de combustível (Figura 43), verifica-se para os circuitos indiferenciados, que em média, para recolher 1 tonelada de resíduos, houve um consumo de 3,4 l de diesel e de 3,2 m³ de GNC, registando-se nesta tipologia de resíduos o menor consumo de combustível por tonelada de resíduos recolhida.

Nos circuitos de papel/cartão, verificam-se consumos de 7,9 l de diesel e 11,2 m³ de GNC por tonelada recolhida. Por último, nos circuitos de embalagens, verifica-se que para a mesma quantidade de resíduos recolhida, são necessários 12,8 l de diesel e 24,9 m³ de GNC.

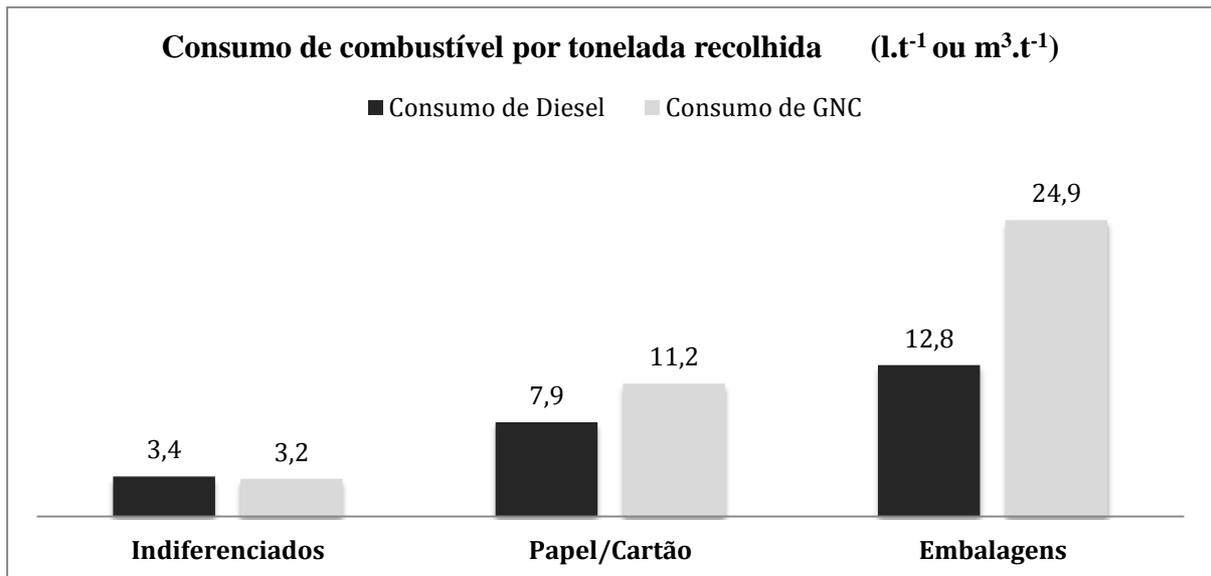


Figura 43 – Consumo de combustível por tipologia de resíduo (P-a-P edifícios médio e alto porte)

⇒ **Fator de utilização das viaturas (IFV) e contentores (IFC)**

Quanto ao fator de utilização das viaturas e dos contentores (Figura 44), verifica-se que no caso dos circuitos de resíduos indiferenciados existe uma percentagem de enchimento das viaturas de 83% e uma percentagem de enchimento dos contentores de 49%.

Nos circuitos de papel/cartão, a percentagem de enchimento das viaturas é de 91% e de contentores de 54%. Relativamente aos circuitos de embalagens, estes registam percentagens de enchimento das viaturas e de contentores de 81% e 40%, respetivamente.

Os resultados permitem aferir que em média, com a frequência de recolha existente, o volume de resíduos depositado preenche, no máximo, metade do volume de deposição instalado. Com esta análise pode induzir-se que a frequência de recolha poderia ser reduzida, no entanto os resultados registam boas percentagens de enchimento das viaturas, o que não torna esta análise tão simplista, no entanto, no caso dos circuitos de indiferenciados e de embalagens, fica por preencher, em média, 20% da capacidade das viaturas, que poderia ser utilizada.

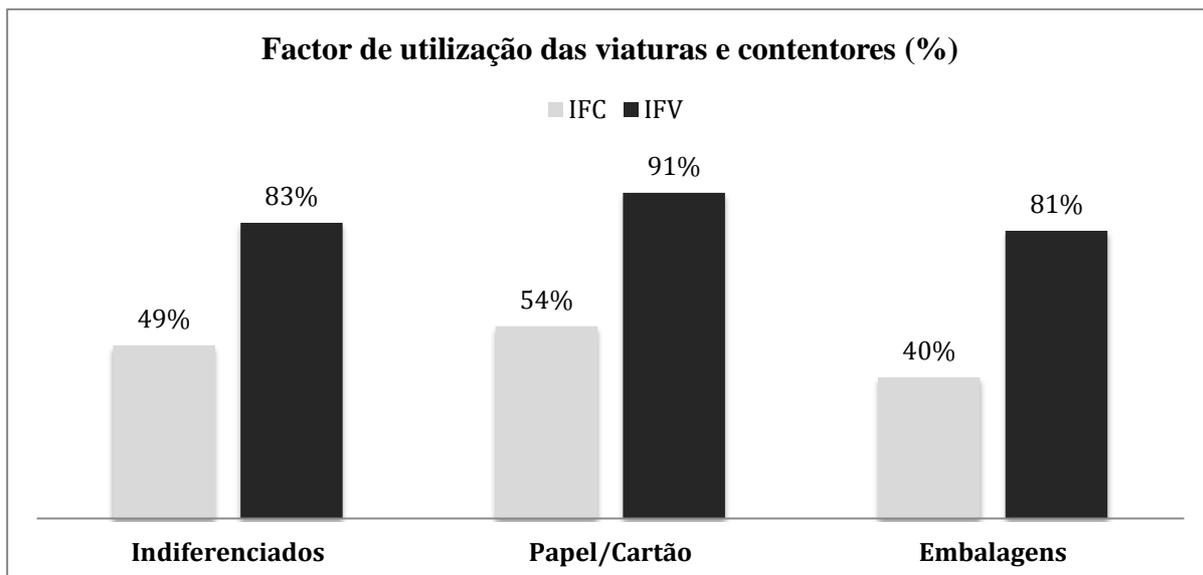


Figura 44 - Fator de utilização das viaturas e contentores por tipologia de resíduo (P-a-P edifícios médio e alto porte)

⇒ **Custo unitário da operação de recolha**

Na análise do custo unitário da operação de recolha (Figura 45), verifica-se que o custo para recolher uma tonelada de resíduos é menor no caso dos resíduos indiferenciados, devido à maior produtividade dos circuitos, registando o valor de 25,4 € por tonelada. Em relação aos circuitos de papel/cartão e embalagens, este valor ascende aos 68 e 160,8 € por tonelada, respetivamente.

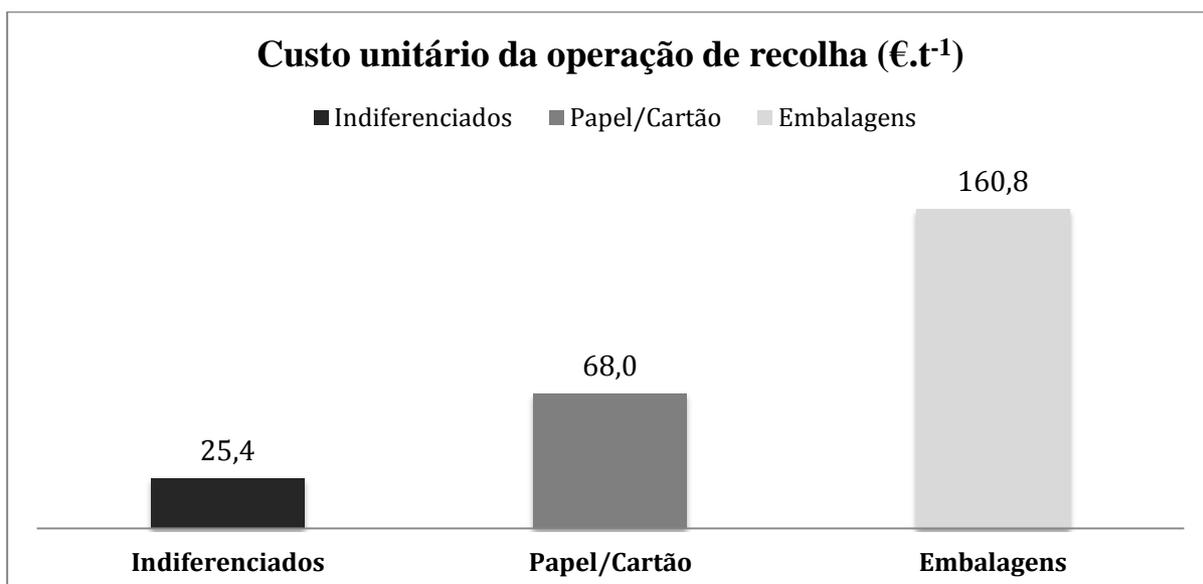


Figura 45 - Custo unitário da operação de recolha por tipologia de resíduo (P-a-P edifícios médio e alto porte)

⇒ Emissão de GEE

Na emissão de GEE por tipologia de resíduo (Figura 46), traduzida pela emissão de CO₂, verifica-se que os circuitos de resíduos indiferenciados possuem uma menor quantidade de CO₂ emitido por tonelada de resíduos recolhida, 8,5 kg CO₂. Quanto aos circuitos de papel/cartão e embalagens, registaram valores muito superiores, 23 e 51,2kg CO₂ por tonelada, respetivamente.

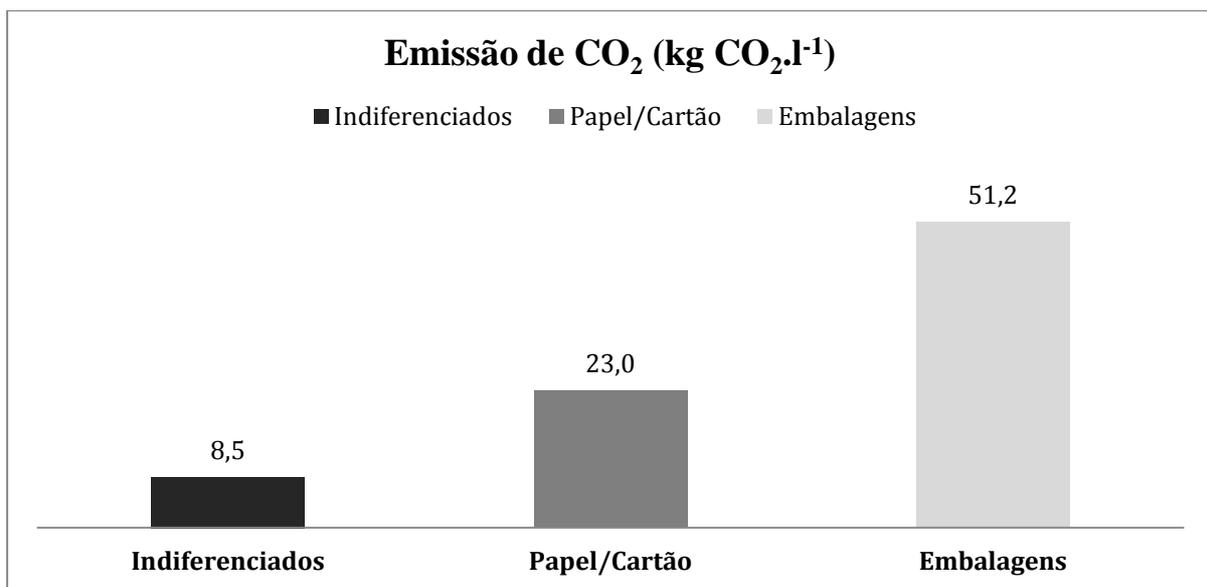


Figura 46 - Emissões de CO₂ por tipologia de resíduo (P-a-P edifícios médio e alto porte)

5.4.1.2. Recolha Porta a Porta em Zonas de Moradias

- **Circuito de indiferenciados, papel/cartão e embalagens**

O desempenho dos circuitos de recolha de indiferenciados, papel/cartão e embalagens porta a porta, em zonas de moradias (D0104, S2446 e S3463), respetivamente, constam da Tabela 31.

Tabela 31 - Desempenho dos circuitos de indiferenciados, papel/cartão e embalagens (P-a-P moradias)

Designação	Indicador	D0104	S2446	S3463	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,51	1,04	2,25	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,70	1,30	3,01	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,11	0,09	0,18	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	2,64	5,40	12,12	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	11,09	13,81	30,52	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	5,06	3,04	6,13	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	6,24	10,42	25,22	l.t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	5,21	5,20	5,39	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	42,94	31,71	24,29	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,66	0,32	0,15	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	40,94	44,69	34,60	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	69,16	94,27	86,84	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	47,57	77,11	171,62	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	16,53	27,60	66,79	kg CO ₂ .l ⁻¹

❖ Análise de resultados

⇒ Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte

Segundo o indicador ITT (Tempo Total de Recolha) (Tabela 31), verifica-se que o tempo despendido pelas equipas de recolha é menor no caso dos resíduos indiferenciados, em que para recolher 1 tonelada de resíduos são necessários, em média, 42 minutos (0,70 horas).

Os circuitos de papel/cartão e embalagens registam maiores valores neste indicador, o tempo despendido para recolher 1 tonelada de resíduos é maior, 1 hora e 18 minutos (1,30 horas) e 3 horas e 1 minuto (3,01 horas), respetivamente.

Na análise da distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (Figura 47), verifica-se que o tempo efetivo de recolha representa a maior percentagem do tempo total despendido na recolha e transporte de resíduos, tal como acontecia no sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte. O tempo efetivo de recolha representa 73% do tempo total de recolha nos circuitos de indiferenciados, 80% nos circuitos de papel/cartão e 75% nos circuitos de embalagens. Os tempos de transporte e descarga bem como os tempos T_1+T_2 , apresentam valores mais baixos, tal como acontecia no sistema de recolha enunciado anteriormente.

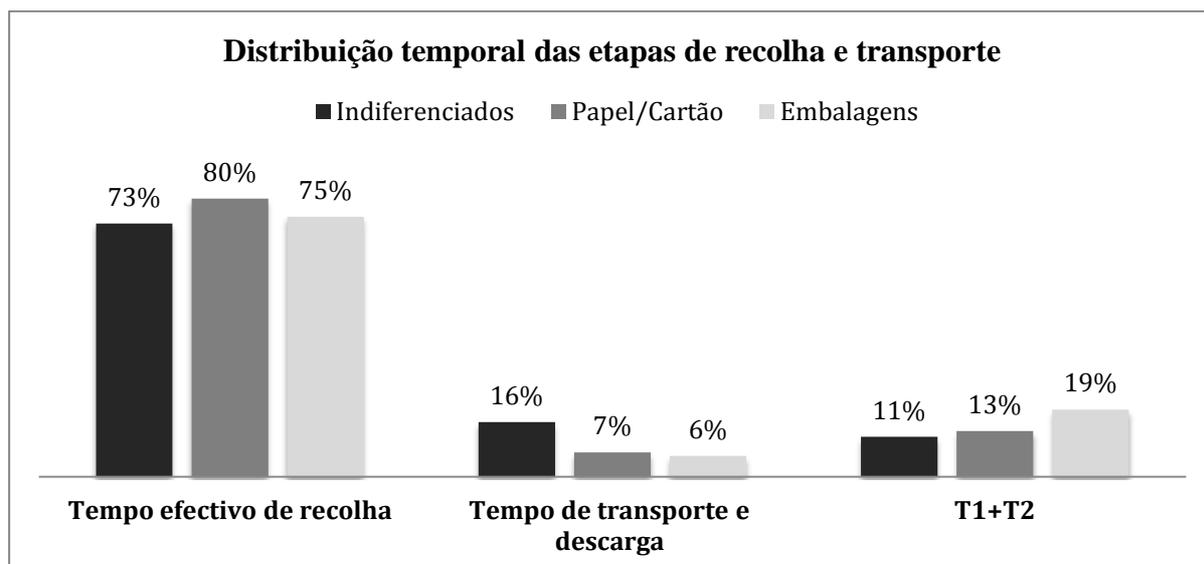


Figura 47 - Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (P-a-P moradias)

⇒ **Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte**

Segundo o indicador ITD (Distância Total de Recolha) (Tabela 31), verifica-se que para recolher 1 tonelada de resíduos indiferenciados, as equipas de recolha necessitam, em média, de percorrer 11,1 km. No caso dos circuitos de papel/cartão e embalagens, esta distância acresce para 13,8 km e 30,5 km, respetivamente.

Na análise da distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (Figura 48), verifica-se para os resíduos indiferenciados que 46% da distância total percorrida no circuito corresponde ao transporte e descarga de resíduos, 31% à distância D_1+D_2 e 24% à distância efetiva de recolha. Esta ordem de distribuições verificou-se também nos circuitos de indiferenciados em zonas de edifícios de médio e alto porte.

Nos circuitos papel/cartão, 39% da distância total percorrida no circuito corresponde à distância D_1+D_2 , 39% à distância efetiva de recolha e 22% à distância de transporte e descarga. Por último, nos circuitos de embalagens, verifica-se que 40% da distância total percorrida no circuito corresponde à distância D_1+D_2 , 40% à distância efetiva de recolha e 20% à distância de transporte e descarga.

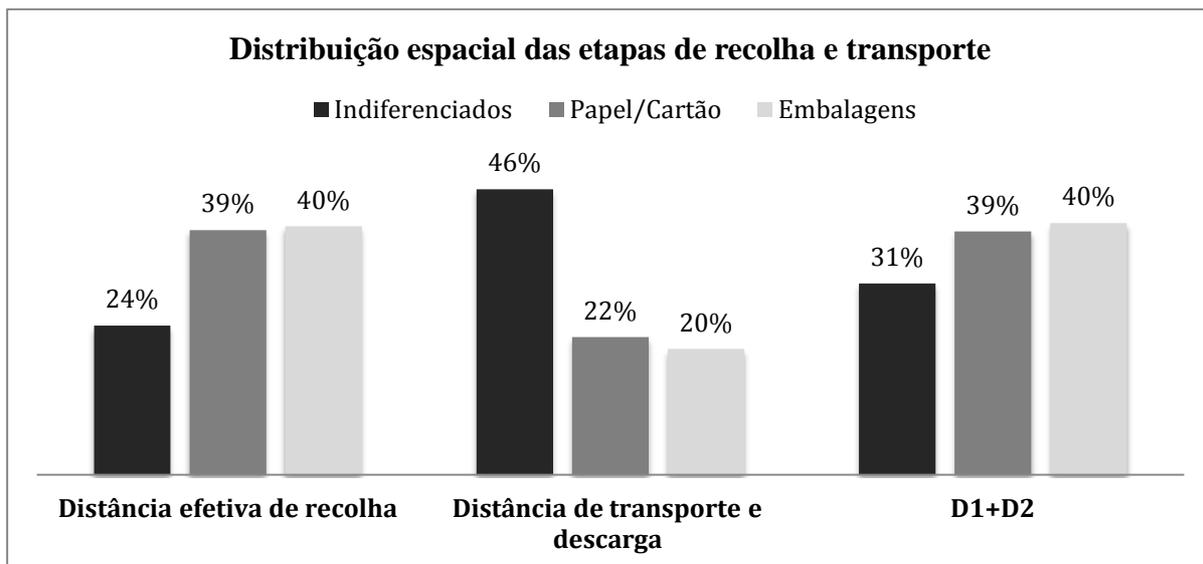


Figura 48 - Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (P-a-P moradias)

⇒ **Consumo de combustível**

Nos 3 circuitos seleccionados desta tipologia de recolha, apenas se registou a presença de viaturas movidas a diesel. Desta forma, na análise do consumo de combustível (Figura 49), verifica-se para os circuitos de indiferenciados, que em média, para recolher 1 tonelada de resíduos, houve um consumo de 6,2 l de diesel, registando-se nesta tipologia de resíduos o menor consumo de combustível por tonelada de resíduos recolhida. Nos circuitos de papel/cartão e embalagens verifica-se que para a recolha de 1 tonelada de resíduos houve um consumo de 10,4 e 25,2 l, respetivamente.

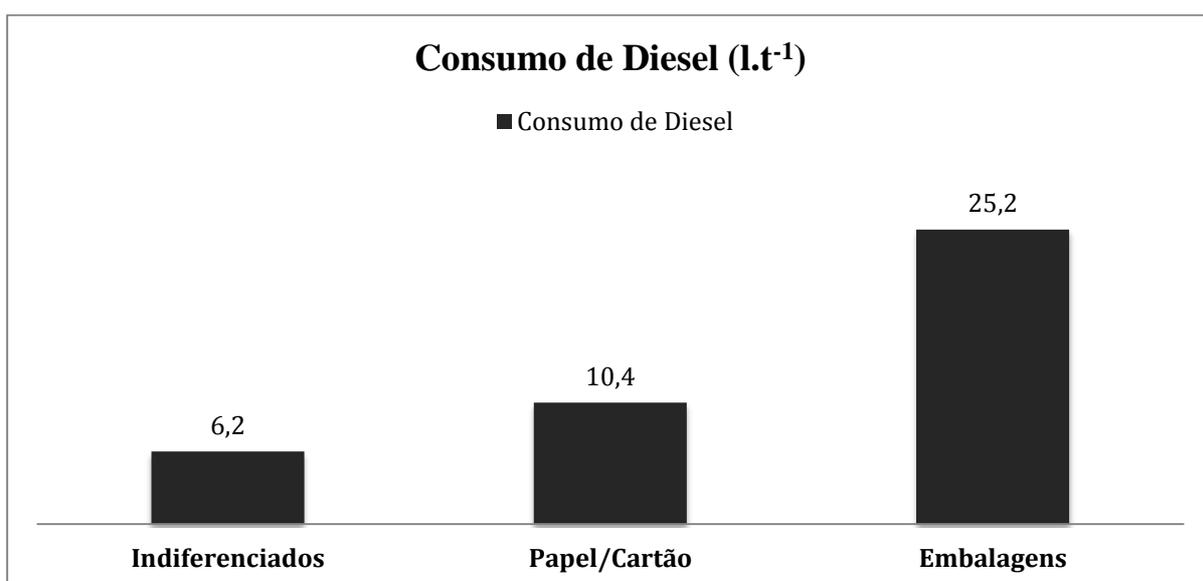


Figura 49 - Consumo de combustível por tipologia de resíduo (P-a-P moradias)

⇒ **Fator de utilização das viaturas (IFV) e contentores (IFC)**

Na análise do fator de utilização das viaturas e contentores (Figura 50), verifica-se para os circuitos de resíduos indiferenciados, que existe uma percentagem de enchimento das viaturas de 63% e uma percentagem de enchimento dos contentores de 41%.

Nos circuitos de papel/cartão, a percentagem de enchimento das viaturas foi de 94% e a de contentores de 45%, enquanto que nos circuitos de embalagens, estes registaram percentagens de enchimento das viaturas e de contentores de 87% e 35%, respetivamente.

Com estes resultados conclui-se que, em média, com a frequência de recolha existente, existem baixas percentagens de enchimento dos contentores. Relativamente às percentagens de enchimento das viaturas verificam-se bons valores no caso dos circuitos de recolha seletiva, mas um resultado menos positivo, do ponto de vista da eficiência, no caso dos circuitos de indiferenciados (69% de enchimento da viatura).

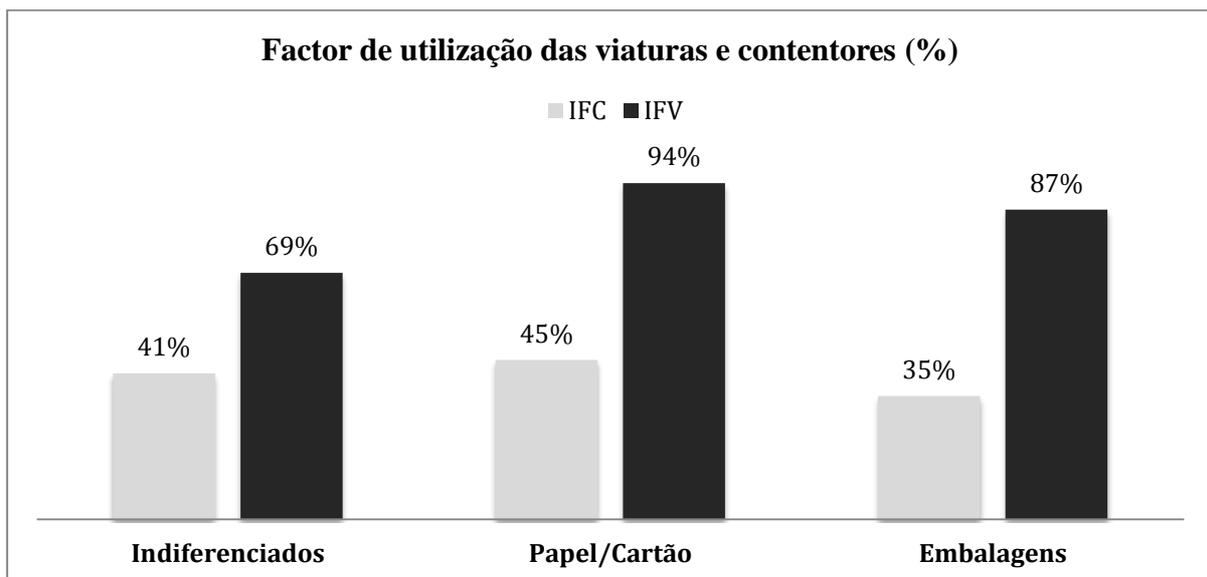


Figura 50 - Fator de utilização das viaturas e contentores por tipologia de resíduo (P-a-P moradias)

⇒ **Custo unitário da operação de recolha**

Na análise do custo unitário da operação de recolha (Figura 51), verifica-se que os circuitos de indiferenciados apresentam novamente um preço por tonelada de resíduo recolhida muito abaixo dos valores registados pelos circuitos de recolha seletiva, 47,6 €.

Nos circuitos de papel/cartão e de embalagens este valor ascende aos 77,1 e 171,6 € por tonelada, respetivamente.

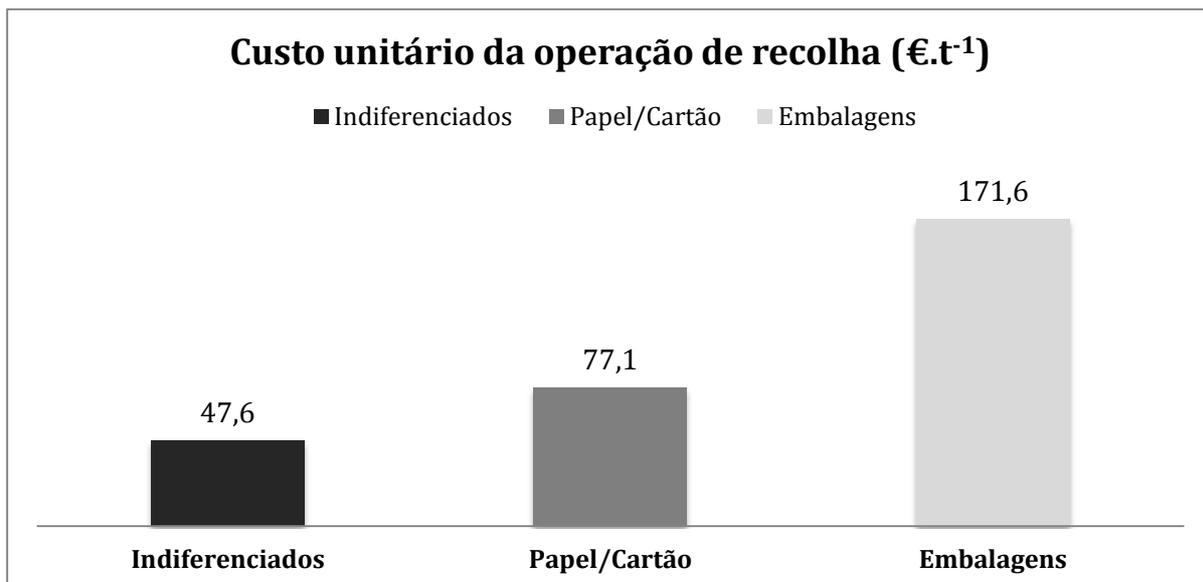


Figura 51 - Custo unitário da operação de recolha por tipologia de resíduo (P-a-P moradias)

⇒ **Emissão de GEE**

Na análise de emissão de GEE (Figura 52), verifica-se que os circuitos de resíduos indiferenciados apresentam uma menor quantidade de CO₂ emitido por tonelada de resíduos recolhida, 16,5 kg CO₂. Os circuitos de papel/cartão e embalagens registam valores superiores, 27,6 e 66,8 kg CO₂ por tonelada, respetivamente, à semelhança do que acontece também no sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte.

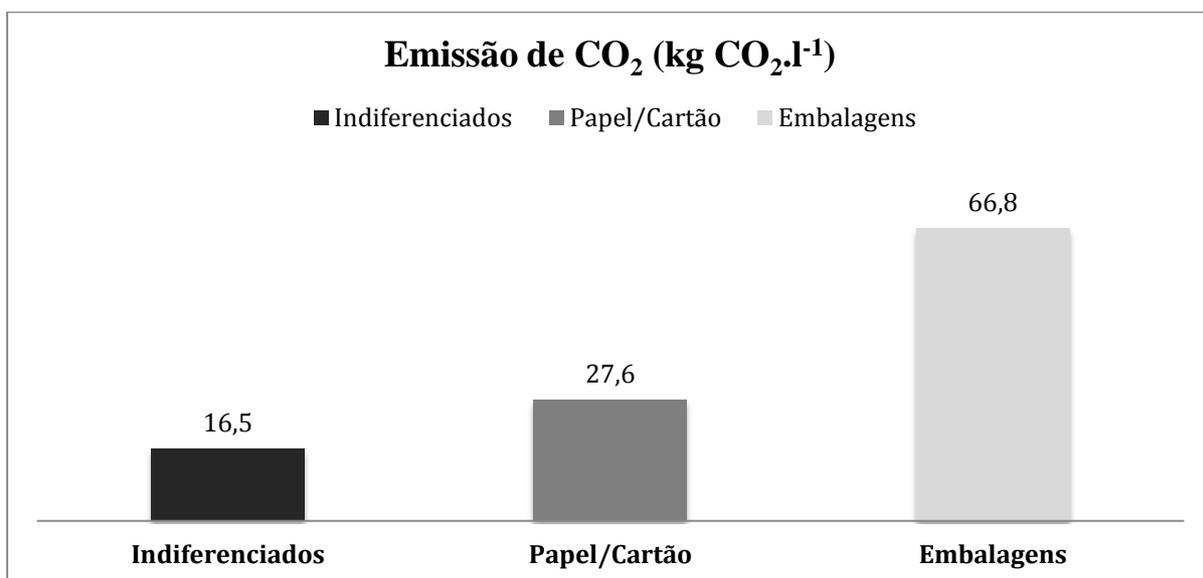


Figura 52 - Emissões de CO₂ por tipologia de resíduo (P-a-P moradias)

5.4.1.3. Recolha Coletiva por Ecoilhas

- **Circuitos de indiferenciados**

O desempenho dos circuitos de recolha coletiva de indiferenciados por Ecoilhas (D0708 , D0711, D0411 e D0415), constam da Tabela 32.

Tabela 32 - Desempenho dos circuitos de indiferenciados (Ecoilhas)

Designação	Indicador	D0708	D0711	D0411	D0415	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,26	0,37	0,27	0,34	0,31	0,05	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,41	0,58	0,48	0,53	0,50	0,06	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,10	0,14	0,16	0,15	0,14	0,02	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	1,70	2,05	1,51	1,59	1,71	0,17	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	6,82	8,26	8,43	8,03	7,89	0,53	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,52	4,30	4,63	6,68	4,78	0,95	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	-	-	5,73	-	5,73	0,00	l.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (GNC)	3,62	5,41	-	4,36	4,47	0,63	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	6,48	5,58	5,65	4,63	5,59	0,48	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	34,32	29,66	32,84	34,23	32,76	1,55	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	1,27	0,91	1,25	0,97	1,10	0,16	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	37,46	33,07	30,10	28,07	32,18	3,09	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	83,74	73,47	62,42	52,97	68,15	10,46	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	21,45	32,16	32,83	26,66	28,28	4,22	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	8,71	13,02	15,19	10,49	11,85	2,25	kg CO ₂ .t ⁻¹

- **Circuitos de papel/cartão**

O desempenho dos circuitos de recolha coletiva de papel/cartão por Ecoilhas (S2201 e S2203), constam da Tabela 33.

Tabela 33 - Desempenho dos circuitos de papel/cartão (Ecoilhas)

Designação	Indicador	S2201	S2203	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,79	1,21	1,00	0,21	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	1,16	1,55	1,36	0,20	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,20	0,15	0,18	0,03	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	6,35	8,94	7,65	1,30	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	16,46	19,18	17,82	1,36	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,43	3,20	3,32	0,12	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	-	-	0,00	0,00	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	12,57	11,70	12,14	0,44	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	8,09	7,40	7,75	0,35	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	26,89	30,00	28,45	1,56	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,42	0,28	0,35	0,07	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	34,07	24,11	29,09	4,98	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	71,59	83,25	77,42	5,83	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	59,05	92,88	75,97	16,92	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	30,23	28,13	29,18	1,05	kg CO ₂ .t ⁻¹

• **Circuitos de Embalagens**

O desempenho dos circuitos de recolha coletiva de embalagens por Ecoilhas (S3204 e S3208), constam da Tabela 34.

Tabela 34 - Desempenho dos circuitos de embalagens (Ecoilhas)

Designação	Indicador	S3204	S3208	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	2,00	2,21	2,11	0,11	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	2,83	2,83	2,83	0,00	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,23	0,31	0,27	0,04	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	19,30	14,74	17,02	2,28	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	42,62	29,78	36,20	6,42	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	5,02	7,60	6,31	1,29	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	-	18,98	18,98	0,00	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	27,71	-	27,71	0,00	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	9,67	6,67	8,17	1,50	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	27,97	24,31	26,14	1,83	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,17	0,15	0,16	0,01	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	26,30	23,41	24,86	1,45	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	89,10	67,86	78,48	10,62	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	145,31	190,34	167,82	22,51	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	66,61	50,26	58,43	8,17	kg CO ₂ .t ⁻¹

❖ Análise de resultados

Os desempenhos médios obtidos para os circuitos de indiferenciados, papel/cartão e embalagens, no sistema de recolha coletiva por ecoilhas, são apresentados na Tabela 35.

Tabela 35 - Média dos desempenhos obtidos por tipologia de resíduos (Ecoilhas)

Designação	Indicador	Indiferenciados	Papel/Cartão	Embalagens	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,31	1,00	2,11	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,50	1,36	2,83	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,14	0,18	0,27	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	1,71	7,65	17,02	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	7,89	17,82	36,20	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	4,78	3,32	6,31	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	5,73	0,00	18,98	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	4,47	12,14	27,71	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	5,59	7,75	8,17	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	32,76	28,45	26,14	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	1,10	0,35	0,16	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	32,18	29,09	24,86	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	68,15	77,42	78,48	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	28,28	75,97	167,82	€t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	11,85	29,18	58,43	kg CO ₂ .l ⁻¹

⇒ Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte

Segundo o indicador ITT (Tempo total de recolha) (Tabela 35), verifica-se que o tempo despendido pelas equipas de recolha é novamente menor no caso dos resíduos indiferenciados, em que para recolher 1 tonelada de resíduos são necessários, em média, 30 minutos (0,5 horas).

Nos circuitos de papel/cartão e embalagens, o tempo despendido para recolher 1 tonelada de resíduos é superior, 1 hora e 22 minutos (1,36 horas) e 2 horas e 50 minutos (2,83 horas), respetivamente.

Na análise da distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (Figura 53), verifica-se, à semelhança do que acontece nos sistemas de recolha porta a porta em zonas de médio e alto porte e em zonas de moradias, que o tempo efetivo de recolha representa a maior percentagem do tempo total despendido na recolha e transporte de resíduos. O tempo efetivo de recolha representa 62% do tempo total de recolha no caso circuitos de indiferenciados, 74% nos circuitos de papel/cartão e 75% nos circuitos de embalagens.

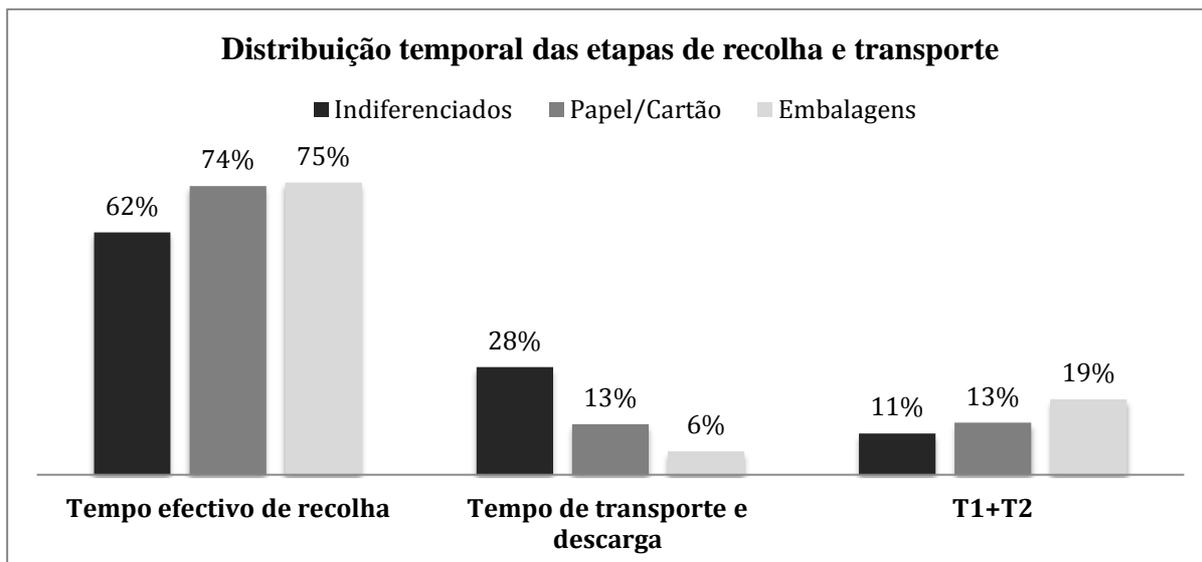


Figura 53 - Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (Ecoilhas)

⇒ **Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte**

Segundo o indicador IDT (Distância total de recolha), verifica-se que para a recolha de 1 tonelada de resíduos indiferenciados, as equipas de recolha necessitam em média de percorrer 7,89 km. Nos circuitos de papel/cartão e embalagens, as equipas de recolha necessitam percorrer 17,82 km e 36,20 km, respetivamente.

Na análise da distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (Figura 54), verifica-se para os resíduos indiferenciados, que 61% da distância total percorrida no circuito corresponde ao transporte e descarga de resíduos, 22% à distância efetiva de recolha e 18% à distância D_1+D_2 .

Nos circuitos de papel/cartão verifica-se que, 43% da distância total percorrida no circuito corresponde à distância efetiva de recolha, 38% à distância D_1+D_2 e 19% à distância de transporte e descarga.

Para os circuitos de embalagens, verifica-se que 47% da distância total percorrida no circuito corresponde à distância efetiva de recolha, 36% à distância D_1+D_2 e 17% à distância de transporte e descarga.

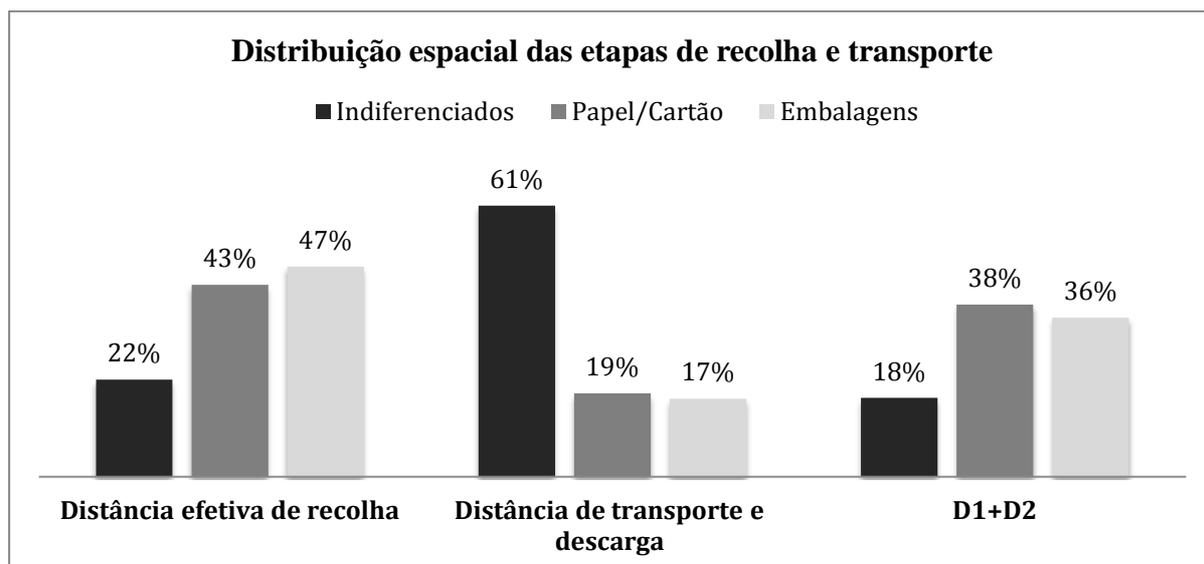


Figura 54 - Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (Ecoilhas)

⇒ Consumo de combustível

Na análise do consumo de combustível (Figura 55), verifica-se que em média para recolher 1 tonelada de resíduos indiferenciados, houve um consumo de 5,7 l de diesel e 4,5 m³ de GNC, registando-se novamente nesta tipologia de resíduos o menor consumo de combustível por tonelada recolhida.

Nos circuitos de papel/cartão, não houve recurso a viaturas movidas a diesel, daí o valor de zero apresentado. Quanto ao consumo de GNC nesta tipologia de resíduo, verifica-se o consumo de 12,1 m³ para a recolha de 1 tonelada.

Por último, nos circuitos de embalagens verifica-se que para a mesma quantidade de resíduos recolhida, são necessários 19 l de diesel e 27,7 m³ de GNC.

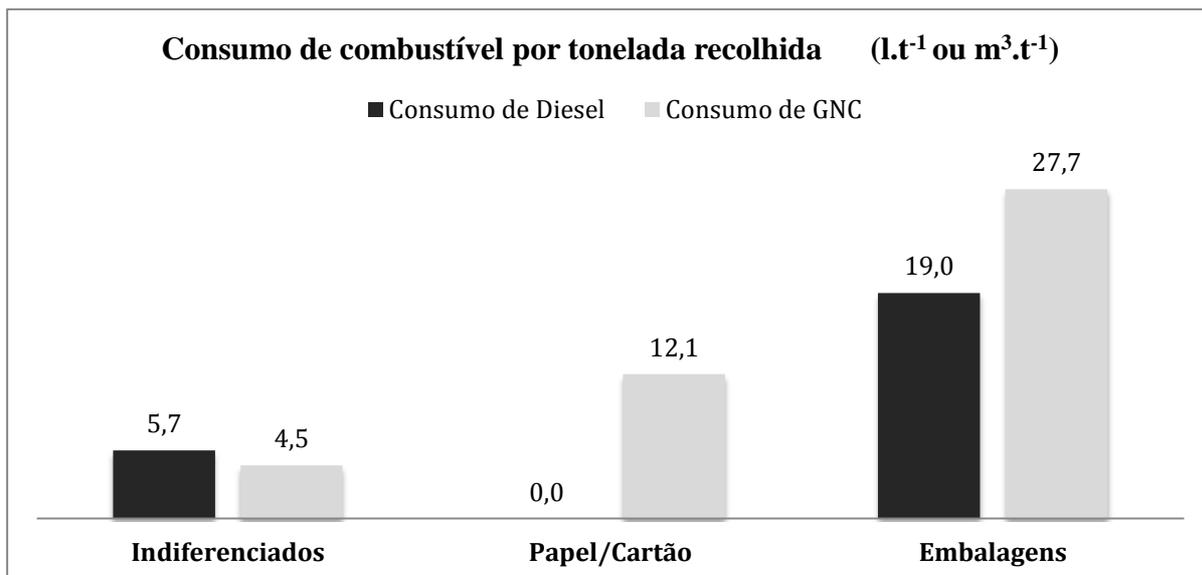


Figura 55 - Consumo de combustível por tipologia de resíduo (Ecoilhas)

⇒ **Fator de utilização das viaturas (IFV) e contentores (IFC)**

Na análise do fator de utilização das viaturas e contentores (Figura 56), verifica-se que no caso dos circuitos de resíduos indiferenciados, existe uma percentagem de enchimento das viaturas de 68% e uma percentagem de enchimento dos contentores de 32%.

Nos circuitos de papel/cartão, a percentagem de enchimento das viaturas foi de 77% e de contentores de 29%, enquanto que nos circuitos de embalagens, registou-se uma percentagem de enchimento das viaturas e de contentores de 78% e 25%, respetivamente.

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que existe um baixo volume de resíduos depositados aquando das recolhas e também, relativamente às percentagens de enchimento das viaturas, estas registam ainda uma capacidade de armazenamento de aproximadamente 20% nos circuitos de recolha seletiva e 30% nos circuitos de indiferenciados. Estes circuitos mereceriam uma intervenção na redução da capacidade de contentorização instalada ou então na frequência de recolha dos mesmos.

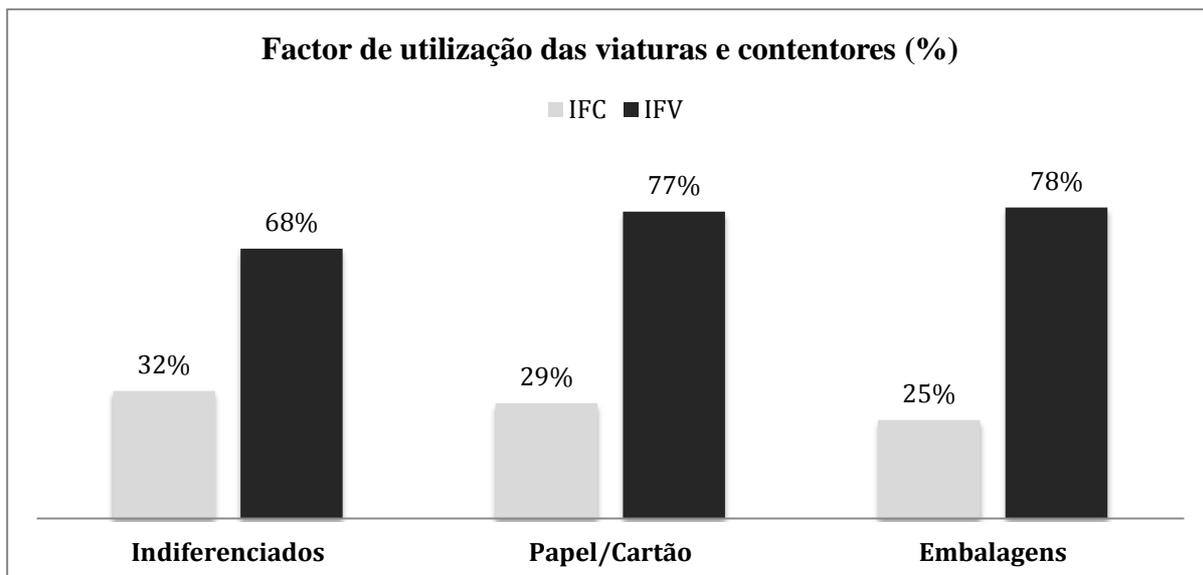


Figura 56 - Fator de utilização das viaturas e contentores por tipologia de resíduo (Ecoilhas)

⇒ **Custo unitário da operação de recolha**

Na análise do custo unitário da operação de recolha (Figura 57), verifica-se para os circuitos de indiferenciados, que apresentam novamente um preço por tonelada de resíduo recolhida muito abaixo dos valores registados pelos circuitos de recolha seletiva, 28,3 €. Nos circuitos de papel/cartão e de embalagens este valor ascende aos 76 e 167,8 € por tonelada, respetivamente.

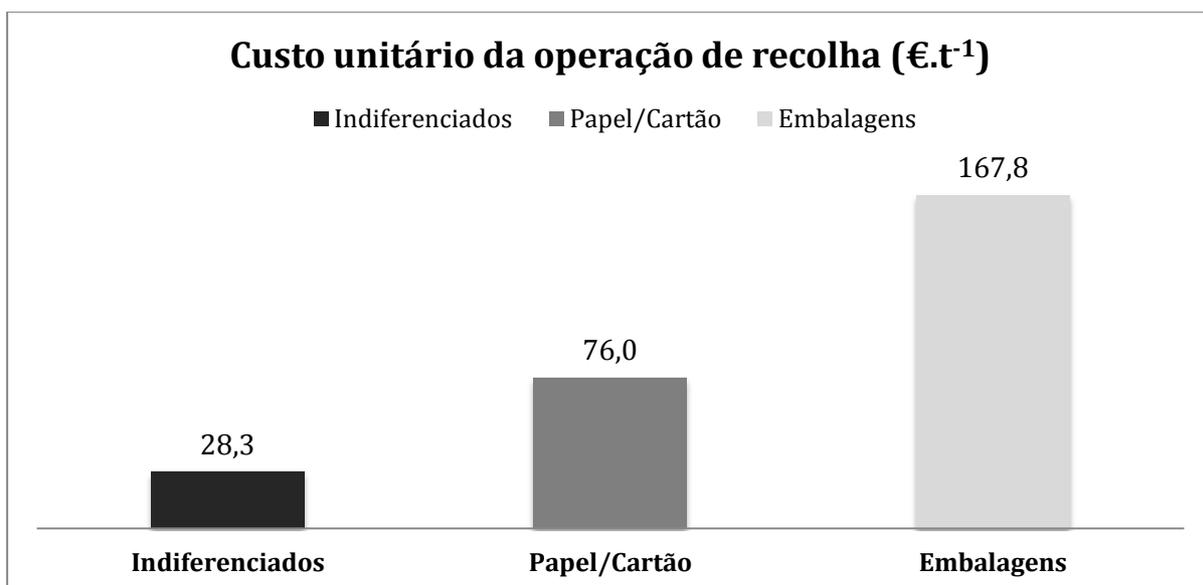


Figura 57 - Custo unitário da operação de recolha por tipologia de resíduo (Ecoilhas)

⇒ Emissão de GEE

Quanto à emissão de GEE (Figura 58), verifica-se que os circuitos de resíduos indiferenciados apresentam uma menor quantidade de CO₂ emitido por tonelada de resíduos recolhida, 11,9 kg CO₂, à semelhança do que se tem registado nas várias tipologias de recolha. Nos circuitos de papel/cartão e embalagens, registou-se valores muito superiores, 29,2 e 58,4 kg CO₂ por tonelada, respetivamente.

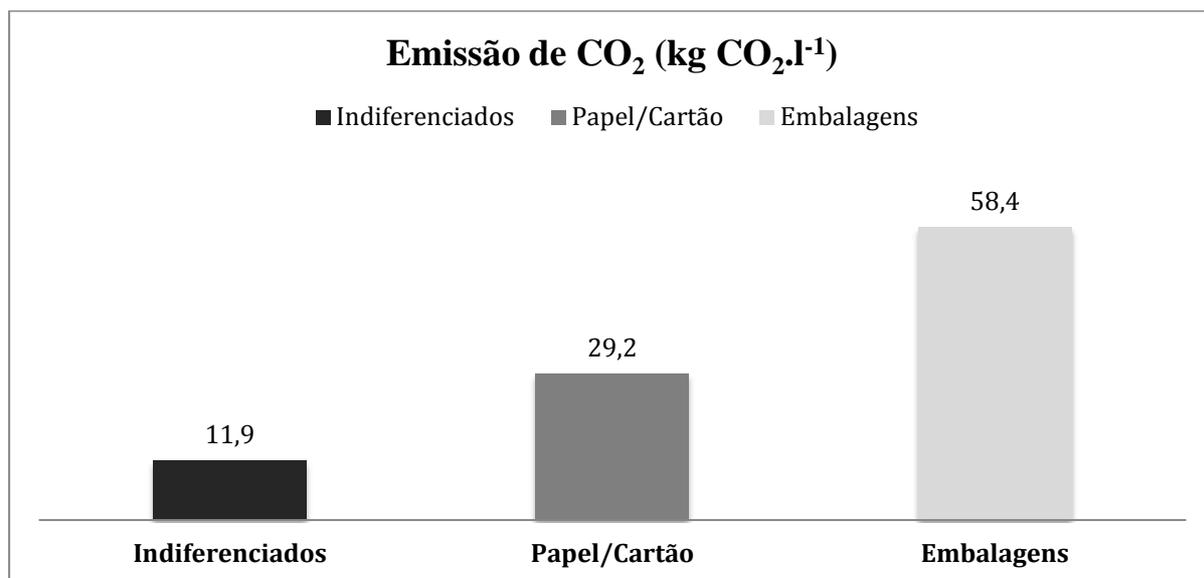


Figura 58 - Emissões de CO₂ por tipologia de resíduo (Ecoilhas)

5.4.1.4. Recolha Coletiva por Ecopontos

- Circuitos de indiferenciados

A recolha coletiva por ecopontos é feita apenas para os resíduos recicláveis. No entanto, é de salientar que os circuitos D0501 e D0701, apesar de se tratarem de circuitos de recolha indiferenciada, foram incluídos nesta tipologia de recolha por se inserirem em zonas de recolha por ecopontos. A recolha indiferenciada, nas zonas onde a recolha seletiva é feita por ecopontos, é do tipo porta a porta edifícios de médio e alto porte.

O desempenho dos circuitos de recolha coletiva de indiferenciados em zona de Ecopontos (D0501 e D0701), constam da Tabela 36.

Tabela 36 - Desempenho dos circuitos de indiferenciados (em zonas de ecopontos)

Designação	Indicador	D0501	D0701	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,38	0,49	0,44	0,06	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,56	0,71	0,64	0,08	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,11	0,08	0,10	0,02	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	0,97	1,59	1,28	0,31	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	6,16	7,66	6,91	0,75	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,14	3,33	3,24	0,10	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	-	-	0,00	0,00	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	5,56	5,56	5,56	0,00	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	2,56	3,23	2,90	0,34	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	28,11	28,35	28,23	0,12	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,88	0,68	0,78	0,10	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	50,13	33,51	41,82	8,31	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	92,21	71,65	81,93	10,28	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	32,39	44,44	38,41	6,02	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	13,37	20,77	17,07	3,70	kg CO ₂ .t ⁻¹

- **Circuitos de papel/cartão**

O desempenho dos circuitos de recolha coletiva de papel/cartão por Ecopontos (PE0101 e PE0701), constam da Tabela 37.

Tabela 37 - Desempenho dos circuitos de papel/cartão (Ecopontos)

Designação	Indicador	PE0101	PE0701	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	1,30	1,08	1,19	0,11	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	1,97	1,66	1,82	0,16	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,25	0,25	0,25	0,00	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	5,03	5,99	5,51	0,48	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	16,57	12,73	14,65	1,92	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,43	1,60	2,52	0,92	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	13,31	7,54	10,43	2,89	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	-	-	0,00	0,00	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	3,86	5,56	4,71	0,85	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	17,21	11,64	14,43	2,79	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,38	0,46	0,42	0,04	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	26,15	28,95	27,55	1,40	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	80,86	95,22	88,04	7,18	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	73,59	57,43	65,51	8,08	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	35,26	19,97	27,61	7,65	kg CO ₂ .t ⁻¹

- **Circuitos de embalagens**

O desempenho dos circuitos de recolha coletiva de embalagens por Ecopontos (EE0101 e EE0701), constam da Tabela 38.

Tabela 38 - Desempenho dos circuitos de embalagens (Ecopontos)

Designação	Indicador	EE0101	EE0701	Média	Desvio Médio	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	2,26	1,81	2,04	0,23	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	3,13	2,26	2,70	0,44	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,40	0,19	0,30	0,11	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	16,08	13,12	14,60	1,48	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	35,67	23,43	29,55	6,12	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	7,01	2,59	4,80	2,21	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	22,93	15,24	19,09	3,85	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	-	-	0,00	0,00	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	7,10	7,27	7,19	0,09	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	22,64	22,54	22,59	0,05	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,22	0,28	0,25	0,03	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	25,63	25,21	25,42	0,21	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	78,70	98,68	88,69	9,99	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	120,75	92,53	106,64	14,11	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	60,74	40,36	50,55	10,19	kg CO ₂ .t ⁻¹

❖ **Análise de resultados**

Os desempenhos médios obtidos para os circuitos de indiferenciados, papel/cartão e embalagens, no sistema de recolha coletiva por ecopontos (ou em zonas de ecopontos), são apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 - Média dos desempenhos obtidos por tipologia de resíduos (Ecopontos)

Designação	Indicador	Indiferenciados	Papel/Cartão	Embalagens	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,44	1,19	2,04	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,64	1,82	2,70	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,10	0,25	0,30	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	1,28	5,51	14,60	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	6,91	14,65	29,55	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,24	2,52	4,80	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	0,00	10,43	19,09	l.t ⁻¹
	Consumo de combustível (GNC)	5,56	0,00	0,00	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	2,90	4,71	7,19	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	28,23	14,43	22,59	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,78	0,42	0,25	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	41,82	27,55	25,42	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	81,93	88,04	88,69	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	38,41	65,51	106,64	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	17,07	27,61	50,55	kg CO ₂ .l ⁻¹

⇒ Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte

Segundo o indicador ITT (Tempo total de recolha), verifica-se que o tempo despendido pelas equipas de recolha é menor no caso dos resíduos indiferenciados, em que para recolher 1 tonelada de resíduos são necessários, em média, 38 minutos (0,64 horas). Nos circuitos de papel/cartão e embalagens, o tempo despendido para recolher 1 tonelada de resíduos é maior, 1 hora e 49 minutos (1,82 horas) e 2 horas e 42 minutos (2,70 horas), respetivamente.

Na análise da distribuição temporal das várias etapas de recolha e transporte (Figura 59), verifica-se, à semelhança do que acontece nos sistemas anteriormente analisados, que o tempo efetivo de recolha representa a maior percentagem de tempo total despendido na recolha e transporte de resíduos. Esta etapa representa 69% do tempo total de recolha nos circuitos de indiferenciados, 66% nos circuitos de papel/cartão e 76% nos circuitos de embalagens.

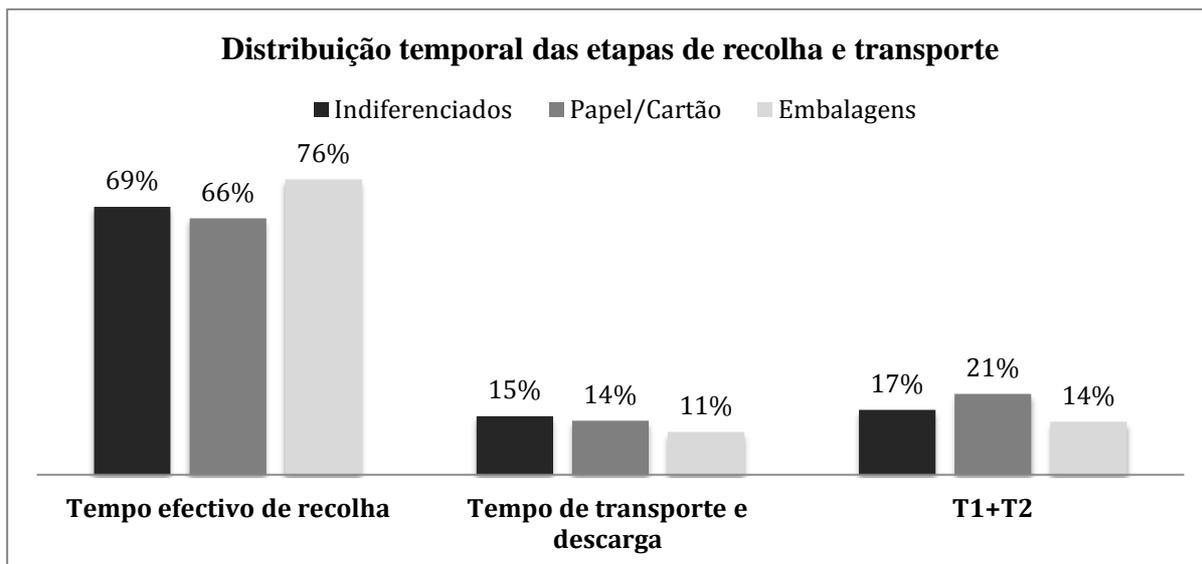


Figura 59 - Distribuição temporal das etapas de recolha e transporte (Ecopontos)

⇒ **Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte**

Segundo o indicador IDT (Distância total de recolha) (Tabela 39), verifica-se que para a recolha de 1 tonelada de resíduos indiferenciados, as equipas de recolha necessitam, em média, de percorrer 6,9 km. Nos circuitos de papel/cartão e embalagens os valores são superiores, registando-se valores de 14,7 e 29,6 km por tonelada recolhida, respetivamente.

Na análise da distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (Figura 60), verifica-se para os resíduos indiferenciados, que 47% da distância total percorrida no circuito corresponde ao transporte e descarga de resíduos, 35% à distância D_1+D_2 e 19% à distância efetiva de recolha.

Nos circuitos de papel/cartão verifica-se que 45% da distância total percorrida no circuito corresponde à distância D_1+D_2 , 38% à distância efetiva de recolha e 17% à distância de transporte e descarga.

Por último, nos circuitos de embalagens, verificou-se que 49% da distância total percorrida no circuito corresponde à distância efetiva de recolha, 34% à distância D_1+D_2 e 16% à distância de transporte e descarga.

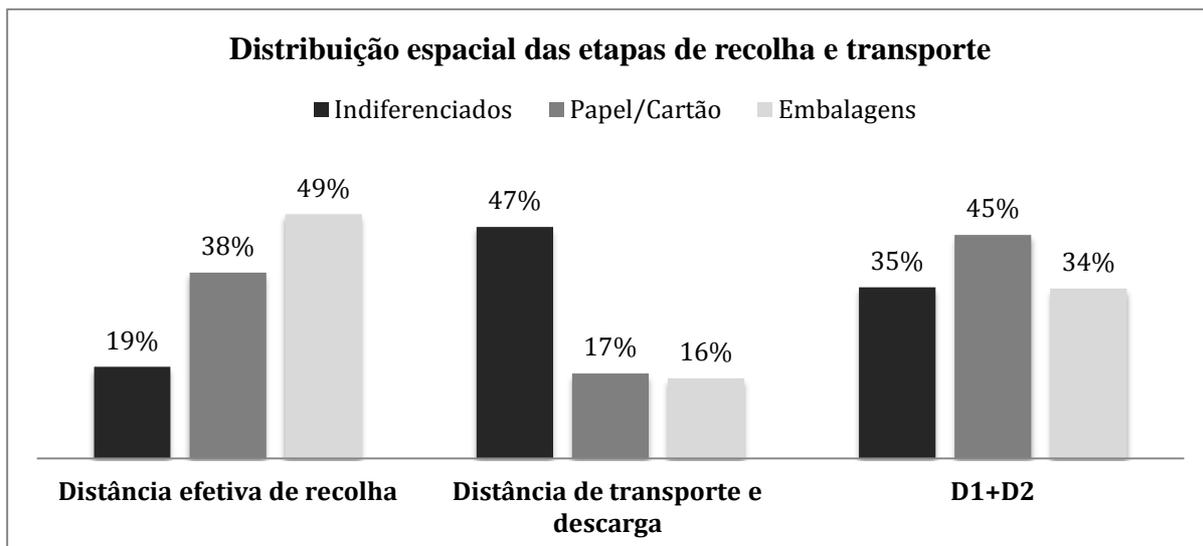


Figura 60 - Distribuição espacial das etapas de recolha e transporte (Ecopontos)

⇒ Consumo de combustível

Nos circuitos de indiferenciados só foram usadas viaturas movidas a GNC, desta forma, a análise do Consumo de combustível (Figura 61) para esta tipologia de resíduo, regista apenas um valor médio consumido de 5,6 m³ de GNC por tonelada de resíduos recolhida.

Nos circuitos de papel/cartão, não houve recurso a viaturas movidas a GNC, daí o valor de zero registado. Quanto ao consumo de diesel, nesta tipologia de resíduo verifica-se o consumo de 10,4 l para a recolha de 1 tonelada de resíduos.

Por último, nos circuitos de embalagens, não foram utilizadas viaturas movidas a GNC, e verifica-se para o caso das viaturas movidas a diesel, que são necessários em média 19,1 l para recolher 1 tonelada de resíduos.

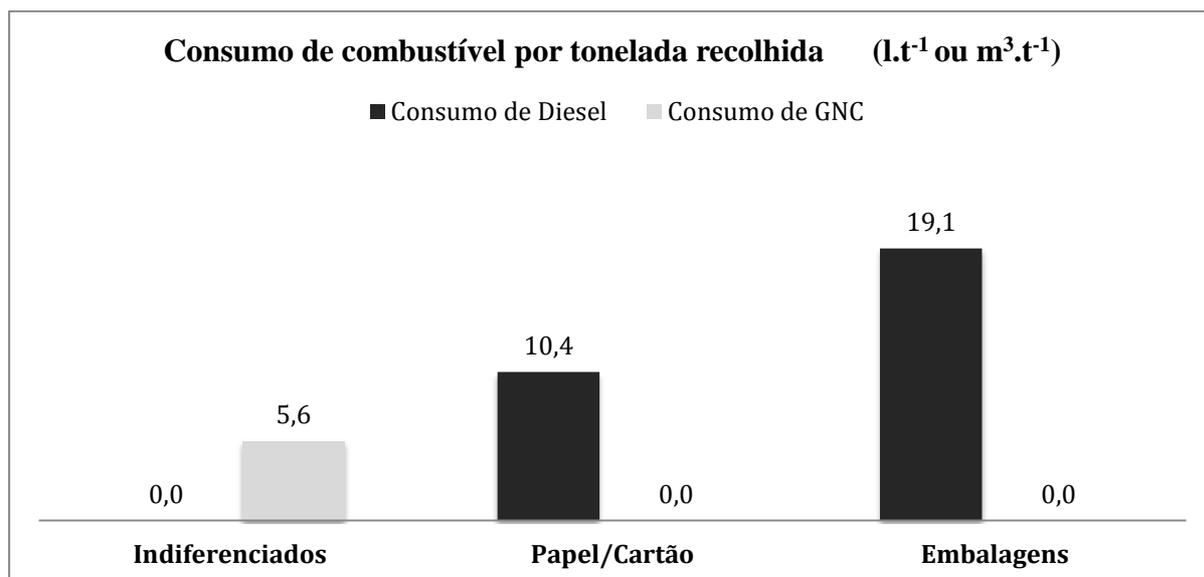


Figura 61 - Consumo de combustível por tipologia de resíduo (Ecopontos)

⇒ **Fator de utilização das viaturas (IFV) e contentores (IFC)**

Na análise do fator de utilização das viaturas e dos contentores (Figura 62), verifica-se para os circuitos de resíduos indiferenciados, que existe uma percentagem de enchimento das viaturas de 82% e uma percentagem de enchimento dos contentores de 42%.

Nos circuitos de papel/cartão, a percentagem de enchimento das viaturas foi de 88% e dos contentores de 28%, enquanto que nos circuitos de embalagens registaram-se percentagens enchimento das viaturas e de contentores de 89% e 25%, respetivamente.

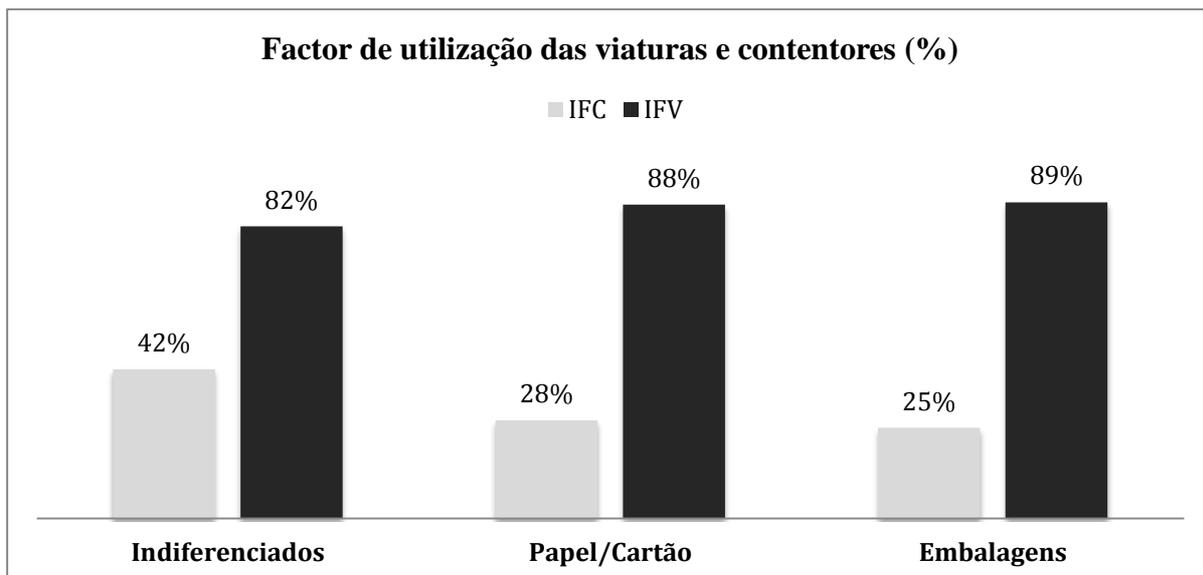


Figura 62 - Fator de utilização das viaturas e contentores por tipologia de resíduo (Ecopontos)

⇒ **Custo unitário da operação de recolha**

Na análise do custo unitário da operação de recolha (Figura 63), verifica-se que os circuitos de indiferenciados apresentam novamente um preço por tonelada de resíduo recolhida muito abaixo dos valores registados pelos circuitos de recolha seletiva, 38,4 €.

Nos circuitos de papel/cartão e embalagens este valor ascende aos 65,5 e 106,6 € por tonelada, respetivamente.

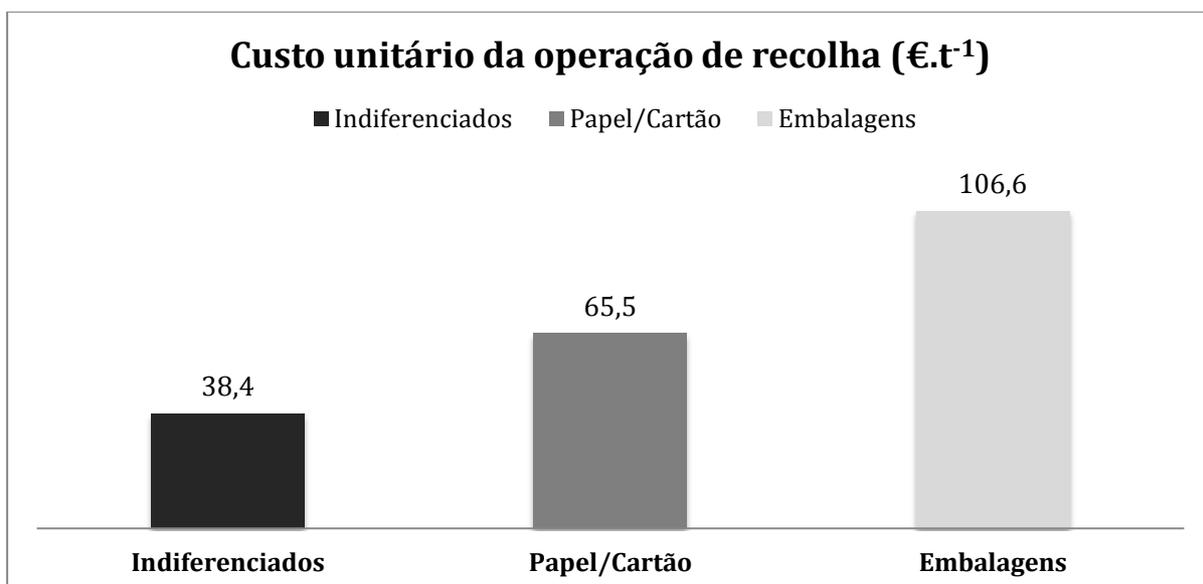


Figura 63 - Custo unitário da operação de recolha por tipologia de resíduo (Ecopontos)

⇒ Emissão de GEE

Na análise da Emissão de GEE (Figura 64), verifica-se novamente que os circuitos de resíduos indiferenciados apresentam uma menor quantidade de CO₂ emitido por tonelada de resíduos recolhida, 17,1 kg CO₂, enquanto que nos circuitos de papel/cartão e embalagens registaram-se valores muito superiores, 27,6 e 50,5 kg CO₂ por tonelada, respetivamente.

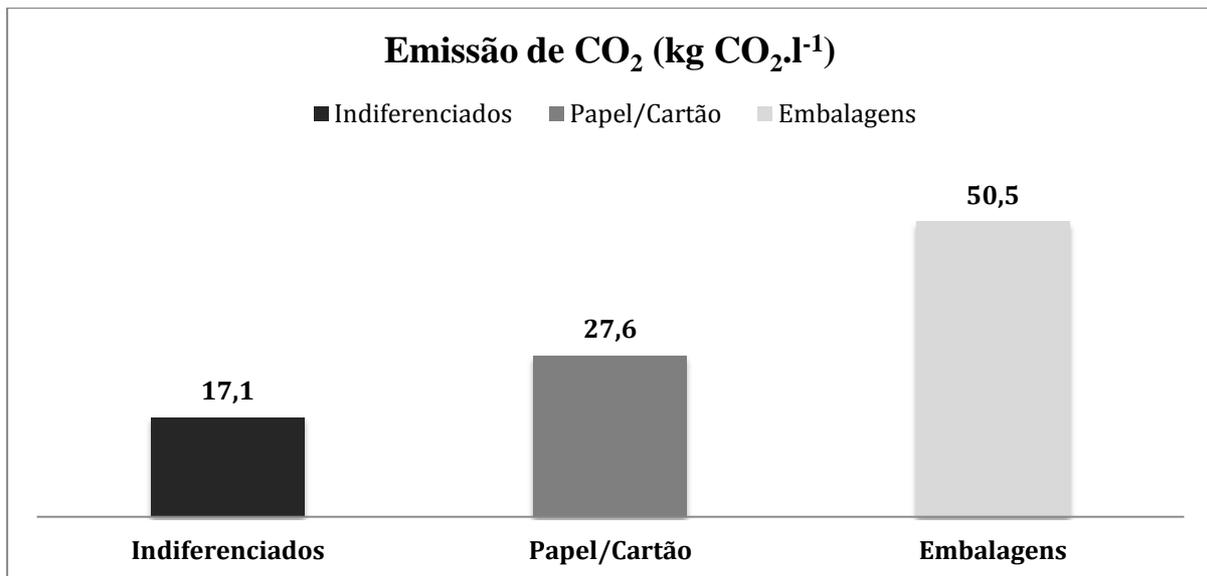


Figura 64 - Emissões de CO₂ por tipologia de resíduo (Ecopontos)

5.4.2. Avaliação de Desempenho dos Sistemas de Recolha

Os desempenhos médios obtidos, por tipologia de resíduo, nos diferentes sistemas de recolha, constam das Tabelas 40, 41 e 42. Com recurso a estas tabelas pretende-se comparar os desempenhos entre sistemas de recolha, segundo 3 formas de avaliação:

- ⇒ Desempenho operacional: com base no indicador ITT (Tempo total de recolha em h.t¹);
- ⇒ Desempenho económico: com base no indicador ICR (Custo unitário da operação de recolha);
- ⇒ Índice económico-ambiental: razão entre os indicadores ICO₂ (Emissão de CO₂) e ICR (Custo unitário da operação de recolha).

5.4.2.1. Circuitos Indiferenciados

Os desempenhos médios obtidos nos vários sistemas de recolha de indiferenciados, constam da Tabela 40.

Tabela 40 - Desempenho dos sistemas de recolha em circuitos de indiferenciados

Designação	Indicador	P-a-P Ed. Méd. e Alt Porte	P-a-P Moradias	Recolha Coletiva Ecoilhas	Recolha Coletiva Ecopontos	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,23	0,51	0,31	0,44	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,37	0,70	0,50	0,64	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,09	0,11	0,14	0,10	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	0,82	2,64	1,71	1,28	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	4,73	11,09	7,89	6,91	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	2,96	5,06	4,78	3,24	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	3,38	6,24	5,73	0,00	l.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (GNC)	3,18	0,00	4,47	5,56	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	3,45	5,21	5,59	2,90	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	28,54	42,94	32,76	28,23	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	1,34	0,66	1,10	0,78	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	48,52	40,94	32,18	41,82	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	82,92	69,16	68,15	81,93	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	25,39	47,57	28,28	38,41	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	8,51	16,53	11,85	17,07	kg CO ₂ .t ⁻¹

- **Desempenho operacional**

Na análise do desempenho operacional dos circuitos de indiferenciados (Figura 65), verifica-se que o sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte regista um menor tempo despendido por tonelada de resíduo recolhido (0,37 horas), enquanto que o sistema de recolha porta a porta em zonas de moradias registou um valor cerca de duas vezes superior (0,70 horas por tonelada).

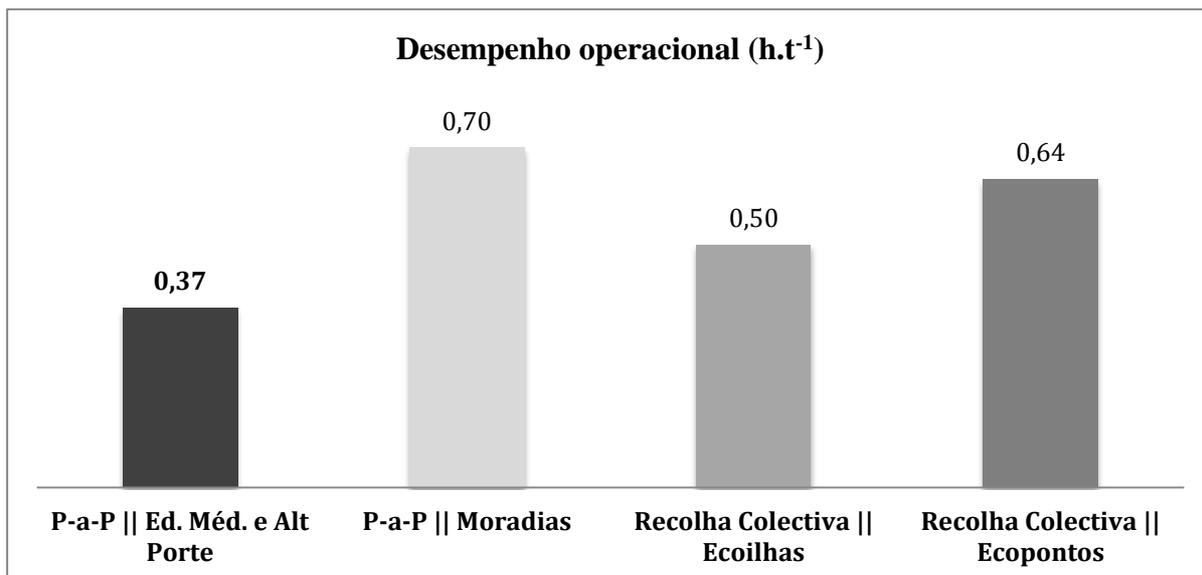


Figura 65 - Desempenho operacional dos sistemas de recolha em circuitos de indiferenciados

- **Desempenho económico**

Na análise do desempenho económico dos circuitos de indiferenciados (Figura 66), verifica-se que o sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte, regista um menor custo por tonelada de resíduo recolhida (25,4 euros). Por outro lado, o sistema de recolha porta a porta em zonas de moradias registou um maior custo por tonelada (47,6 euros), aproximadamente duas vezes superior ao custo por tonelada na recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte.

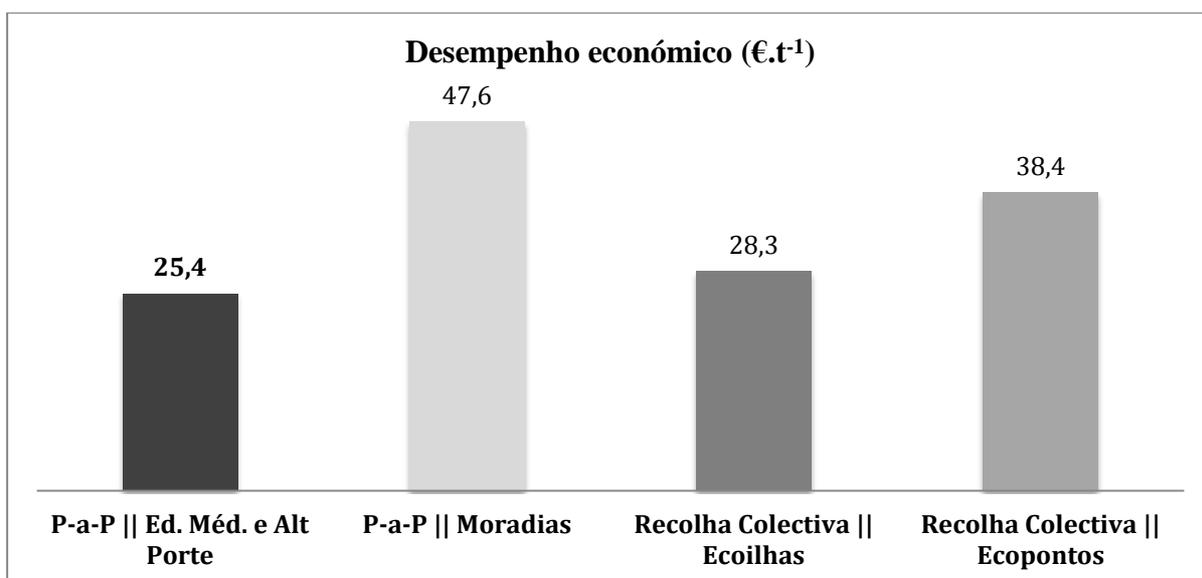


Figura 66 - Desempenho económico dos sistemas de recolha em circuitos de indiferenciados

- **Índice de desempenho económico-ambiental**

Na análise do índice de desempenho económico-ambiental dos circuitos de indiferenciados (Figura 67), verifica-se que o sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte regista uma menor quantidade de CO₂ emitida por cada euro gasto (0,34 kg). A maior quantidade de CO₂ emitida por cada euro gasto, regista-se na recolha coletiva por ecopontos (0,44 kg).

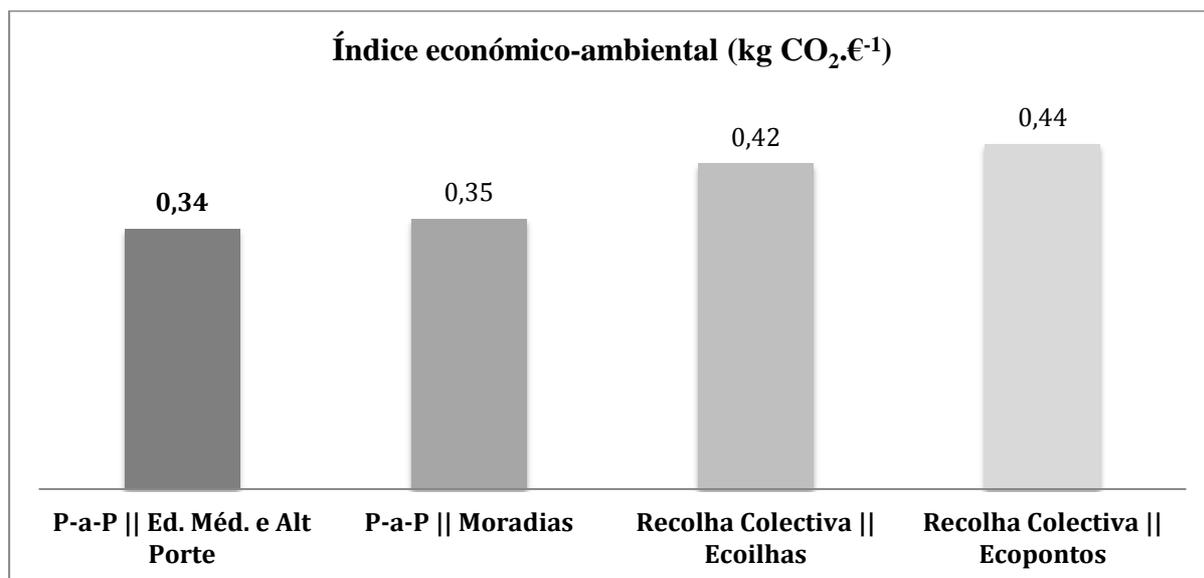


Figura 67 - Desempenho económico-ambiental dos sistemas de recolha em circuitos de indiferenciados

5.4.2.2. Circuitos Papel/Cartão

Os desempenhos médios obtidos nos vários sistemas de recolha de papel/cartão, constam da Tabela 41.

Tabela 41 - Desempenho dos sistemas de recolha em circuitos de papel/cartão

Designação	Indicador	P-a-P Ed. Méd. e Alt Porte	P-a-P Moradias	Recolha Coletiva Ecoilhas	Recolha Coletiva Ecopontos	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	0,63	1,04	1,00	1,19	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	0,95	1,30	1,36	1,82	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,16	0,09	0,18	0,25	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	2,41	5,40	7,65	5,51	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	10,28	13,81	17,82	14,65	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	3,48	3,04	3,32	2,52	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	7,94	10,42	0,00	10,43	l.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (GNC)	11,18	0,00	12,14	0,00	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	3,80	5,20	7,75	4,71	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	24,37	31,71	28,45	14,43	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,54	0,32	0,35	0,42	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	53,88	44,69	29,09	27,55	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	91,34	94,27	77,42	88,04	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	67,99	77,11	75,97	65,51	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	22,97	27,60	29,18	27,61	kg CO ₂ .t ⁻¹

- **Desempenho operacional**

Na análise do desempenho operacional dos circuitos de papel/cartão (Figura 68), verifica-se que o sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte regista o menor tempo despendido por tonelada de resíduo recolhida (0,95 horas). O maior tempo despendido por tonelada de resíduo recolhida (1,82 horas) verifica-se no sistema de recolha coletiva por ecoilhas, valor este que é aproximadamente do dobro do registado no sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte.

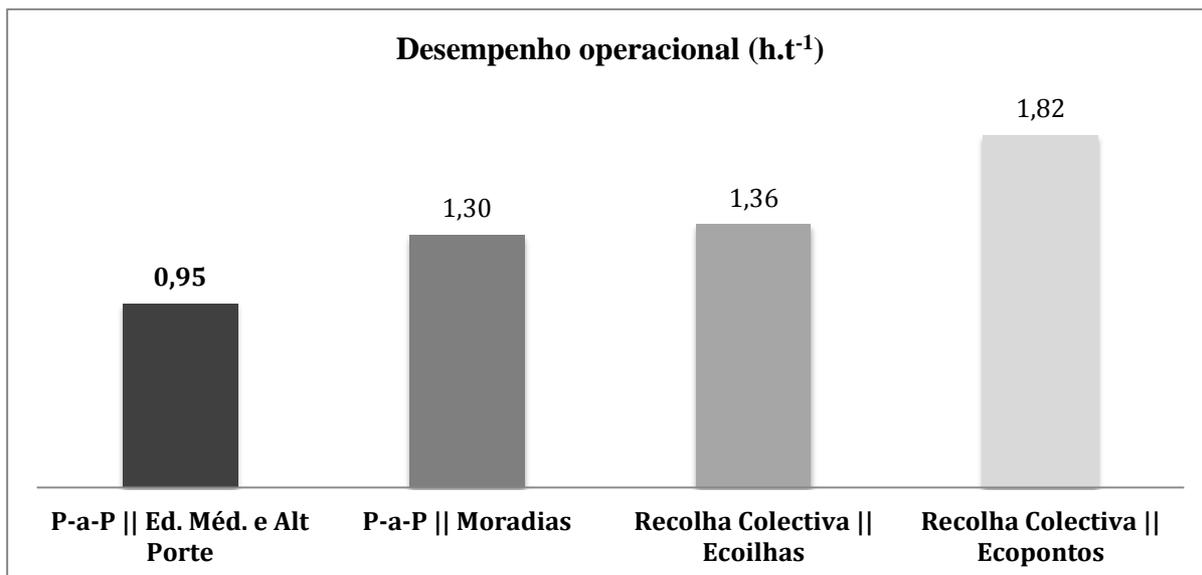


Figura 68 - Desempenho operacional dos sistemas de recolha em circuitos de papel/cartão

- **Desempenho económico**

Na análise do desempenho económico dos circuitos de papel/cartão (Figura 69), verifica-se que o sistema de recolha coletiva por ecopontos possui o menor custo por tonelada de resíduo recolhida (65,5 euros), enquanto que o sistema de recolha porta a porta em zonas de moradias regista o maior valor (77,1 euros), cerca de 15% mais custos para recolher a mesma quantidade de resíduos.

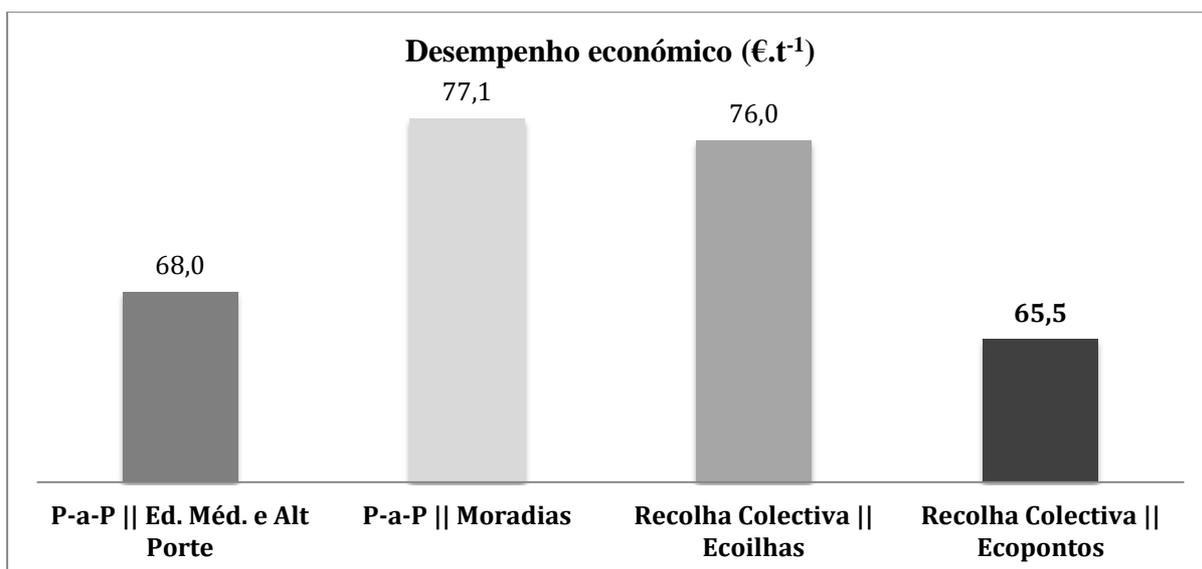


Figura 69 - Desempenho económico dos sistemas de recolha em circuitos de papel/cartão

- **Índice de desempenho económico-ambiental**

Na análise do índice de desempenho económico-ambiental dos circuitos de papel/cartão (Figura 70), verifica-se que o sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte apresenta uma menor emissão de CO₂ por cada euro gasto (0,34 kg). O sistema de recolha coletiva por ecopontos regista a maior quantidade de CO₂ emitida por cada euro gasto (0,42 kg).

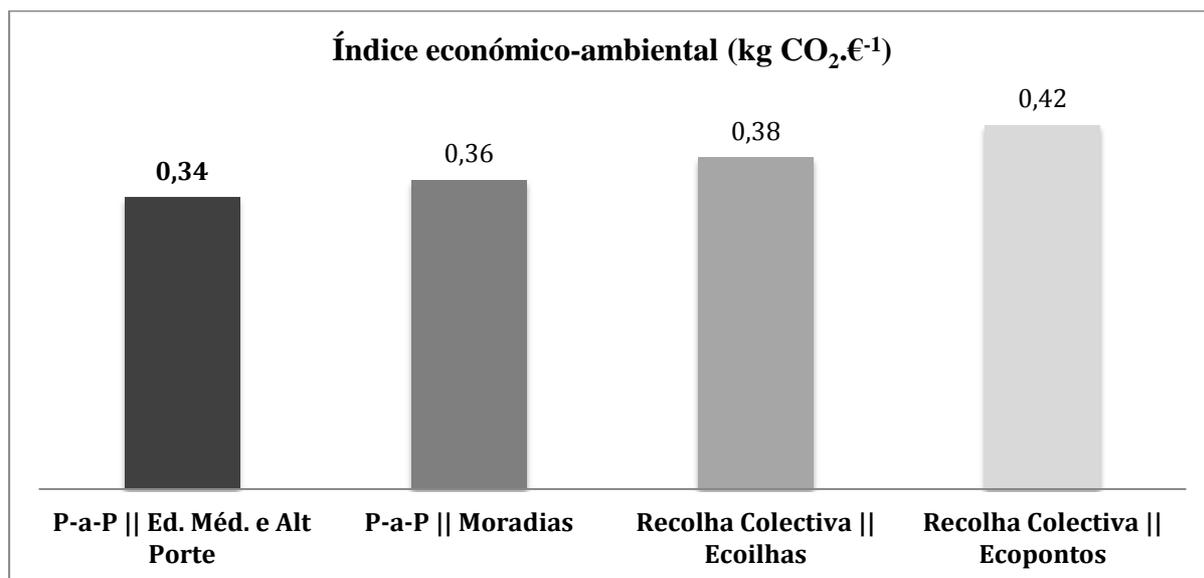


Figura 70 - Desempenho económico-ambiental dos sistemas de recolha em circuitos de papel/cartão

5.4.2.3. Circuitos de Embalagens

Os desempenhos médios obtidos nos vários sistemas de recolha de embalagens, constam da Tabela 42.

Tabela 42 - Desempenho dos sistemas de recolha em circuitos de embalagens

Designação	Indicador	P-a-P Ed. Méd. e Alt Porte	P-a-P Moradias	Recolha Coletiva Ecoilhas	Recolha Coletiva Ecopontos	Unidade
ITE	Tempo efetivo de recolha	1,47	2,25	2,11	2,04	h.t ⁻¹
ITT	Tempo total de recolha	2,05	3,01	2,83	2,70	h.t ⁻¹
ITD	Tempo de transporte e descarga	0,21	0,18	0,27	0,30	h.t ⁻¹
IDE	Distância efetiva de recolha	7,34	12,12	17,02	14,60	km.t ⁻¹
IDT	Distância total de recolha	23,52	30,52	36,20	29,55	km.t ⁻¹
IDD	Distância de transporte e descarga	4,79	6,13	6,31	4,80	km.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (Diesel)	12,75	25,22	18,98	19,09	l.t ⁻¹
ICC	Consumo de combustível (GNC)	24,93	0,00	27,71	0,00	m ³ .t ⁻¹
IVE	Velocidade efetiva de recolha	4,86	5,39	8,17	7,19	km.h ⁻¹
IVT	Velocidade não produtiva	29,24	24,29	26,14	22,59	km.h ⁻¹
IPR	Produtividade da equipa de recolha	0,23	0,15	0,16	0,25	t.col ⁻¹ .h ⁻¹
IFC	Fator de utilização dos contentores	39,61	34,60	24,86	25,42	%
IFV	Fator de utilização das viaturas	80,70	86,84	78,48	88,69	%
ICR	Custo unitário da operação de recolha	160,77	171,62	167,82	106,64	€.t ⁻¹
ICO2	Emissão de CO2	51,21	66,79	58,43	50,55	kg CO ₂ .t ⁻¹

- **Desempenho operacional**

Na análise do desempenho operacional dos circuitos de embalagens (Figura 71), verifica-se que o sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte regista o menor tempo por tonelada de resíduo recolhida (2,05 horas). O maior tempo regista-se no sistema porta a porta em zonas de moradias (3,01 horas), aproximadamente mais 32% do tempo que é necessário para recolher 1 tonelada de resíduos no sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte.

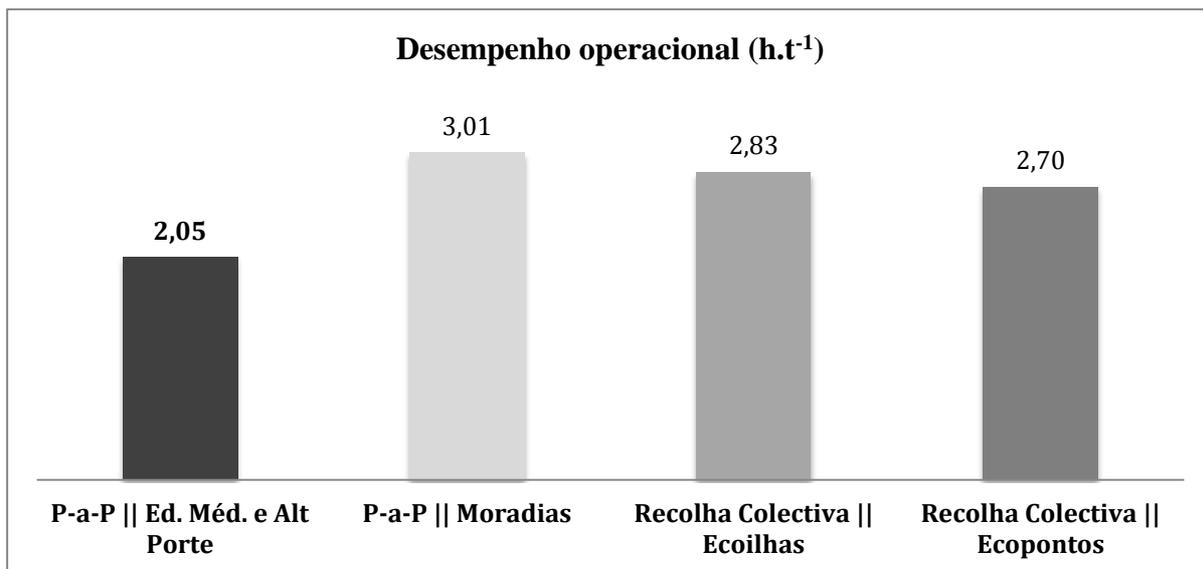


Figura 71 - Desempenho operacional dos sistemas de recolha em circuitos de embalagens

- **Desempenho económico**

Na análise do desempenho económico dos circuitos de embalagens (Figura 72), verifica-se que o sistema de recolha coletiva por ecopontos possui o menor custo por tonelada de resíduo recolhida (106,6 euros), enquanto que o sistema de recolha porta a porta em zonas de moradias regista um maior custo por tonelada (171,6 euros), aproximadamente mais 38% dos custos registados no sistema de recolha coletiva por ecopontos.

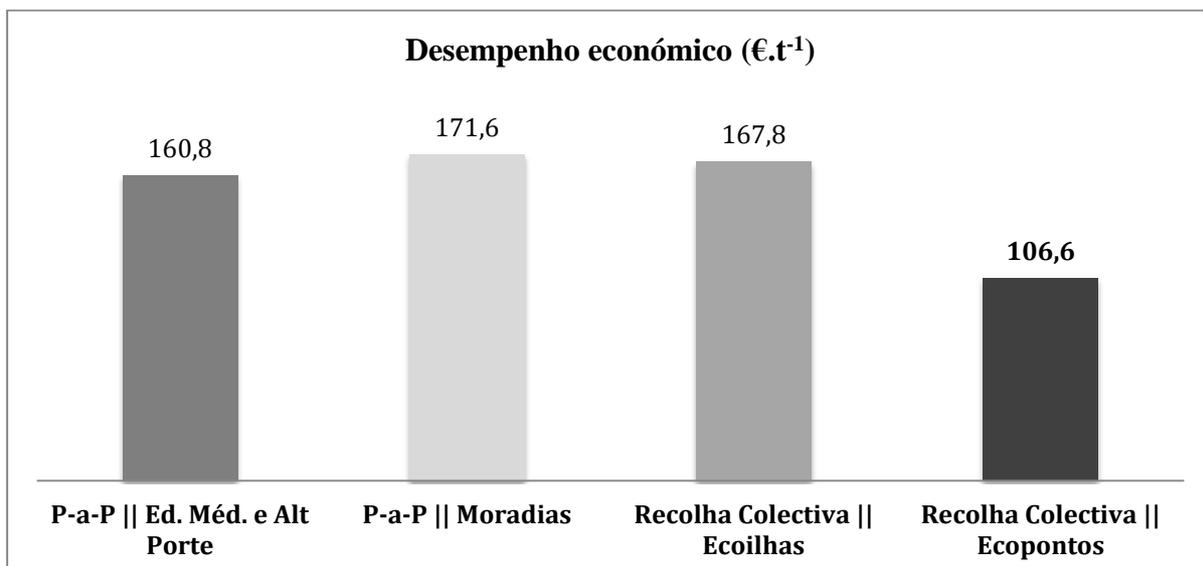


Figura 72 - Desempenho económico dos sistemas de recolha em circuitos de embalagens

- **Índice de desempenho económico-ambiental**

Na análise do índice de desempenho económico-ambiental dos circuitos de embalagens (Figura 73), verifica-se que o sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte apresenta a menor quantidade de CO₂ emitida por cada euro gasto (0,32 kg). O valor mais elevado de emissões por cada euro gasto (0,47 kg), observa-se no sistema de recolha coletiva por ecopontos.

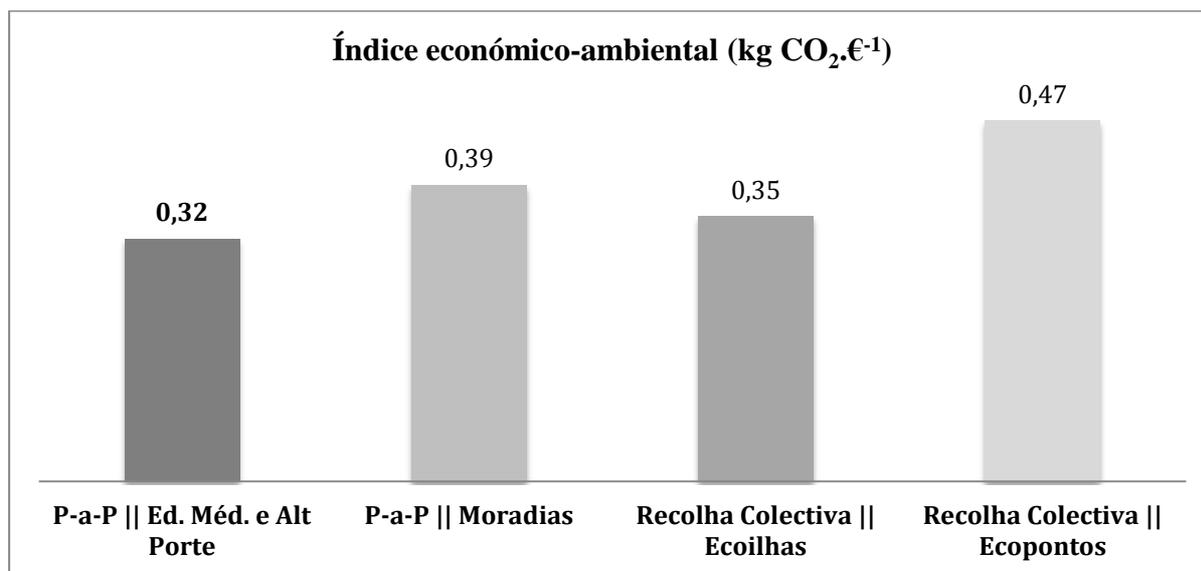


Figura 73 - Desempenho económico-ambiental dos sistemas de recolha em circuitos de embalagens

Em suma, destaca-se da aplicação do modelo ao caso de estudo de Lisboa que:

- O sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte regista menores valores operacionais (menores tempos despendidos por tonelada de resíduo recolhida) em todos os tipos de resíduos (indiferenciados, papel/cartão e embalagens);
- No caso dos materiais valorizáveis (papel/cartão e embalagens), a recolha coletiva por ecopontos regista menores custos por tonelada de resíduo recolhida;
- O sistema de recolha porta a porta em zonas de edifícios de médio e alto porte regista menores emissões de CO₂ por cada euro gasto (Índice Económico-Ambiental), em todas as tipologias de resíduos.

6. Conclusões

Foi desenvolvido, com sucesso, um modelo de avaliação de desempenho com base num sistema de indicadores, coerente, articulado, capaz de ser aplicado a diferentes tipos de resíduos, zonas geográficas, viaturas (a um conjunto heterogéneo de variáveis). O modelo permite avaliar a eficiência e eficácia do serviço de recolha, constituindo-se uma ferramenta de apoio à decisão.

A aplicação informática desenvolvida para agilizar a aplicação do modelo, foi testada com sucesso e encontra-se totalmente operacional. Permite a criação e gestão de base de dados (um histórico do sistema); comparação de resultados entre diferentes tipos de resíduos, zonas geográficas, viaturas e tipo de contentores; além disso viabiliza a aplicação de filtros aos resultados de modo a possibilitar análises de desempenho sectoriais; finalmente faculta a exportação do resultado dos indicadores em formato Excel.

O modelo e a aplicação informática foram testados com sucesso no concelho de Lisboa, através da avaliação de desempenho em 26 circuitos, num total de 86 recolhas de diferentes tipos de resíduos e zonas. Os resultados permitiram identificar tendências, verificar casos de baixa eficiência e identificar oportunidades de melhoria.

A relevância do trabalho para o sector da recolha e transporte de resíduos ficou demonstrada uma vez que foi possível a aplicação e posterior avaliação de desempenho em contexto operacional na maior área urbana de Portugal.

Quanto a pistas para trabalhos futuros destaca-se o alargamento do número de indicadores chave e a aplicação a outras realidades territoriais, nomeadamente às de menor densidade populacional, e tipologias de deposição e recolha.

Bibliografia

Alegre, H. e Baptista J., 1999. Indicadores de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água: Uma Questão de moda ou de necessidade? Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

APA, 2012. Relatório do Estado do Ambiente. Disponível em <<http://www.apambiente.pt>>, acessido em 12 de dezembro de 2013.

APA, 2013a. Resíduos. Disponível em <<http://www.apambiente.pt/>>, acessido a 11 de maio de 2013.

APA, 2013b. Relatório Anual de Resíduos Urbanos. Disponível em <<http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=254&sub3ref=260>>, acessido a 12 de maio de 2013.

Carvalho, M., 2008. Optimização de Circuitos e Indicadores de Recolha de Resíduos Urbanos. Caso de Estudo: Município de Almada. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Gestão e Sistemas Ambientais, apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa.

CCDR-LVT, 2012. Resíduos. Disponível em <<http://www.ccdr-lvt.pt/pt/residuos/652.htm>>, acessido a 11 de maio de 2013.

DGA, 2000. Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <<http://www.apambiente.pt/index.php?ref=19&subref=139&sub2ref=503>>, acessido em 15 de novembro de 2013.

Dias, A., 2009. Avaliação da Gestão de RSU a Nível Nacional – O Uso de Indicadores. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente apresentada à Universidade de Aveiro.

EGF, 2013. Tratamento. Disponível em <<http://www.egf.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=1807&t=Tratamento>>, acessido em 12 de dezembro de 2013.

ERSAR e LNEC, 2008. Guia de Avaliação de Qualidade dos Serviços de Água e Resíduos Prestados aos Utilizadores. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

ERSAR e LNEC, 2009. Guia de Avaliação de Qualidade dos Serviços de Água e Resíduos Prestados aos Utilizadores. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

ERSAR e LNEC, 2013. Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores: 2ª Geração do Sistema de Avaliação. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

ERSAR, 2010. Regime Jurídico dos Serviços Municipais de Águas e Resíduos: Enquadramento Geral, Regime Sancionatório e Entrada em Vigor. Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos, Portugal.

ERSAR, 2012. Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos. Disponível em: <www.ersar.pt>, acedido em 20 de junho de 2013.

FENIX, 2013. Sociedade Ponto Verde. Disponível em <<http://www.life-fenix.eu/en/partners/sociedade-ponto-verde>>, acedido em 13 de abril de 2013.

Fernandes, G. (2009). Optimização da Recolha de Resíduos Sólidos Indiferenciados no Município de Sintra. Dissertação de Mestrado em Bioenergia, apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

González-Torre, P. e Adenso-Díaz, B., 2005. Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Waste Management*, 25, 15-23.

INE, 2011. Estatísticas do Ambiente 2010. Disponível em <http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=132235508&PUBLICACOESmodo=2>, acedido em 13 de dezembro de 2013.

INE, 2013. Estatísticas do Ambiente 2012. Disponível em <http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=153409799&PUBLICACOESmodo=2>, acedido em 13 de dezembro de 2013.

IRAR e CESUR, 2007. Análise dos Tarifários de Serviços de Gestão de Resíduos Urbanos em Portugal. Disponível em <<http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?FolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao&SubFolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao\PublicacoesIRAR&BookCategoryID=1&BookTypeID=4&Section=MenuPrincipal>>, acedido em 13 de dezembro de 2013.

Levy, J. e Cabeças, A., 2006. Resíduos Sólidos Urbanos – Princípios e Processos. AEPSA – Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente.

LIPOR, 2009. Guia Para Uma Gestão Sustentável dos Resíduos. Disponível em

<www.rcc.gov.pt/SiteCollectionDocuments/ManualAutarca_LIPOR.pdf>, acessido em 11 de maio de 2013.

MAMAOT, 2007. PERSU II: Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016. Disponível em <<http://www.apambiente.pt>>, acessido em 12 de março de 2013.

MAMAOT, 2013. Proposta PERSU 2020. Disponível em <<http://www.apambiente.pt>>, acessido em 12 de dezembro de 2013.

Martinho, M. e Gonçalves, M., 2000. Gestão de Resíduos. Universidade Aberta.

Martinho, M., 2005. Gestão de Resíduos Sólidos. Módulo III – Sistemas de Recolha e Transporte de Resíduos. Textos de apoio à Disciplina de Gestão de Resíduos Sólidos da Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Martinho, M.; Gonçalves, M. e Silveira, A., 2011. Gestão Integrada de Resíduos. Universidade Aberta.

McDougall, F.; White, P.; Franke, M. e Hindle, P., 2001. Integrated solid waste management: a life cycle inventory. 2nd Edition. Blackwell Science Ltd, Oxford.

Monteiro, E., 2013. Recolha Seletiva de Resíduos Urbanos: Caso de Estudo de Aveiro. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente apresentada à Universidade de Aveiro.

Moreira, A., 2008. Análise de Circuitos de Recolha de RSU Indiferenciados e Avaliação da Influência de Variáveis Operacionais na Produtividade dos Circuitos. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária, apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Palma, I., 2009. Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos. Disponível em <<http://natura.link.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Gestao-Ambiental/content/Sistemas-de-gestao-de-residuos-urbanos?bl=1>>, acessido em 18 de abril de 2013.

Pinto, M., 2013. Recolha de Resíduos Urbanos Indiferenciados do Município de Aveiro. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente apresentada à Universidade de Aveiro.

Rodrigues, M., 2009. Estações de Triagem, Caracterização e Avaliação da Situação Nacional. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária, apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Russo, M., 2003. Tratamento de Resíduos Sólidos. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra.

Santos, J., 2012. Modelos Estratégicos de Gestão de Resíduos Urbanos – Caso de Estudo. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente apresentada à Universidade de Aveiro.

Santos, P., 2011. Avaliação de Circuitos de Recolha de Resíduos Urbanos: Indicadores Operacionais. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária, apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Santos, R.; Santana, F.; Antunes, P.; Martinho, M.; Jordão, L.; Sirgado, P. e Neves, A. G., 1994. Análise da Estrutura de Custos do Sistema de Resíduos Sólidos do Município de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa.

Silva, M., 2005. Indicadores de Produção e Reciclagem de RSU, Factores Determinantes na Produção e Reciclagem de RSU. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária, apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

SPV, 2013. O Sistema Ponto Verde. Disponível em <http://www.pontoverde.pt/como_funciona.php>, acedido em 14 de abril de 2013.

Teixeira, C., 2005. Gestão de Resíduos – Planeamento e Gestão de Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Série Didáctica, Ciências Aplicadas – 261. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Portugal.

Teixeira, C., 2010. Um Modelo de Avaliação de Desempenho de Sistemas de Recolha de Resíduos Urbanos. Avaliação Operacional, Económica e Ambiental. Dissertação de Doutoramento em Ciências do Ambiente apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Vicente, P.; Reis, E., 2007. Segmentating households according to recycling attitudes in a Portuguese urban area. Resources Conservation & Recycling, 52, 1-12.

Vitorino, S., 2008. Um contributo para a Avaliação do Desempenho do Serviço de Gestão de RSU do Município de Tarouca. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

ANEXOS

Anexo I – Ficha de Registo (Modelo)

Boletim de Registo - Monitorização de circuitos de recolha			
Circuito (nº) :		Viatura (nº e matrícula)	
Turno:		Equipa de monitorização (nomes):	
Dimensão da equipa (nº cantoneiros):		Data da recolha:	
Entidade de Recolha:		Tipo de resíduo a recolher:	
Tipo de viatura de recolha:		Tipo de combustível:	

Pontos de monitorização do circuito	Tempo (hh:min)	Distância (km, 0)	Nº pontos recolha (paragens)	Nº de contentores/por capacidade (L)									
				90	140	240	360	1000	1100	1500	2500		
Saída da garagem													
Chegada ao 1º ponto do circuito													1º FRETE
Partida do último ponto do 1º frete													
Chegada ao local de deposição													
Partida do local de deposição													
Chegada ao 2º ponto do circuito													2º FRETE
Partida do último ponto do 2º frete													
Chegada ao local de deposição													
Partida do local de deposição													
Chegada ao 3º ponto do circuito													3ª FRETE
Partida do último ponto do 3º frete													
Chegada ao local de deposição													
Partida do local de deposição													
Chegada à garagem				Observações (Tempos Não Produtivos)									

Tempos Não Produtivos (posto de abastecimento; desvios para café; preenchimento de folhas diárias; etc)			

Quantidade recolhida (talões de pesagem, em toneladas)	1° Descarga	2° Descarga	3° Descarga
Consumo de combustível (l gasóleo ou m3 gás natural)			

Observações:

Anexo II – Características dos circuitos selecionados (Santos, 2011)

Características dos circuitos indiferenciados:

Tipologia		circuito	Frequência de Recolha	Horário de Recolha	Tipo contentores	Tipo de Viatura	Dimensão da Equipa	Zona	População Servida	Projecto
Porta-a-Porta	Edifícios Médio/Alto Porte	D0608	3x p/semana	2 ^o f, 4 ^o f e 6 ^o f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 3 Cantoneiros	N. Sra. Fátima (Parte Sul)	6881 habitantes (Censos 2001)	2011
		D0802	3x p/semana	3 ^o f, 5 ^o f e Sáb nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Qta. Lambert; Estádio Alvalade; Bairros das Mouras	11124 habitantes (Censos 2001)	2011
		D0404	3x p/semana	2 ^o f, 4 ^o f e 6 ^o f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Olivais	9658 habitantes (Censos 2001)	2011
	Moradias	D0104	3x p/semana	3 ^o f, 5 ^o f e Sáb nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Restelo e Sta Maria de Belém	3710 habitantes (Censos 2001)	2011
	Bairros Históricos	D0314	6x p/semana	2 ^o f, 3 ^o f, 4 ^o f, 5 ^o f, 6 ^o f e Sáb nocturno (23h)	Sacos 30L pretos; pontualmente alguns contentores de 2 rodas	Carga Traseira; compactação por placa; 4 m ³	1 Motorista e 4 Cantoneiros	Alfama, Castelo, S. Vicente de Fora	7140 habitantes (Censos 2001)	2011
Ecolhas		D0708/D0711	4x p/semana	2 ^o f, 4 ^o f, 5 ^o f e Sáb diurno (6h)	4 rodas, sistema mgb, 1100L	Carga Traseira; compactação por placa; 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Z7: Benfica/Monsanto	19582 habitantes (Censos 2001)	2011
		D0411/D0415	4x p/semana	2 ^o f, 4 ^o f, 5 ^o f e Sáb diurno (6h)	4 rodas, sistema mgb, 1100L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Z4: Marvila	20427 habitantes (Censos 2001)	2011
EcoPontos		D0501 (*)	6x p/semana	2 ^o f, 3 ^o f, 4 ^o f, 5 ^o f, 6 ^o f e Sáb nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Z1: Ajuda, Alcântara e Sto. Condestável	57815 habitantes (Censos 2001)	2011
		D0701 (*)	6x p/semana	2 ^o f, 3 ^o f, 4 ^o f, 5 ^o f, 6 ^o f e Sáb nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Z7: Benfica e S. Domingos de Benfica	52299 habitantes (Censos 2001)	2011

Características dos circuitos de papel/cartão:

Tipologia	circuito	Frequência de Recolha	Horário de Recolha	Tipo contentores	Tipo de Viatura	Dimensão da Equipa	Zona	População Servida	Projecto	
Porta-a-Porta	Edifícios Médio/Alto Porte	S2463	1x p/semana	4 ^f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Qta Inglesinhos e envolvente do Estádio da Luz, Lisboa; Aglomerado Urbano com Edifícios Médio/Alto Porte; Zona Residencial	6736 habitantes (Censos 2001)	2010
		S2464	1x p/semana	5 ^f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Campo Pequeno, Lisboa; Aglomerado Urbano com Edifícios Médio/Alto Porte; Zona Residencial	4586 habitantes (Censos 2001)	2010 e 2011
		S2468	1x p/semana	4 ^f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Qta. Lambert, Estádio Alvalade, Br Mouras e Tobis	11124 habitantes (Censos 2001)	2011
		S2444	1x p/semana	5 ^f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Olivais	9658 habitantes (Censos 2001)	2011
	Moradias	S2445	1x p/semana	5 ^f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 11 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Olivais, Lisboa; Aglomerado Urbano com Moradias; Zona Residencial	9044 habitantes (Censos 2001)	2010
		S2446	1x p/semana	4 ^f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Restelo, Lisboa; Aglomerado Urbano com Moradias; Zona Residencial	4699 habitantes (Censos 2001)	2010 e 2011
	Bairros Históricos	S2462	1x p/semana	5 ^f nocturno (23h)	Sacos 30L translúcidos; pontualmente alguns contentores de 2 rodas	Carga lateral e superior; compactação por placa, 4,5 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Alfama / Castelo / Mouraria, Lisboa; Aglomerado Urbano Edifícios Médio Porte; Zona Residencial	7687 habitantes (Censos 2001)	2010 e 2011
Ecolhas	S2201	2x p/semana	3 ^f e 6 ^f diurno (6h)	4 rodas, sistema mgb, 1100L	Carga traseira, compactação por placa, 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Benfica, Carnide, Qta da Luz, Monsanto, Bairro Boavista, Lisboa; Aglomerado Urbano Moradias e Edifícios Médio Porte/Alto Porte, Bairros Sociais; Zona Mista (Residencial e Comércio)	15839 habitantes (Censos 2001)	2010 e 2011	
	S2202	2x p/semana	3 ^f e 6 ^f diurno (6h)	4 rodas, sistema mgb, 1100L	Carga traseira, compactação por placa, 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Carnide, Lumiar, Ameixoeira, Campo Grande, Lisboa; Aglomerado Urbano Moradias e Edifícios Médio Porte/Alto Porte, Bairros Sociais; Zona Mista (Residencial e Comércio)	15308 habitantes (Censos 2001)	2010	
	S2203	2x p/semana	3 ^f e 6 ^f diurno (6h)	4 rodas, sistema mgb, 1100L	Carga traseira, compactação por placa, 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Z4: Marvila	20427 habitantes (Censos 2001)	2011	
EcoPontos	PE0101	1x p/semana	4 ^f nocturno (23h)	Cyclea 2,5 m ³	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 1 Cantoneiro	Z1: Ajuda, Alcântara e Sto. Condestável	57815 habitantes (Censos 2001)	2011	
	PE0701	1x p/semana	6 ^f nocturno (23h)	Cyclea 2,5 m ³	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 1 Cantoneiro	Z7: Benfica e S. Domingos de Benfica	52299 habitantes (Censos 2001)	2011	

Características dos circuitos de embalagens:

Tipologia	circuito	Frequência de Recolha	Horário de Recolha	Tipo contentores	Tipo de Viatura	Dimensão da Equipa	Zona	População Servida	Projecto	
Porta-a-Porta	Edifícios Médio/Alto Porte	S3216	2x p/semana	2 ^f e 6 ^f . nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Qta Inglesinhos e envolvente do Estádio da Luz, Lisboa; Aglomerado Urbano com Edifícios Médio/Alto Porte; Zona Residencial	6736 habitantes (Censos 2001)	2010
		S3217	2x p/semana	3 ^f e Sáb. nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Campo Pequeno, Lisboa; Aglomerado Urbano com Edifícios Médio/Alto Porte; Zona Residencial;	6046 habitantes (Censos 2001)	2010 e 2011
		S3220	2x p/semana	2 ^f e 6 ^f . nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga traseira, compactação por placa, 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Qta. Lambert, Estádio Alvalade, Br Mouras e Tobis	11124 habitantes (Censos 2001)	2011
		S3477 / S3203	2x p/semana	3 ^f e Sáb. nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Olivais	9658 habitantes (Censos 2001)	2011
	Moradias	S3462	1x p/semana	3 ^f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 11 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Olivais, Lisboa; Aglomerado Urbano com Moradias; Zona Residencial	9044 habitantes (Censos 2001)	2010
		S3463	1x p/semana	6 ^f nocturno (23h)	2 rodas; sistema mgb; 90L, 140L, 240L e 360L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Restelo, Lisboa; Aglomerado Urbano com Moradias; Zona Residencial	4699 habitantes (Censos 2001)	2010 e 2011
	Bairros Históricos	S3214	2x p/semana	3 ^f e Sáb. nocturno (23h)	Sacos 30L translúcidos; pontualmente alguns contentores de 2 rodas	Carga lateral e superior, compactação por placa, 4,5 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Alfama / Castelo / Mouraria, Lisboa; Aglomerado Urbano Edifícios Médio Porte; Zona Residencial	7687 habitantes (Censos 2001)	2010 e 2011
Ecolhas	S3204	2x p/semana	3 ^f e 6 ^f diurno (6h)	4 rodas, sistema mgb, 1100L	Carga traseira, compactação por placa, 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Benfica, Carnide, Qta da Luz, Monsanto, Bairro Boavista, Lisboa; Aglomerado Urbano Moradias e Edifícios Médio Porte/Alto Porte, Bairros Sociais; Zona Mista (Residencial e Comércio)	15839 habitantes (Censos 2001)	2010 e 2011	
	S3205	2x p/semana	3 ^f e 6 ^f diurno (6h)	4 rodas, sistema mgb, 1100L	Carga traseira, compactação por placa, 16 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Carnide, Lumiar, Ameixoeira, Campo Grande, Lisboa; Aglomerado Urbano Moradias e Edifícios Médio Porte/Alto Porte, Bairros Sociais; Zona Mista (Residencial e Comércio)	15308 habitantes (Censos 2001)	2010	
	S3208	2x p/semana	3 ^f e 6 ^f diurno (6h)	4 rodas, sistema mgb, 1100L	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 2 Cantoneiros	Z4: Marvila	20427 habitantes (Censos 2001)	2011	
Ecopontos	EE0101	1x p/semana	3 ^f diurno (6h)	Cyclea 2,5 m ³	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 1 Cantoneiro	Z1: Ajuda, Alcântara e Sto. Condestável	57815 habitantes (Censos 2001)	2011	
	EE0701	1x p/semana	4 ^f diurno (6h)	Cyclea 2,5 m ³	Carga Traseira; compactação por placa; 15 m ³	1 Motorista e 1 Cantoneiro	Z7: Benfica e S. Domingos de Benfica	52299 habitantes (Censos 2001)	2011	