



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
Faculdade de Medicina Veterinária

Gestão Ambiental: Implementação de um Plano de Gestão de Resíduos

David Ricardo Lopes

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutora Yolanda Maria Vaz

Doutora Maria Gabriela Lopes Veloso

Doutora Marília Catarina Leal Fazeres Ferreira

ORIENTADORA

Doutora Marília Catarina

Leal Fazeres Ferreira

2010
LISBOA



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
Faculdade de Medicina Veterinária

**Gestão Ambiental: Implementação de um Plano de Gestão de
Resíduos**

David Ricardo Lopes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutora Yolanda Maria Vaz

Doutora Maria Gabriela Lopes Veloso

Doutora Marília Catarina Leal Fazeres Ferreira

ORIENTADORA

Doutora Marília Catarina

Leal Fazeres Ferreira

2010
LISBOA

Agradecimentos

Concluída esta etapa da minha vida, gostaria de deixar uma palavra de agradecimento a todos os que de certa forma me ajudaram na realização deste trabalho:

À Gate Gourmet Portugal por ter colocado à disposição todos os meios técnicos e humanos para a realização deste trabalho, a todos os trabalhadores da empresa pela camaradagem, prestabilidade e disponibilidade para atender os meus pedidos.

À Dr. Joana Domingues pela transmissão de conhecimentos, disponibilidade, simpatia com que me acolheu, pela orientação, conselhos e atenção que me dispensou, por ter contribuído para o meu desenvolvimento em termos práticos e profissionais permitindo-me obter uma maior autonomia.

À Professora Doutora Marília Ferreira pelo apoio, orientação, competência e disponibilidade demonstrados em todos os momentos e a todos os professores que contribuíram para a minha formação académica.

Aos meus amigos e colegas, sobretudo ao “mata” e ao “pipo” pelo apoio, amizade e camaradagem demonstrados.

À minha família, irmã e acima de tudo aos meus pais a quem agradeço e dedico este trabalho.

A todos....

Muito Obrigado

Resumo

Gestão Ambiental: Implementação de um Plano de Gestão de Resíduos

Os resíduos sempre acompanharam a evolução da Humanidade, no entanto, ao longo dos últimos anos uma utilização abusiva dos recursos naturais não renováveis e a produção intensiva de bens e serviços fizeram com que estes fossem produzidos de forma quase inexorável. Por este motivo torna-se imperativo a implementação de medidas urgentes em todas as fases de produção e eliminação de resíduos com o intuito de minimizar os seus impactos ambientais negativos e assim garantir a sustentabilidade de gerações futuras.

Nas empresas que actuam na área alimentar, uma má gestão dos resíduos produzidos pode ter não só impactos ambientais significativos, como pôr em risco a própria segurança dos produtos alimentares.

Este trabalho descreve as várias fases de implementação de um plano interno de gestão de resíduos numa empresa de “catering” de aviação. Nesta empresa são produzidos quatro categorias diferentes de resíduos: indiferenciados (produção) – 60,83%, orgânicos – 22,53%, indiferenciados (aviação) – 13,28% e sólidos recicláveis – 3,36%. A implementação de um plano interno de gestão de resíduos apenas se mostrou viável, do ponto de vista económico, para a recolha selectiva e valorização de resíduos orgânicos. A aplicação deste plano para a recolha selectiva de resíduos sólidos recicláveis apesar de ambientalmente ser positiva dado que se reduz a quantidade de resíduos encaminhados para eliminação, acarreta custos que tornam a sua implementação insubsistente.

Palavras-chave: gestão de resíduos; resíduos sólidos; operações de gestão

Abstract

Environmental Management: Implementing a Waste Management Plan

Waste has always followed the humanity evolution, however, over the past years an abusive use of non-renewable resources and intensive production of goods and services accelerate their production. For this reason, it is imperative the implementation of urgent measures in all phases of production and disposal in order to minimize their negative environmental impacts and so ensure the sustainability of future generations.

In companies that operate in the food production area, the poor management of waste generated, can not only cause significant environmental impacts, but also endanger the safety of the food products.

This paper describes the various stages of the implementation of an internal waste management plan in a catering aviation company, which produced four different categories of waste: mixed (production) – 60,83%, organic – 22,53%, mixed (aviation) – 13,28% solid and recyclable – 3,36%. The implementation of an internal waste management plan is only viable, from an economic point of view, when applied to organic waste. The application of such management plan to recyclable solid waste despite positive from an environmental perspective, due to the reduction the amount of waste sent for disposal, it's not doable due to the high costs that it implies.

Keywords: waste management; solid waste; management operations

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE GERAL	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABELAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
I. DESCRIÇÃO DAS ACTIVIDADES DE ESTÁGIO	1
II. INTRODUÇÃO	3
III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. GESTÃO DE RESÍDUOS.....	5
3.1.1. Introdução	5
3.1.2. Os Resíduos ao longo da História.....	6
3.1.3. Princípios Gerais da Gestão de Resíduos.....	7
3.1.3.1. Princípio do Poluidor Pagador	9
3.1.3.2. Princípio da Auto-Suficiência.....	9
3.1.3.3. Princípio da Hierarquia das Opções de Gestão.....	10
3.2. CATEGORIAS DOS RESÍDUOS	13
3.2.1. Lista Europeia de Resíduos	13
3.2.2. Classificação dos Resíduos segundo a Origem	14
3.2.2.1. Resíduos Sólidos Urbanos	14
3.2.2.2. Resíduos Industriais	15
3.2.2.3. Resíduos Hospitalares	15
3.2.2.4. Resíduos Agrícolas.....	16
3.2.3. Tipos Específicos de Resíduos Sólidos.....	17
3.2.3.1. Papel e Cartão	17
3.2.3.2. Vidro.....	17
3.2.3.3. Metal.....	18
3.2.3.4. Plástico	18
3.2.4. Resíduos Perigosos	18
3.3. CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	21
3.3.1. Propriedades Físicas dos Resíduos	21
3.3.1.1. Densidade	22
3.3.1.2. Humidade.....	22
3.3.1.3. Granulometria	22
3.3.1.4. Capacidade de Retenção de Água	23
3.3.1.5. Condutividade Hidráulica do Resíduo Compactado	23
3.3.2. Propriedades Químicas dos Resíduos	23
3.3.2.1. Análise Elementar	23
3.3.2.2. Teor Energético.....	24
3.3.2.3. Ponto de Fusão das cinzas	24
3.3.2.4. Fracção Biodegradável.....	25
3.3.2.5. Teor em Nutrientes, Carbohidratos, Fibra Bruta, Lípidos e Proteínas	25
3.4. RECOLHA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	27

3.4.1.	Recolha Indiferenciada	27
3.4.2.	Recolha Selectiva	28
3.4.3.	Transporte e Transferência de Resíduos	28
3.5.	VALORIZAÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	31
3.5.1.	Tratamento Térmico	31
3.5.1.1.	Incineração.....	31
3.5.1.1.1.	Recuperação de Energia por Queima Directa	33
3.5.1.2.	Gaseificação.....	34
3.5.1.3.	Pirólise.....	34
3.5.1.4.	Vitrificação	35
3.5.2.	Tratamento Biológico	36
3.5.2.1.	Digestão Aeróbia – Compostagem.....	36
3.5.2.2.	Digestão Anaeróbia – Biometanização	38
3.5.2.2.1.	Recuperação de Energia por Queima de Biogás	39
3.5.2.3.	Vermicompostagem	40
3.5.3.	Valorização.....	41
3.5.3.1.	Valorização Material – Reciclagem	42
3.5.3.2.	Fileiras	43
3.5.3.2.1.	Plástico.....	43
3.5.3.2.2.	Vidro	43
3.5.3.2.3.	Papel e Cartão	44
3.5.3.2.4.	Metal.....	45
3.5.3.3.	Fluxos	45
3.6.	DEPOSIÇÃO FINAL	49
3.6.1.	Aterros sanitários	49
3.6.1.1.	Generalidades.....	49
3.6.1.2.	Tipos e Classificação de Aterros Sanitários	50
3.6.1.3.	Planeamento de um Aterro Sanitário	51
3.6.1.4.	Síndrome NIMBY	51
3.6.1.5.	Reacções e Processos Básicos	52
3.6.1.6.	Produção e Composição de Biogás	53
3.6.1.6.1.	Recolha e Tratamento de Biogás.....	54
3.6.1.7.	Produção e Composição de Lixiviados	55
3.6.1.7.1.	Recolha e Tratamento de Lixiviados	56
3.6.1.8.	Programas de Monitorização da Qualidade Ambiental.....	57
3.6.1.9.	Selagem e Recuperação Ambiental de Aterros Sanitários	57
IV.	PROJECTO DESENVOLVIDO.....	59
4.1.	IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO INTERNO DE GESTÃO DE RESÍDUOS	59
4.1.1.	Âmbito do Projecto	59
4.1.2.	Objectivos do Plano Interno de Gestão de Resíduos	59
4.1.3.	Caracterização da Empresa de Catering de Aviação	59
4.1.4.	Situação Actual da Empresa em Relação a Gestão de Resíduos.....	60
4.1.5.	Identificação e Caracterização dos Resíduos Produzidos na Unidade	61
4.1.6.	Resultados da Quantificação dos Resíduos Produzidos na Unidade.....	63
4.1.7.	Análise dos Resultados Obtidos	66
4.1.8.	Determinação da Viabilidade do Projecto.....	70
4.1.9.	Aplicação Prática do Plano Interno de Gestão de Resíduos	77
V.	CONCLUSÃO	79
VI.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
VII.	ANEXOS.....	91

Índice de Figuras

Figura 1 – Destino dos resíduos em Portugal, dados de 2004.....	8
Figura 2 – Princípio da Hierarquia das Opções de Gestão de Resíduos.....	10
Figura 3 – Relação entre os custo de transporte e a distância percorrida, com e sem a instalação de uma estação de transferência.	29
Figura 4 – Caracterização do processo de Incineração, Gaseificação e Pirólise.....	31
Figura 5 – Transformações microbiológicas e perfis de temperatura e pH durante um processo de compostagem.	37
Figura 6 – Representação de um sistema de cogeração	40
Figura 7 – Símbolo símbolo da reciclagem e do “ponto verde”.....	42
Figura 8 – Diferentes fases de estabilização de um aterro sanitário.....	52
Figura 9 – Percentagem das várias categorias de resíduos produzidos na unidade.....	66
Figura 10 – Representação gráfica das várias percentagens de resíduos produzidos após divisão dos resíduos indiferenciados (aviação)	67
Figura 11 – Percentagem dos vários componentes dos resíduos sólidos recicláveis	67
Figura 12 – Percentagem das várias categorias de resíduos recebidos na Lipor, durante o ano de 2009.....	68
Figura 13 – Percentagem das várias categorias de resíduos produzidos após a remoção da fracção correspondente aos resíduos indiferenciados (aviação).....	69
Figura 14 – Percentagem das várias categorias de resíduos produzidos na cantina e área de cafetaria da Campus Mexicali I da Autonomous University of Baja California (UABC).....	70

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos a determinar em função do processo de tratamento..	21
Tabela 2 – Processos físico-químicos utilizados no tratamento dos gases de combustão de uma incineradora.....	32
Tabela 3 – Poder calorífico dos gases combustíveis obtidos por gaseificação directa e indirecta.....	34
Tabela 4 – Vantagens e desvantagens dos aterros sanitários	49
Tabela 5 – Diferenças entre aterros para resíduos inertes, não perigosos e perigosos	50
Tabela 6 – Constituintes do biogás de um aterro.....	54
Tabela 7 – Composição química dos lixiviados em aterros sanitários de idades diferentes ..	55
Tabela 8 – Vantagens e desvantagens associadas a recirculação de lixiviados.....	56
Tabela 9 – Identificação dos resíduos produzidos nas diferentes secções da unidade.	61
Tabela 10 – Categorias de resíduos produzidos e respectivo código LER.	62
Tabela 11 – Dados recolhidos entre 12 e 18 de Janeiro de 2010 referentes à fase 1	64
Tabela 12 – Dados recolhidos entre 10 e 16 de Fevereiro de 2010 referentes à fase 2.	64
Tabela 13 – Percentagem das várias categorias de resíduos quantificados e projecção do total de resíduos com potencial de valorização produzidos por mês e por ano.....	65
Tabela 14 – Extrapolação das quantidades referentes às várias categorias de resíduos sólidos recicláveis produzidos durante 2009.....	71
Tabela 15 – Total de resíduos e extrapolação do total de resíduos sólidos recicláveis e resíduos sólidos não recicláveis produzidos em 2009.	71
Tabela 16 – Descrição das condições de serviço propostas por duas empresas (X e Y) que actuam na área da gestão de resíduos.....	72
Tabela 17 – Comparação dos custos presumíveis com a eliminação de resíduos recolhidos de forma indiferenciada e após a remoção da fracção reciclável, durante 2009.	73
Tabela 18 – Custos e benefícios económicos presumivelmente associados à implementação de um sistema de recolha selectiva de resíduos sólidos recicláveis, durante 2009.	73
Tabela 19 – Extrapolação das quantidades referentes aos resíduos orgânicos produzidos durante 2009.	75
Tabela 20 – Total de resíduos e extrapolação do total de resíduos orgânicos e resíduos não orgânicos produzidos em 2009.....	75
Tabela 21 – Comparação dos custos presumíveis com a eliminação de resíduos recolhidos de forma indiferenciada e após a remoção da fracção orgânica, durante 2009.....	76

Índice de Anexos

Anexo 1 – Capítulos da Lista Europeia de Resíduos.....	91
Anexo 2 – Características de perigo (hazard) atribuíveis aos resíduos.	92
Anexo 3 – Operações de eliminação (disposal) e valorização (recovery) dos resíduos	93
Anexo 4 – Produção de resíduos de papel e cartão na empresa de catering de aviação, durante o ano de 2009	94
Anexo 5 – Produção total de resíduos, com excepção do papel e cartão, da empresa de catering de aviação, durante o ano de 2009.....	95

I. Descrição das Actividades de Estágio

De entre as várias vertentes de Veterinária que me foram dadas a conhecer durante o curso, procurei aprofundar os meus conhecimentos na área de Segurança Alimentar. Foi-me dada a possibilidade de realizar um estágio curricular numa empresa de “catering” de aviação onde pude desenvolver as minhas capacidades e adquirir mais experiência.

Ao longo dos quatro meses que colaborei com o departamento de Higiene e Qualidade da empresa tive a oportunidade de acompanhar as seguintes actividades:

- Verificação da implementação do sistema HACCP através do controlo, monitorização e verificação de CCP`s (pontos de controle críticos) e SOP`s (procedimentos operacionais padronizados) e realização de auditorias internas diárias.
- Interpretação de planos analíticos microbiológicos com preparação de amostras para avaliação de matérias-primas, produto final, água e gelo, recolha de amostras a manipuladores e equipamentos e posterior avaliação dos resultados obtidos.
- Auxiliar em planos de formação através da preparação de documentação para acções de formação, correcção de testes e interpretação dos resultados.
- Monitorização do controlo de pragas com acompanhamento de uma equipa externa para controlo de pragas.
- Controlo de óleos de fritura.
- Avaliação de novas técnicas de embalagem com monitorização de procedimentos MAP (embalamento em atmosfera modificada) e controlo da percentagem de oxigénio residual.
- Desenvolvimento de um plano de gestão de resíduos através da realização de um inventário dos resíduos produzidos, avaliação da sua separação e implementação de um plano de separação.
- Monitorização do plano de higienização através do acompanhamento de uma equipa externa de limpeza, e verificação do cumprimento do plano de higienização implementado.
- Gestão de “stocks” de produção com controlo de registos do sistema de reposição implementado.

II. Introdução

Hoje em dia o papel do Médico Veterinário no âmbito de higiene e qualidade já não se resume exclusivamente a questões de segurança alimentar, sendo cada vez mais fundamental aprofundar conhecimentos nas mais diversas áreas, de modo a obter ferramentas que possibilitem ir ao encontro das cada vez maiores exigências sociais, políticas, económicas e ambientais.

Os resíduos sempre representam um factor a ter em conta na estrutura de uma empresa, independentemente da sua vertente de actuação. No entanto, nas indústrias que actuam no ramo alimentar estes assumem particular relevância pois a sua má gestão pode pôr em causa os princípios gerais de higiene e qualidade. Além disso, a crescente consciencialização ambiental por parte da sociedade e os requisitos legais cada vez mais apertados fazem com que a implementação de um projecto de gestão de resíduos seja fundamental, não só para promover melhorias a nível interno como também para exteriorizar o bom desempenho ambiental da empresa.

Este trabalho tem como objectivo a implementação de um plano interno de gestão de resíduos (PIGR) numa empresa de catering de aviação. Na revisão bibliográfica são caracterizadas as várias fases do ciclo de vida dos resíduos, desde a sua produção até à sua eliminação, permitindo obter um conhecimento geral da grande área que é a gestão de resíduos, tornando mais fácil a sua aplicação a nível interno. Na segunda parte do trabalho são ilustradas as várias etapas associadas à implementação de um PIGR numa empresa de catering e descritos os resultados obtidos no decorrer da aplicação do projecto bem como as principais dificuldades encontradas. Por último, com base nos resultados obtidos e na experiência adquirida, são enumeradas as respectivas conclusões.

III. Revisão Bibliográfica

3.1. Gestão de Resíduos

3.1.1. Introdução

O planeta Terra só aparentemente se mantém estável, sofrendo modificações contínuas dos mais diversos tipos. Parte dessas modificações são devidas a acções naturais, termodinamicamente irreversíveis, muitas vezes cíclicas. A estas acções naturais somam-se ainda as acções de cariz antropogénico, cuja dimensão e gravidade tem crescido à medida que cresce a capacidade de intervenção do ser humano. Estas acções geradas pelo Homem, podem induzir efeitos ambientais concretos, com consequências muito diversas, como a destruição de sistemas ambientais raros, esgotamento de recursos naturais não renováveis ou limitados e acumulação de poluentes e resíduos (Oliveira, 2005).

As nações industrializadas extraem quantidades enormes de recursos naturais do meio ambiente de forma a satisfazerem todas as suas necessidades, sejam elas básicas ou supérfluas. A poluição resultante desse grande volume de produção acaba por voltar ao ambiente, geralmente sob a forma de resíduos (Kollikkathara, Feng & Stern, 2009). Segundo o Decreto-Lei n.º 178/2006, entende-se por resíduo qualquer substância ou objecto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer (...) ou ainda, para Kollikkathara *et al.* (2009) resíduo é um “recurso que simplesmente se encontra fora do lugar”, pelo que este deve ser gerido de forma a maximizar a sua valorização.

Contudo, até há alguns anos atrás, a importância dada aos resíduos era muito pouca, sendo que na sua gestão apenas se tinha em consideração o aspecto económico e estético, privilegiando a sua eliminação de forma rápida e ao menor custo possível (Hester & Harrison, 2002).

Com o desenvolvimento tecnológico e social que se verificou durante o século XX, os padrões de consumo das pessoas mudaram bastante, o que associado a uma utilização cada vez mais intensiva dos recursos naturais, levou ao aparecimento de enormes quantidades de diferentes tipos de resíduos, tornando a sua gestão bastante problemática (Nag & Vizayakumar, 2005).

Segundo Hester & Harrison (2002) a produção de resíduos *per capita* ao longo dos anos cresceu de forma inexorável ultrapassando mesmo o crescimento económico. Este aumento de produção de resíduos levou a um aumento dos custos económicos e ambientais associados ao seu tratamento, o que conduziu à necessidade de introdução de novas políticas em todas a

fases de produção e eliminação de resíduos, com vista à sua redução (Mazzanti & Zoboli, 2008).

Ao nível das grandes empresas, uma má gestão das matérias-primas e dos recursos, juntamente com a utilização de tecnologias desactualizadas levam à produção de grandes quantidades de resíduos, provocando um grande aumento dos custos com a sua eliminação. Uma correcta gestão dos resíduos trará não só benefícios do ponto de vista ecológico, como também do ponto de vista económico (Franchetti, 2009).

Apesar de reconhecida a sua grande importância, a investigação na área dos resíduos ainda continua pouco desenvolvida em comparação com a investigação sobre a poluição do ar e dos gases com efeito de estufa (Mazzanti & Zoboli, 2008).

3.1.2. Os Resíduos ao longo da História

Os resíduos sempre acompanharam o Ser Humano ao longo da sua evolução, desde a passagem do nomadismo para o sedentarismo (Martinho & Gonçalves, 2000), no entanto, enquanto o Homem ainda vagueava pela terra, os resíduos, que na sua maioria eram constituídos por despojos de caça e restos da preparação de alimentos não constituíam um problema, pois eram rapidamente decompostos por microrganismos e facilmente reabsorvidos pela terra (Pichtel, 2005).

As necessidades de tratamento e eliminação adequadas dos resíduos por parte do Homem surgiram quando este se fixou e começou a formar grandes comunidades (Williams, 2005).

À medida que as cidades cresciam, as populações tiveram que se confrontar com quantidades cada vez maiores de resíduos que se acumulavam por períodos cada vez mais longos, o que levou estas sociedades a ter de enfrentar o problema de como gerir os seus resíduos (Pichtel, 2005).

Os dados da primeira lixeira municipal remontam à antiga Grécia, por volta do ano 500 A. C., onde os chamados “varredores de ruas” tinham de depositar os resíduos apanhados a mais de uma milha de distância das fronteiras da cidade de Atenas (Martinho & Gonçalves, 2000).

O primeiro registo da utilização do fogo como forma de eliminação dos resíduos surgiu no início do primeiro milénio, na Palestina, onde os resíduos eram transportados para serem queimados no vale de Gehenna, nos arredores de Jerusalém, local que era sinónimo de Inferno (Williams, 2005).

Durante a Idade Média os problemas com os resíduos continuaram, sendo estes lançados porta fora, atraindo diversas pragas responsáveis pela disseminação de doenças (Williams, 2005). A consequência mais grave desta situação foi a epidemia da Peste Negra, no século

XIV, responsável pela morte de metade da população da Europa (Martinho & Gonçalves, 2000).

No entanto, foi entre 1750 e 1850, com a Revolução Industrial, que o problema dos resíduos atingiu níveis nunca antes alcançados. A forte migração de pessoas do campo para a cidade, associada à grande produção de resíduos por parte da indústria, originou graves problemas de poluição. O aumento simultâneo do número de doenças levou à ligação destas com os resíduos e para lidar com este problema foi criada legislação em diversos países (Williams, 2005).

O primeiro incinerador surgiu em 1874 na cidade de Nottingham, Inglaterra, como forma de combater a deposição indiscriminada de resíduos a céu aberto. Os aterros surgiram anos mais tarde, em 1920, também em Inglaterra, no entanto, só em 1959 a American Society of Civil Engineers publicou o primeiro guia para a construção de aterros de forma a evitar a libertação de cheiros desagradáveis e a proliferação de pragas (Martinho & Gonçalves, 2000).

A reciclagem iniciou-se durante a década de 1960, na sequência da crescente consciencialização dos cidadãos face aos problemas ambientais e de saúde pública. Numa fase inicial surgiram os chamados “buy-back centers” que rapidamente deram origem a variados sistemas de recolha (Pichtel, 2005).

3.1.3. Princípios Gerais da Gestão de Resíduos

Os resíduos são produzidos em consequência da grande maioria das actividades diárias. O encaminhamento correcto destes resíduos, de modo a receber o tratamento mais eficiente, minimizando os impactos ambientais negativos é um aspecto fundamental a ter em conta (Moberg, Finnveden, Johansson & Lind, 2005).

As operações de gestão de resíduos compreendem toda e qualquer operação de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, bem como as operações de descontaminação de solos e a monitorização dos locais de deposição após o encerramento das respectivas instalações (DL n.º 178/2006).

O regime legislativo actual refere que a gestão de resíduos faz parte integrante do seu ciclo de vida, e é da responsabilidade do respectivo produtor, exceptuando-se os casos em que a produção diária é inferior a 1.100 L por produtor, recaindo então a responsabilidade sobre os respectivos municípios; na impossibilidade de determinação do produtor de resíduos, a responsabilidade recai sobre o detentor (DL n.º 178/2006).

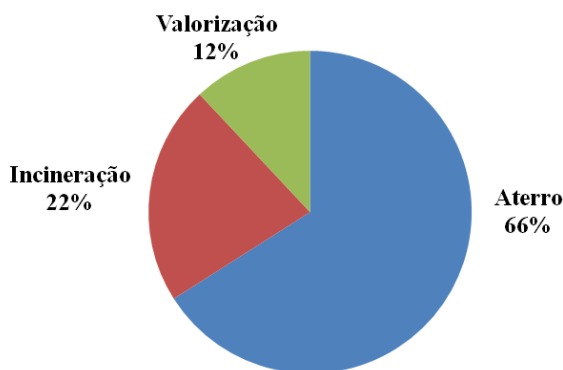
Inicialmente a gestão dos vários tipos de resíduos consistia na sua recolha de modo indiferenciado e deposição, geralmente longe das áreas urbanas, em cursos de água, no meio

do oceano ou em lixeiras a céu aberto (Kollikkathara *et al.*, 2009), no entanto uma produção cada vez maior, uma diminuição dos locais de deposição e uma pressão crescente por parte de cidadãos e políticos, veio exigir uma nova abordagem com vista à preservação dos recursos, à diminuição dos riscos ambientais e à responsabilização dos diferentes agentes envolvidos (Martinho & Gonçalves, 2000).

As diferentes estratégias actualmente utilizadas para o tratamento de resíduos têm como objectivo final reduzir a quantidade encaminhada para aterro sanitário, de forma a diminuir não só os custos com o processo como também o impacto ambiental causado (Hester & Harrison, 2002); no entanto a legislação, a própria natureza dos resíduos e as tendências de mercado, tendem a influenciar as diferentes operações de gestão bem como os impactos causados (Kollikkathara *et al.*, 2009).

De acordo com Mazzanti & Zoboli (2008), os vários países da Europa podem ser agrupados em três categorias diferentes consoante as estratégias utilizadas para o tratamento dos seus resíduos sólidos: aterro, incineração ou valorização (reciclagem ou compostagem). No primeiro grupo estão os países com elevados níveis de valorização e incineração e baixos níveis de aterro. Do segundo grupo fazem parte os países com altos níveis de valorização e médios níveis de incineração e aterro. O terceiro grupo, do qual faz parte Portugal (Figura 1), inclui os países com altos níveis de aterro e baixos níveis de incineração e valorização.

Figura 1 – Destino dos resíduos em Portugal, dados de 2004 (adaptado de Mazzanti & Zoboli, 2008).



A gestão de resíduos a nível Europeu constitui um desafio interessante, na medida em que a protecção do ambiente deve ser alcançada sem, no entanto, interferir com os mercados Europeus. Com o intuito de atingir este objectivo, foram definidos princípios, nos quais as operações de gestão se devem basear (Hester & Harrison, 2002).

3.1.3.1. Princípio do Poluidor Pagador

Um dos problemas que terá estado na origem da poluição foi a falta de incentivo para uma utilização mais moderada e uma escolha mais sensata dos recursos por parte das empresas, ou seja, as empresas não sentiam qualquer estímulo para uma utilização mais racional dos recursos com vista a uma melhoria da qualidade ambiental. Foi para colmatar esta deficiência que surgiu o Princípio do Poluidor Pagador (PPP) (Eugénio, 2004).

O PPP foi criado por volta do ano de 1970, através da introdução das primeiras regras ambientais pelos estados membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), com o intuito inicial de distribuir as preocupações relacionadas com a prevenção da poluição e os custos associados entre o governo e o sector privado (Luken, 2009).

Segundo este princípio, todo o produtor de resíduos deve suportar os custos com as medidas de prevenção, tratamento e eliminação respectivas (Hester & Harrison, 2002). O PPP promove assim a eficiência económica e a sustentabilidade ambiental através da interiorização das externalidades ambientais nos custos associados à produção e consumo de bens e serviços (Fischhendler, 2007).

A implementação do PPP na maioria dos países assenta na aplicação de uma taxa ambiental, que é proporcionalmente determinada através da quantidade de emissões de substâncias poluentes (Glazyrina, Glazyrin & Vinnichenko, 2006).

Este princípio encontra-se bem implementado em todos os países da OCDE, residindo o problema nos países em desenvolvimento, nos quais os fundamentos do PPP pouco têm influenciado a legislação ambiental. Uma das formas de incentivar a implementação deste princípio passa por incentivos económicos (Luken, 2009). À primeira vista, a atribuição de subsídios a empresas poluidoras parece contrária ao PPP, no entanto estes subsídios devem ter como objectivo a procura de novas técnicas e instrumentos que permitam a protecção ambiental, pelo que cada caso deve ser alvo de rigorosa análise (Eugénio, 2004).

3.1.3.2. Princípio da Auto-Suficiência

Os resíduos devem ser tratados/eliminados, sempre que possível, o mais próximo da sua fonte de origem (Phillips, Pratt & Pike, 2001).

O princípio da auto-suficiência visa o desenvolvimento de um sistema de gestão de resíduos que assente na sustentabilidade, ou seja, as diferentes práticas de tratamento dos

resíduos, devem ser em função da sua melhor utilização como matérias-primas (Fragkou, Vicent & Gabarrell, 2010).

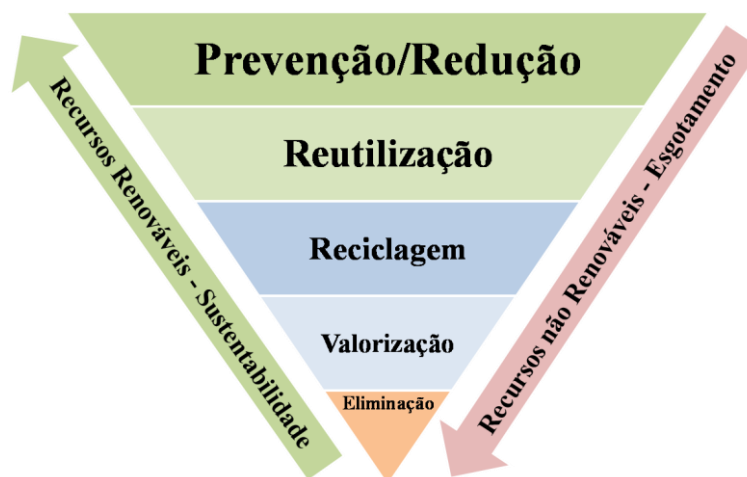
As operações de gestão de resíduos devem decorrer preferencialmente em território nacional, reduzindo ao mínimo possível os movimentos transfronteiriços de resíduos (DL n.º 178/2006).

3.1.3.3. Princípio da Hierarquia das Opções de Gestão

Segundo Williams (2005), a estratégia face aos resíduos definida pela União Europeia assenta num conceito chave: o conceito da “hierarquia das operações de gestão”. Este conceito (Figura 2) fornece uma nova abordagem em relação aos resíduos, permitindo identificar as várias estratégias possíveis e definir a sua importância. De acordo com este conceito, a Prevenção e a Redução surgem no topo como sendo as mais importantes, seguindo-se depois a Reutilização; caso não seja possível reutilizar deve-se optar pela Reciclagem ou outra forma de Valorização. A Eliminação deve ser encarada como a última opção de gestão.

Este princípio visa a minimização de deposição em aterro sanitário de resíduos que apresentem potencial de reciclagem e valorização (Decreto-Lei n.º 183/2009).

Figura 2 – Princípio da Hierarquia das Opções de Gestão de Resíduos (adaptado de Maczulak, 2010).



O primeiro objectivo, a prevenção e redução da produção de resíduos é consensual. No entanto, a hierarquia seguinte tem gerado alguma controvérsia, defendendo muitos que as restantes estratégias devem ser consideradas caso a caso de modo a tornar a sua gestão o mais eficiente possível (Finnveden, Johansson, Lind & Moberg, 2005). Um estudo levado a cabo

por Schmidt, Holm, Merrild & Christensen (2007), permitiu concluir que este modelo de hierarquia pode ser utilizado para a gestão de resíduos de papel, mas já não se aplica em resíduos inertes como é o caso do vidro, pois nesta situação, a incineração com recuperação de energia (valorização) revela piores resultados do que a sua deposição em aterro sanitário (eliminação).

Prevenção/Redução

A prevenção e/ou redução da produção de resíduos é a estratégia mais importante das opções de gestão, na medida em que os resíduos evitados não necessitam de ser geridos nem causam impactos ambientais (Hester & Harrison, 2002).

Apesar da prevenção e redução aparecerem ambas no topo da hierarquia, elas apresentam significados diferentes. A prevenção define-se como todo o género de actividades, ou grupo de actividades, que têm como finalidade evitar consequências nefastas, para a saúde e para o ambiente, provenientes dos resíduos; por redução entende-se a diminuição da quantidade e/ou perigosidade dos resíduos produzidos, geralmente no local onde são gerados. De certa forma, o conceito de prevenção engloba o conceito de redução (Martinho & Gonçalves, 2000).

A utilização de tecnologias mais “limpas”, processos que utilizem menos matérias-primas, desenvolvimento de produtos de longa duração ou de produtos cuja utilização gere menos resíduos, constituem algumas das formas que permitem uma redução da produção de resíduos (Lilja, 2009).

Reutilização

A reutilização consiste na reintrodução, sem alterações significativas, de substâncias, objectos ou produtos nos circuitos de produção ou de consumo de forma a evitar a produção de resíduos (DL n.º 178/2006).

O processo de reutilização inclui a recolha, limpeza/lavagem e reutilização propriamente dita do resíduo, como é o caso das garrafas de vidro. Uma outra forma de reutilização consiste na utilização do resíduo com outra finalidade que não a inicial, como é o caso da colocação de pneus sobre a cobertura dos silos (Corral-Verdugo, 2003).

Reciclagem

A reciclagem de alguns componentes dos resíduos, de modo a obter novamente a matéria-prima inicial, permite economizar energia comparativamente à utilização de matérias-primas virgens (Williams, 2005).

Na gestão de resíduos, a reciclagem é uma componente necessária e, se devidamente concebida, pode originar benefícios económicos e sociais significativos: poupança no consumo de recursos ou de espaço em aterro, redução da poluição, aumento da eficiência de outros processos como a compostagem ou a incineração e a possibilidade de permitir aos cidadãos uma participação activa na melhoria da qualidade do ambiente (Martinho & Gonçalves, 2000).

Valorização

O processo de valorização pode ser dividido em três vertentes: valorização material, valorização orgânica e valorização energética. A valorização material corresponde à reciclagem. Na valorização orgânica ocorre a transformação da fracção orgânica presente nos resíduos, dando origem a um composto semelhante ao solo ou a biogás com diversas aplicações; a valorização energética consiste na recuperação de energia, que pode ocorrer por incineração dos resíduos ou por combustão de gases por eles produzidos (Lipor, 2009).

Eliminação

A principal forma de eliminação de resíduos utilizada é a deposição em aterro sanitário. Através dos processos biológicos, a fracção biodegradável dos resíduos é decomposta, neutralizada e estabilizada dando origem a um material essencialmente inerte. No entanto, com o decorrer da decomposição, são formados lixiviados e gases com efeito de estufa, como metano e dióxido de carbono, motivo pelo qual a deposição de resíduos em aterro sanitário deve ser visto como a última opção na hierarquia das opções de gestão (Williams, 2005).

3.2. Categorias dos Resíduos

De forma a melhorar e otimizar as operações de gestão de resíduos, beneficiando a saúde pública e o ambiente, é fulcral estabelecer um sistema de classificação de resíduos (Pichtel, 2005). No entanto, devido à grande heterogeneidade que os resíduos apresentam, a sua classificação tem-se revelado extremamente difícil, e os diferentes critérios utilizados têm dificultado a comparação de dados entre países (Al-Khatib, Monou, Zahra, Shaheen, & Kassinos, 2010).

Os diversos critérios utilizados na classificação dos resíduos incluem o seu estado físico (sólido, líquido ou gasoso), a sua natureza química (orgânico ou inorgânico), a sua distribuição geográfica (dispersos ou concentrados), o tipo de material constituinte (papel, vidro, metal...), as suas propriedades face ao sistema (compostáveis, combustíveis, recicláveis), entre outros (Martinho & Gonçalves, 2000; Eugénio, 2004).

A classificação dos resíduos segundo a sua origem é aquela que mais consenso reúne. O Decreto-Lei n.º 178/2006 utiliza este critério, dividindo os resíduos em 4 grandes grupos: Resíduos Sólidos Urbanos, Resíduos Industriais, Resíduos Agrícolas e Resíduos Hospitalares.

Segundo Levy, Teles, Madeira & Pinela (2002) a quantificação dos resíduos tendo como critério a sua origem é de extrema importância, dado que apenas se podem implementar medidas de prevenção, reutilização e valorização, se existir um profundo conhecimento das produções e tipos de resíduos por sector de actividade.

A nível nacional é ainda utilizada legalmente a classificação de resíduo perigoso, a qual engloba todo o resíduo que apresente pelo menos uma característica de perigosidade para a saúde ou para o ambiente (DL n.º 178/2006), estando estes presentes em cada uma das categorias acima referidas, em maior ou menor quantidade (Martinho & Gonçalves, 2000).

3.2.1. Lista Europeia de Resíduos

Em 1993 foi estabelecida uma lista de resíduos em conformidade com a Directiva 75/442/CEE do Conselho, à qual foi dado o nome de Catálogo Europeu dos Resíduos (CER) (Decisão da Comissão n.º94/3/CE).

Em Dezembro de 1994, foi estabelecido uma lista de resíduos perigosos em aplicação da Directiva 91/689/CEE (Decisão da Comissão n.º94/904/CE).

Em Maio de 2000, as referidas decisões foram revogadas pela Decisão da Comissão n.º2000/532/CE, e posteriormente alterada pela Decisão da Comissão n.º2001/118/CE, pela Decisão da Comissão n.º2001/119/CE e pela Decisão do Conselho n.º2001/573/CE, que

adopta a nova Lista Europeia de Resíduos (LER) e as características de perigo atribuíveis aos resíduos (Portaria n.º209/2004).

A Lista Europeia de Resíduos apresenta um documento que substituiu o Catálogo Europeu de Resíduos. Este documento veio garantir a harmonização no que diz respeito à classificação e identificação dos resíduos no espaço Europeu. Ao longo de vinte capítulos, são discriminadas as várias categorias de resíduos de acordo com a sua origem. Os resíduos são então identificados através de um código LER de seis dígitos, sendo os dois primeiros referentes ao capítulo da fonte geradora, e os restantes quatro aos sub-capítulos correspondentes. Todos os resíduos da presente lista assinalados com um asterisco (*) são considerados resíduos perigosos (Portaria n.º209/2004).

Em Anexo mostram-se os vinte capítulos da Lista Europeia dos Resíduos (Anexo 1), bem como as potenciais características de perigo a eles atribuíveis (Anexo 2) e as operações de eliminação e valorização a que podem ser sujeitos (Anexo 3).

3.2.2. Classificação dos Resíduos segundo a Origem

3.2.2.1. Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são aqueles a que vulgarmente chamamos “lixo”; a sua produção dentro de uma comunidade advém de várias fontes, incluindo não só os resíduos das habitações, como também os resíduos provenientes da prestação de serviços, de estabelecimentos comerciais ou industriais, escritórios ou similares, desde que nestes casos não exceda os 1.100 L diários por produtor (Levy *et al.*, 2002; Eugénio, 2004; Pichtel, 2005). Nesta definição excluem-se os resíduos provenientes da rede de esgotos e resíduos da construção e demolição de obras municipais (Kollikkathara *et al.*, 2009).

Segundo Williams (2005), em alguns casos os resíduos provenientes de jardins e parques bem como de serviços de limpeza de ruas também podem ser incluídos. Por conseguinte, a categoria de RSU engloba uma grande diversidade de produtos e substâncias incluindo papel e cartão, matéria orgânica, plásticos, vidro, metal, têxteis e ainda outras pequenas fracções de outros resíduos.

A sua recolha, tratamento e eliminação é da responsabilidade dos municípios ou associações municipais (Kollikkathara *et al.*, 2009).

3.2.2.2. Resíduos Industriais

Os resíduos industriais (RI) referem-se a todos os resíduos produzidos durante as operações industriais ou processos de fabrico, engloba restos de comida, cinzas, resíduos de construção e demolição e resíduos perigosos, entre outros (Casares, Ulierte, Matarán, Ramos & Zamorano, 2005). O Decreto-lei n.º178/2006 inclui ainda nesta classificação todos os resíduos que resultem das actividades de produção e distribuição de electricidade, água e gás.

O desenvolvimento industrial levou ao aparecimento de uma grande complexidade de resíduos, não só em termos de quantidade, mas também em relação à sua composição, o que permite a utilização de um vasto leque de opções de gestão, incluindo a reciclagem e reutilização, com vista à minimização do seu impacto ambiental. A responsabilidade da sua gestão cabe ao respectivo produtor (Wei & Huang, 2001).

Levy *et al.* (2002), dividem os RI em três grupos:

- Resíduos Industriais Perigosos (RIP) – são aqueles que apresentam características de perigosidade para a saúde ou ambiente,
- Resíduos Industriais Banais (RIB) – engloba os resíduos não perigosos,
- Resíduos Inertes – resíduos que não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas importantes, podendo ser incluídos na classe dos RIB.

3.2.2.3. Resíduos Hospitalares

Os resíduos hospitalares (RH) são aqueles que são produzidos durante a prestação de serviços de saúde ou investigação médica. Os Hospitais constituem a principal fonte deste tipo de resíduos, no entanto também são produzidos em clínicas veterinárias, dentistas, bancos de sangue, casas funerárias, etc. (Duan, Huang, Wang, Zhou & Li, 2008).

Nas últimas décadas, a produção de RH teve um aumento significativo, devido não só ao aumento da população e do número e tamanho das instalações de saúde como também devido ao aumento do uso de produtos médicos (Mohee, 2005).

Segundo a Lipor (2009), o destino a dar a este tipo de resíduos levanta alguns problemas, na medida em que parte deles se encontra contaminado por via biológica, química ou radioactiva.

Assim sendo, devido às características de perigosidade de alguns dos RH, estes são obrigados a procedimentos de recolha, armazenamento e tratamento diferenciados, o que torna a sua gestão mais complexa e onerosa (Levy *et al.*, 2002).

O Despacho n.º 242/96 foi criado de modo a obter uma classificação mais rigorosa dos RH, facilitando a sua separação na origem e o correcto encaminhamento para tratamento. Os RH dividem-se em dois grandes grupos: resíduos não perigosos e resíduos perigosos. Dos resíduos não perigosos fazem parte o Grupo I (resíduos equiparados a urbanos, não necessitando exigências especiais no seu tratamento) e Grupo II (RH não perigosos, não estando sujeitos a tratamentos específicos, equiparados a urbanos). Dos resíduos perigosos fazem parte o Grupo III (RH de risco biológico, contaminados ou suspeitos de contaminação, susceptíveis de incineração ou de outro pré-tratamento eficaz, e posterior eliminação como resíduo urbano) e Grupo IV (RH específicos, de incineração obrigatória).

Apesar de nem todos os RH serem classificados como perigosos, segundo Taghipour & Mosaferi (2009) apenas 10 a 25% dos RH pertencem ao Grupo II, a grande maioria das instituições de saúde gere os seus resíduos como se todos eles fossem perigosos.

3.2.2.4. Resíduos Agrícolas

Os resíduos agrícolas (RA) são compostos essencialmente por matéria orgânica, como excrementos de animais, chorumes, silagens e restos de outros vegetais (Williams, 2005), no entanto, outros resíduos como embalagens de produtos fitofarmacêuticos, embalagens de medicamentos veterinários, óleos, pneus, plásticos, etc. usados no decorrer da actividade agrícola também fazem parte deste grupo. A responsabilidade de gestão dos RA cabe ao respectivo produtor (Lipor, 2009).

Apesar de serem praticamente desconhecidos, os RA são dos maiores grupos de resíduos produzidos na Europa e na América, superando mesmo a produção de RSU (Pichtel, 2005; Williams, 2005).

A maioria dos RA são biodegradáveis, e como tal, podem ser reciclados directamente no solo, desde que em pequenas quantidades ou em alternativa ser utilizados como alimento para animais ou outras formas de valorização como a compostagem (Pichtel, 2005; Williams, 2005).

Os RA apresentam um elevado potencial quando correctamente geridos, como acontece em alguns aviários, onde as camas das aves, constituídas essencialmente por excrementos e aparas de madeira, são utilizadas como combustível em sistemas de geração de calor (Williams, 2005).

3.2.3. Tipos Específicos de Resíduos Sólidos

3.2.3.1. Papel e Cartão

O processo de fabrico de papel foi inicialmente desenvolvido na China por volta do século I utilizando uma suspensão de fibras de bambu como base. A utilização cada vez maior deste produto tem levado ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas com vista à sua produção (Pichtel, 2005).

A componente principal do papel e cartão é a celulose; as suas fibras podem provir do algodão, da madeira e de palhas de cereais, sendo normalmente a escolha da matéria-prima função do produto final que se pretende. Na produção de papel e cartão são ainda adicionados outros produtos como resinas e colas que aumentam a consistência e resistência à humidade e às tintas, sais de alumínio que fixam as resinas à celulose, carbonato de sódio que aumenta o peso e a consistência e corantes (Martinho & Gonçalves, 2000).

3.2.3.2. Vidro

Os Egípcios foram, aparentemente, a primeira sociedade a utilizar o vidro para o fabrico de recipientes, utilizando já há cerca de 4.000 anos moldes de areia ou argila no qual colocavam o vidro fundido. Nos últimos 100 anos o desenvolvimento de novas técnicas de moldagem permitiu a produção de recipientes de vidro de forma rápida e económica (Arvanitoyannis, 2008).

Para produzir vidro são necessárias matérias-primas relativamente baratas como a sílica (SiO_2) elemento vitrificante, o carbonato de cálcio (CaCO_3) elemento estabilizante que confere grande resistência aos agentes atmosféricos e carbonato de sódio (Na_2SO_3) que favorece a fusão. As matérias-primas são misturadas e introduzidas em fornos a temperaturas de 1480-1570 °C e liquefeitas, sendo posteriormente arrefecidas e moldadas (Pichtel, 2005). O processo requer ainda a utilização de aditivos químicos como óxidos e sais metálicos de forma a obter uma maior estabilidade e coloração (Martinho & Gonçalves, 2000).

3.2.3.3. Metal

A composição dos metais faz com que estes apresentem um grande número de características benéficas, como rigidez, resistência e propriedades térmicas, características que permitiram aos metais adquirir grande interesse na produção de vários bens (Kamavaram, Mantha & Reddy, 2005).

Os metais dividem-se em dois grandes grupos, ferrosos e não ferrosos. Os metais ferrosos contêm ferro na sua constituição e são utilizados para produzir bens de consumo e industriais, sendo o aço o resíduo mais comum. Dos metais não ferrosos (sem ferro na sua constituição) o mais comum é o alumínio, sendo este resíduo o composto essencial dos recipientes de bebidas (Pichel, 2005).

3.2.3.4. Plástico

Os plásticos possuem muitas propriedades que os tornam desejáveis, são resistentes, leves e duradouros (Pichtel, 2005). A matéria-prima para o fabrico de plásticos é o petróleo, simples monómeros químicos que se ligam entre si na presença de um catalisador e de uma fonte de energia, normalmente o calor, dando origem aos polímeros que por sua vez constituem os plásticos (Azapagic, Emsley, & Hamerton, 2003).

De acordo com Williams (2005) os plásticos podem ser classificados em dois grandes grupos: (1) o termoendurecíveis que endurecem durante o seu processo de fabrico e não podem voltar a ser moldados e os (2) termoplásticos (representam 80% dos plásticos na Europa) que podem ser várias vezes moldados. Dentro dos termoplásticos ainda existem seis categorias: polietileno de alta densidade (HDPE), polietileno de baixa densidade (LDPE), policloreto de vinilo (PVC), poliestireno (PS), polietileno tereftalato (PET) e polipropileno (PP).

3.2.4. Resíduos Perigosos

Resíduos perigosos (RP) é um termo utilizado para definir todos os resíduos cuja separação, recolha, armazenamento e tratamento se podem demonstrar perigosos. Muitos destes resíduos são ou contêm substâncias corrosivas, tóxicas, reactivas, cancerígenas, infecciosas, irritantes, inflamáveis, oxidativas ou outra característica capaz de provocar danos no ser humano ou meio ambiente (Chaaban, 2001).

Segundo Musee, Lorenzen & Aldrich (2008) pode-se então dizer-se que RP são resíduos que pela quantidade, concentração e propriedades físicas, químicas ou infecciosas podem:

- Causar ou contribuir para um aumento da mortalidade, doenças graves ou vários tipos de incapacidade;
- Representar um risco para a saúde humana ou para o ambiente quando inapropriadamente tratados.

A grande maioria dos RP tem origem em três fontes: a principal é a indústria – várias indústrias utilizam ao longo do seu processo de fabrico matérias-primas perigosas, as quais podem vir a fazer parte do fluxo de resíduos; uma outra fonte importante são os serviços de saúde; por fim, um novo grupo de RP que tem preocupado as entidades gestoras são os chamados resíduos perigosos domésticos do qual fazem parte herbicidas, tintas, medicamentos, óleos, baterias, solventes entre outros materiais, que embora sejam produzidos em pequenas quantidades, a sua enorme dispersão, tem tornado a sua gestão extremamente difícil (Duan *et al.*, 2008).

3.3. Caracterização de Resíduos Sólidos

Para uma gestão eficiente dos sistemas de recolha, armazenamento, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos é fundamental conhecer bem as suas características, uma vez que só assim se poderá determinar com exactidão o tipo, dimensão e localização das infra-estruturas, a mão de obra e equipamentos necessários, os impactos ambientais e económicos e o potencial para valorização (Martinho & Gonçalves, 2000).

A Tabela 1 mostra o numeroso leque de parâmetros que é conveniente determinar para avaliar qual dos processos de tratamento é mais adequando tendo em conta as características dos resíduos.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos a determinar em função do processo de tratamento (adaptado de Martinho & Gonçalves, 2000).

PROCESSO		
INCINERAÇÃO	COMPOSTAGEM	BIOMETANIZAÇÃO
<ul style="list-style-type: none">• Teor em elementos combustíveis• Teor em inertes• Teor em cinzas• Humidade• Poder calorífico inferior• Teor em N₂ e CO₂• Metais pesados• Cloro e flúor• Substâncias complexas (dioxinas)	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Humidade• pH• Salinidade• Relação C/N• Nitrato/azoto amoniacal• Teor em matéria orgânica• Teor em elementos facilmente biodegradáveis• Metais pesados• Teor em elementos xenobióticos	<ul style="list-style-type: none">• Humidade• Temperatura• pH• Potencial redox• Relação C/N• Hidróxido de carbono• Teor em celulose• Metais pesados• Teor em elementos xenobióticos

Os resíduos podem ser quantificados pelo peso ou pelo volume. Se, por um lado, o peso é uma medida mais precisa e fácil de obter, já que é independente do grau de compactação, o volume torna-se mais útil quando se pretende planear, por exemplo, o seu transporte e o tempo de vida dos aterros (Martinho & Gonçalves, 2000).

3.3.1. Propriedades Físicas dos Resíduos

O conhecimento das propriedades físicas dos resíduos torna mais fácil o seu transporte e processamento, permite determinar quais as suas características de combustão e ainda avaliar aproximadamente o tempo de vida dos aterros (Pichtel, 2005).

3.3.1.1. Densidade

A densidade é definida como o peso de uma massa de resíduos por unidade de volume, normalmente expressa em kg/m^3 (Taghipour & Mosaferi, 2009). Os valores da densidade dos resíduos podem variar bastante, dependendo do grau de compactação, da composição física e do grau de humidade (Martinho & Gonçalves, 2000; Pichtel, 2005).

A densidade é um importante critério a ter em conta na gestão de resíduos para o planeamento das operações de recolha, transporte, armazenamento, tratamento e eliminação (Philippe & Culot, 2009).

3.3.1.2. Humidade

A humidade define-se como a percentagem de água contida na massa de resíduos. O teor em água varia de acordo com vários factores entre os quais a composição dos resíduos, a estação do ano, as condições climáticas e o tipo de armazenamento (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

A determinação deste parâmetro tem grande importância para a compostagem (influencia a eficácia do processo), para a incineração (altera o poder calorífico e as propriedades de combustão dos resíduos) e para os aterros sanitários (influencia a produção de lixiviados e biogás) (Martinho & Gonçalves, 2000; Kwon & Lee 2004; Liang *et al.*, 2008).

3.3.1.3. Granulometria

O tamanho das partículas dos resíduos vai influenciar directamente a velocidade das diferentes reacções químicas, ou seja, quanto menor for o tamanho das partículas, maior será a sua superfície total e mais rápida será a reacção, como é o caso da combustão num incinerador ou a decomposição causada por microrganismos na compostagem. A determinação do tamanho das partículas dos resíduos é obtida fazendo passar uma amostra por uma série de tamizes com malhas de tamanho diferente, começando com uma malha mais grosseira, tornando-se mais fina à medida que a amostra vai passando (Pichtel, 2005).

3.3.1.4. Capacidade de Retenção de Água

Este parâmetro refere a quantidade de água que os resíduos conseguem reter contra a acção da gravidade; uma vez libertada, esta água dá origem a lixiviados (Zanetti & Genon, 1999). A determinação desse ponto é importante por duas razões: (1) a actividade microbológica aeróbia responsável pelo processo de compostagem é óptima a valores ligeiramente abaixo desse ponto e (2) é importante na previsão da formação de lixiviados em aterros sanitários ou pilhas de resíduos (Pichtel, 2005).

A capacidade de retenção da água varia de acordo com o grau de pressão exercida sobre os resíduos (Zanetti & Genon, 1999).

3.3.1.5. Condutividade Hidráulica do Resíduo Compactado

A condutividade hidráulica (k) dos resíduos compactados é uma propriedade física que influencia a circulação de líquidos (especialmente lixiviados) e gases nos aterros sanitários. Valores elevados de k tornam o resíduo compactado mais resistente à infiltração por água da chuva, facilitando assim um melhor escoamento dos aterros (Pichtel, 2005).

3.3.2. Propriedades Químicas dos Resíduos

O conhecimento das propriedades químicas dos resíduos, permite avaliar a sua utilidade como combustível, determinar quais as emissões gasosas resultantes da sua incineração, bem como de potenciais substâncias perigosas presentes nas cinzas. Dado que grande parte dos resíduos são encaminhados para aterro, o conhecimento das suas propriedades químicas permite saber qual a composição das potenciais águas lixiviadas (Pichtel, 2005).

3.3.2.1. Análise Elementar

A análise elementar consiste na determinação da percentagem de carbono (C), hidrogénio (H), oxigénio (O), azoto (N), enxofre (E), cinzas e, em alguns casos, de compostos halogenados existentes nos resíduos. Esta análise permite ainda caracterizar a composição química da fracção orgânica presente (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

A determinação destes elementos é fundamental para avaliar a utilização dos resíduos como combustível, prevendo as emissões gasosas libertadas nos processos de incineração.

Esta determinação pode ainda ser útil para definir quais as melhores condições para a conversão de processos biológicos (Pichtel, 2005).

No caso da compostagem, a determinação da razão entre os teores de carbono e azoto (relação C/N) é considerada um dos factores mais importantes, uma vez que esta relação permite não só avaliar a aptidão dos resíduos para o tratamento biológico, como seguir o processo de decomposição (Zhu, 2007).

3.3.2.2. Teor Energético

O teor energético representa a quantidade de calor libertado por combustão de uma unidade de peso de resíduos; também conhecido por poder calorífico, geralmente é expresso em Kcal/kg (Núñez-Regueira, Proupín-Castiñeiras & Rodríguez-Añón, 2002).

Segundo Abu-Qudais e Abu-Qdais (2000) existem três formas de determinar o teor energético dos resíduos:

- Através de um calorímetro (mais comum);
- Cálculo com base na análise elementar;
- Medição da produção de vapor por combustão de uma amostra numa caldeira de grandes dimensões.

A energia armazenada nas ligações dos compostos que constituem os resíduos, liberta-se quando a amostra é incinerada, e esta energia (poder calorífico) pode ser quantificada através do aumento da temperatura (Pichtel, 2005).

Distingue-se o poder calorífico superior (PCS), que consiste na energia libertada pela combustão completa da amostra e no qual o vapor de água formado regressa ao seu estado inicial restituindo o calor de vaporização, e o poder calorífico inferior (PCI) no qual o calor de vaporização não é restituído, ou seja, a água presente nos resíduos permanece sob a forma de vapor (Núñez-Regueira *et al.*, 2002).

É de grande importância a determinação do poder calorífico inferior para caracterizar a aptidão dos resíduos para a valorização energética (Abu-Qudais & Abu-Qdais, 2000).

3.3.2.3. Ponto de Fusão das Cinzas

O ponto de fusão das cinzas permite saber qual o comportamento físico dos resíduos quando submetidos a altas temperaturas. Neste ponto, as cinzas tem tendência a unir-se e formar aglomerados. É comum limitar-se a temperatura a que ocorre o processo de incineração ao nível em que ocorre a fusão das cinzas de modo a evitar a sua adesão à

superfície dos sistemas responsáveis pela geração de energia, o que pode provocar a sua corrosão, pondo em causa a eficácia do processo (Tsukada, Kawashima, Yamada, Yao & Kamiya, 2008).

3.3.2.4. Fracção Biodegradável

A fracção biodegradável representa a porção dos resíduos que pode ser sujeita a uma transformação biológica, e é caracterizada pelo facto de se poder converter em gases e sólidos orgânicos e inorgânicos relativamente estáveis. O conhecimento desta fracção permite avaliar qual será o comportamento dos resíduos durante o processo utilizado e definir quais as condições de tratamento mais adequadas ao resíduo em questão (Guardia *et al.*, 2010).

A biodegradabilidade pode ser determinada através da produção de biogás ou através da percentagem de decomposição de sólidos (totais e voláteis) de uma amostra (Zhang *et al.*, 2007).

3.3.2.5. Teor em Nutrientes, Carbohidratos, Fibra Bruta, Lípidos e Proteínas

De acordo com Pichtel (2005) poderá ainda ser benéfico o conhecimento de determinados parâmetros que caracterizam os resíduos, tais como:

Nutrientes: Sempre que a fracção orgânica dos resíduos é utilizada como matéria-prima para produzir fertilizantes (compostagem) ou metano (biogás) a informação relativa ao teor em nutrientes é extremamente importante. Tanto a compostagem como a produção de biogás é levada a cabo por microrganismos heterotróficos, pelo que um correcto equilíbrio nutricional é fundamental para uma boa biotransformação.

Carbohidratos: incluem os açúcares e os seus polímeros como é o caso do amido e da celulose. Os diversos polímeros variam quanto à sua capacidade de resistir à hidrólise. O amido é facilmente hidrolisado dando origem a glicose, que é bastante solúvel em água. Resíduos com elevados teores em hidratos de carbono têm maior facilidade em atrair pragas, como insectos ou roedores.

Fibra Bruta: desta categoria fazem parte as fibras naturais como o algodão, a lã e o couro, as quais são constituídos por polímeros, como a celulose e lenhina, que se caracterizam pela sua grande resistência à degradação. São estes elementos presentes nos resíduos, os principais responsáveis pela formação de compostos orgânicos resistentes.

Lípidos: a determinação do teor em lípidos dos resíduos pode ser vantajoso, quando no seu destino se incluem processos com vista à recuperação de energia, dado que o valor energético dos lípidos é extremamente elevado.

Proteínas: são extremamente importantes para a biodegradação dos resíduos, como fonte de azoto para os microrganismos heterotróficos; no entanto a decomposição parcial das proteínas pode levar à produção de aminas (putrescina e cadaverina) responsáveis por maus odores intensos.

3.4. Recolha e Transporte de Resíduos Sólidos

A recolha é a operação efectuada por pessoal e/ou equipamento especialmente adequado para esse fim, mediante a transferência dos resíduos, incluindo ou não os recipientes, para as viaturas de recolha (Alam, Chowdhury, Hasan, Karanjit & Shrestha, 2008). O transporte pode ser definido como a operação de transferência dos resíduos do local de recolha para uma estação de transferência ou directamente para uma estação de tratamento ou eliminação (Nag & Vizayakumar, 2005).

A legislação em vigor prevê que a recolha de RSU seja da responsabilidade da Câmara Municipal. No entanto, quando o volume de produção diário de resíduos excede os 1.100 L, são os próprios produtores a fazer a recolha, sendo este serviço, normalmente executado por empresas devidamente certificadas (Decreto-Lei n.º 178/2006). Neste caso, o produtor ou detentor de resíduos deve garantir que os mesmos sejam transportados dentro dos requisitos legais bem como assegurar que o seu destinatário está autorizado a recebê-los, de modo a tornar mais eficaz a fiscalização e controlo das transferências de resíduos dentro do território nacional (Portaria n.º335/97).

De acordo com alguns autores, os sistemas de recolha e transporte de resíduos têm uma importância fundamental na gestão integrada de resíduos devido a diversos factores (Nag & Vizayakumar, 2005; Pichtel, 2005; McLeod & Cherrett, 2008):

- É a componente do sistema de gestão mais dispendiosa;
- Estabelece a ligação entre a fonte de origem dos resíduos e a central de tratamento, valorização ou eliminação;
- A forma como os resíduos são recolhidos e transportados condiciona a eficiência dos processos de valorização e tratamento subsequentes.

3.4.1. Recolha Indiferenciada

No sistema de recolha indiferenciada os resíduos são recolhidos todos misturados, e posteriormente são encaminhados directamente para o aterro sanitário, ou em alternativa e em caso de existirem infra-estruturas adequadas, para um centro de triagem, onde é separada a fracção orgânica que é aproveitada para compostagem e os restantes, encaminhados para um aterro sanitário ou incineração (Levy *et al.*, 2002).

A principal vantagem deste tipo de recolha, para além do menor esforço que é exigido aos produtores e à entidade que os recolhe, são os baixos custos, uma vez que não é necessário uma deposição e recolha adicionais para os recicláveis. O principal inconveniente é o grau de

contaminação dos recicláveis, que lhes dá um valor mais baixo ou mesmo inaceitável para as indústrias de reciclagem (Martinho & Gonçalves, 2000).

3.4.2. Recolha Selectiva

A recolha selectiva de resíduos tem como objectivo principal a maximização da quantidade e qualidade dos materiais recicláveis, e secundariamente, a redução do impacto negativo causado, através da remoção de resíduos potencialmente perigosos, tais como baterias ou resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos. A recolha selectiva representa, então, um verdadeiro pré-tratamento dos resíduos antes do tratamento subsequente (Calabrò, 2009).

A recolha selectiva de matéria orgânica, biodegradável, visa obter um composto orgânico sem aditivos químicos, de boa qualidade, o qual poderá ser utilizado posteriormente na agricultura, como fertilizante. Geralmente este tipo de recolha é efectuada junto de produtores em larga escala deste tipo de resíduos, nomeadamente, nos sectores da restauração, hotelaria, mercados abastecedores e retalhistas, na limpeza de jardins e outros espaços verdes (Puna & Baptista, 2008).

A recolha selectiva de materiais recicláveis pressupõe a existência de ecopontos. O ecoponto é formado por um conjunto de três contentores destinados à deposição selectiva de papel e cartão (azul), vidro (verde) e embalagens de plástico e metal (amarelo). Poderá ter ainda incorporado um contentor mais pequeno destinado à deposição de pilhas (vermelho). Os ecocentros complementam os ecopontos, pois é nestas infra-estruturas que devem ser depositados os resíduos que, pelas suas dimensões ou características, não são passíveis de serem colocados nos ecopontos nem podem ser recolhidos pelos meios normais de remoção dos resíduos. Nestas instalações podem ser depositadas diversas fileiras de resíduos, como por exemplo, óleos usados, madeiras, pilhas e acumuladores, resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) e lâmpadas fluorescentes (Puna & Baptista, 2008).

3.4.3. Transporte e Transferência de Resíduos

Uma vez recolhidos, os resíduos são transportados directamente para centrais de tratamento ou eliminação. No entanto, quando a distância entre o local de recolha e a central de tratamento ou eliminação é muito grande, geralmente recorre-se as estações de transferência, de modo a tornar o transporte de resíduos mais eficiente (Bovea, Powell, Gallardo & Capuz-Rizo, 2007).

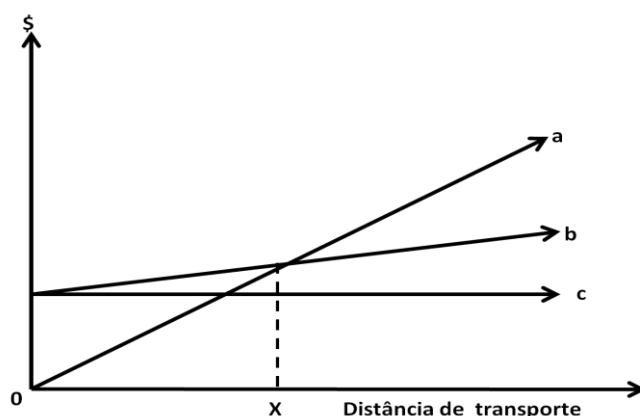
Nas estações de transferência os resíduos ou são simplesmente armazenados ou sofrem um processo de enfardamento, o que provoca uma redução do seu volume e facilita o seu transporte. Os resíduos são mantidos nestas instalações até perfazerem uma quantidade suficiente para depois serem transportados para as centrais de tratamento e valorização ou locais de eliminação (Levy *et al.*, 2002).

Segundo Pichtel (2005) os aspectos a ter em conta para a construção de uma estação de transferência são:

- Localização;
- Capacidade de armazenamento;
- Tipo de resíduos a que se destina;
- Tipo de operações de transferência a realizar;
- Existência de vias de acesso.

Para se determinar a distância a partir da qual é rentável a construção de uma estação de transferência (Figura 3) pode-se efectuar a comparação entre os custos associados ao transporte directo pelos veículos de recolha (a) e os custos inerentes à implementação da estação de transferência (c) e ao transporte de resíduos a partir da estação de transferência (b). Como se pode observar na Figura 3, a partir da distância x é economicamente vantajoso a construção de uma estação de transferência.

Figura 3 – Relação entre os custo de transporte e a distância percorrida, com e sem a instalação de uma estação de transferência (adaptado de Martinho & Gonçalves, 2000).



Na ausência de dados é comum sugerir-se a construção de estações de transferência quando a distância entre o local de recolha e o local de tratamento ou eliminação ultrapassa os 25 km (Martinho & Gonçalves, 2000).

3.5. Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos

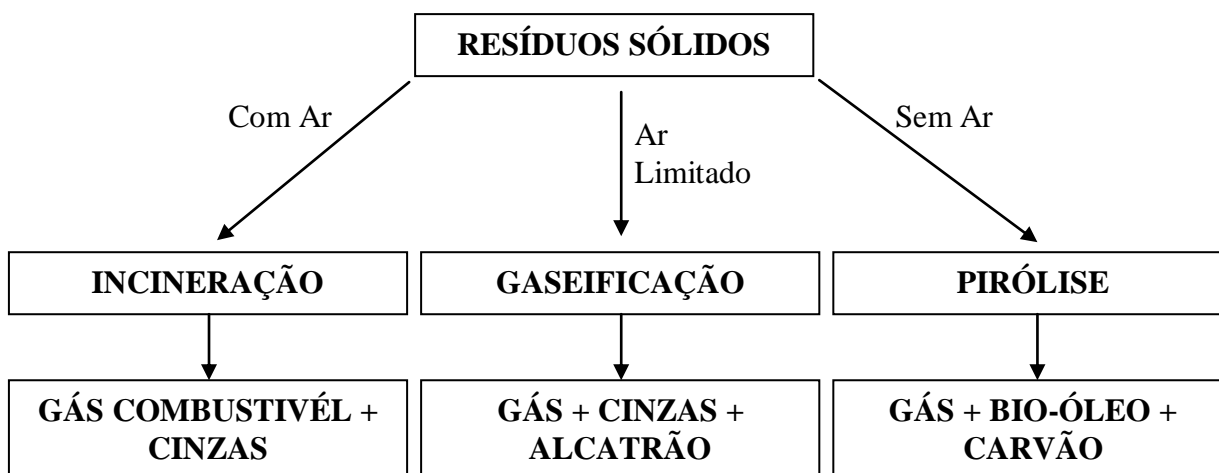
3.5.1. Tratamento Térmico

O tratamento térmico dos resíduos é caracterizado pela libertação de quantidades variáveis de calor, consoante o teor energético dos resíduos em causa. O calor é libertado através da combustão da fracção orgânica dos resíduos ou em alguns casos, quando os resíduos apresentam um baixo valor energético, através da combustão de um auxiliar (Bébar *et al.*, 2002).

Na Figura 4 estão representadas os três principais tratamentos térmicos de resíduos, a incineração, a gaseificação e a pirólise. A principal diferença reside na quantidade de oxigénio que é fornecido durante o processo. Na pirólise há ausência total de oxigénio, na gaseificação há um fornecimento limitado de oxigénio, impedindo a combustão completa, enquanto que na incineração há uma oxidação completa dos resíduos (Williams, 2005).

Existe ainda um outro método de tratamento que recorre a elevadas temperaturas, a vitrificação, no entanto este método é mais utilizado para o tratamento de resíduos perigosos.

Figura 4 – Caracterização do processo de Incineração, Gaseificação e Pirólise (adaptado de Williams, 2005).



3.5.1.1. Incineração

Neste tipo de tratamento efectua-se a queima, por combustão, dos resíduos os quais são utilizados como combustível, sendo estes queimados com o oxigénio do ar, a temperaturas na ordem dos 900 a 1200 °C (Puna & Baptista, 2008).

Na câmara de combustão a matéria orgânica dos resíduos, ao ser oxidada vai gerar calor, vapor de água, dióxido de carbono e azoto. Dependendo da composição dos resíduos podem

ainda ser geradas outras emissões como monóxido de carbono, cloreto de hidrogénio, fluoreto de hidrogénio, óxidos de azoto, dióxido de enxofre, compostos orgânicos voláteis, dioxinas, furanos, bifenilos policlorados e metais pesados. Dadas as propriedades cancerígenas e a capacidade de causar danos ao nível do sistema nervoso central de alguns destes compostos, é fundamental a introdução de medidas com vista à redução da emissão destes poluentes (Lu, Tseng, Wey, Chuang & Kuo, 2009). O Decreto-Lei n.º 85/2005 estipula os valores limites de emissões destes gases para a atmosfera.

A remoção dos poluentes dos gases de combustão envolve sistemas de purificação complexos e dispendiosos. Na Tabela 2 são apresentadas algumas das técnicas utilizadas para o tratamento dos gases de combustão.

Tabela 2 – Processos físico-químicos utilizados no tratamento dos gases de combustão de uma incineradora (adaptado de Puna & Baptista, 2008).

Componente	Técnica Utilizada
NO _x	Remoção selectiva não catalítica com injeção de solução aquosa de amónia na câmara de combustão
HF, HCl, SO ₂	Injeção de leite de cal (Ca(OH) ₂)
Metais Pesados	Injeção de carvão activado
Dioxinas/Furanos/PCB's	Injeção de carvão activado
CO/COV's	Fornecimento em excesso de O ₂ na câmara de combustão.
Partículas	Filtro de mangas

A incineração tem como principais objectivos: (1) redução do volume de resíduos, em alguns casos ocorre uma redução de mais de 60%, o que traz vantagens não só do ponto de vista ambiental como do ponto de vista económico nomeadamente em relação ao transporte e deposição em aterro; (2) estabilização de resíduos – a utilização de altas temperaturas origina resíduos considerados inertes, com pouca interacção ambiental, além de provocar a destruição de todos os microrganismos patogénicos existentes; (3) recuperação de energia – o calor gerado com a combustão pode ser utilizado para aquecimento (energia térmica) ou para gerar energia eléctrica (Pichtel, 2005).

Segundo Williams (2005), os incineradores são classificados de acordo com a sua capacidade, em incineradores de grande-volume, capazes de queimar entre 10 a 50 toneladas de resíduos por hora, e incineradores de pequeno-volume (1 a 2 toneladas por hora) normalmente destinados a incineração de resíduos perigosos.

Os produtos resultantes do processo de incineração podem ser cinzas ou escórias. As cinzas são inertizadas e depositadas em aterro sanitário, enquanto que as escórias normalmente são sujeitas a um processo de valorização. Nas instalações de valorização de escórias procede-se à sua maturação, através de estabilização e inertização. Após este procedimento, efectua-se a separação em inertes, materiais ferrosos e materiais não ferrosos; os materiais ferrosos e não ferrosos são encaminhados para a indústria recicladora, enquanto que os inertes são utilizados na construção civil, por exemplo, na construção de estradas (Puna & Baptista, 2008).

3.5.1.1.1. Recuperação de Energia por Queima Directa

Os incineradores de resíduos tanto produzem como consomem energia. Na grande maioria dos casos o valor energético dos resíduos permite produzir energia que ultrapassa as necessidades da incineradora, o que possibilita a sua exportação, como energia eléctrica ou energia térmica (Autret, Berthier, Luszezanec & Nicolas, 2007).

A recuperação de energia numa incineradora geralmente é efectuada por um de dois métodos: utilização de uma caldeira a vapor especialmente concebida para processar os gases provenientes da combustão (localizada fora da câmara de combustão) ou através de tubos interligados localizados no interior da câmara de combustão e dentro dos quais circula água que absorve o calor. Nos dois processos obtêm-se água quente ou vapor, sendo este mais versátil pois pode ser utilizado tanto para produzir energia térmica, como energia eléctrica (Martinho & Gonçalves, 2000).

Uma central incineradora moderna deve estar dotada de uma central de cogeração (produção de energia térmica e eléctrica), sistema mais flexível, que no caso de haver uma diminuição do consumo de vapor destinado a aquecimento (energia térmica), é possível o encaminhamento para a produção de electricidade. Tal procedimento tem em vista o aproveitamento do calor emanado pelo forno de incineração, através de caldeiras de recuperação de energia e de uma turbina para a posterior produção de energia eléctrica (Puna & Baptista, 2008).

3.5.1.2. Gaseificação

A gaseificação consiste na conversão térmica da matéria orgânica a uma temperatura entre 850 e 1100° C; neste processo podem ser usados vários agentes de gaseificação, entre eles, o ar, o oxigénio e o vapor de água. Na presença de quantidades limitadas de oxigénio, o carbono disponível na massa de resíduos vai reagir provocando uma combustão parcial, dando origem a gases combustíveis, cinzas e alcatrão (Smith & Scott, 2005).

O processo de gaseificação pode ocorrer de forma directa ou indirecta. Na gaseificação directa o oxigénio pode ser fornecido sob a forma de ar ou sob a forma de oxigénio puro; em ambos os casos o agente de gaseificação é utilizado para oxidar parcialmente os resíduos, fornecendo a energia necessária para manter o processo. Os gases combustíveis resultantes da gaseificação com oxigénio puro apresentam um valor superior de poder calorífico em relação à gaseificação com ar normal. Na gaseificação indirecta é utilizado o vapor de água como agente de gaseificação (isento em oxigénio); neste caso é necessário fornecer calor através de uma fonte externa para manter o processo. O poder calorífico dos gases combustíveis (Tabela 3) obtido desta forma é superior aos da gaseificação directa (Belgiorno, Feo, Rocca & Napoli, 2003).

Tabela 3 – Poder calorífico dos gases combustíveis obtidos por gaseificação directa e indirecta (adaptado de Belgiorno *et al.*, 2003).

Processo	Agente de Gaseificação	Poder Calorífico (MJ/Nm ³)
Gaseificação directa	Ar	4-7
Gaseificação directa	Oxigénio	10-12
Gaseificação indirecta	Vapor de água	15-20

3.5.1.3. Pirólise

Na pirólise os resíduos são aquecidos a uma temperatura entre 400 e 800° C, na total ausência de oxigénio, o que na prática não se verifica, uma vez que não é possível obter uma atmosfera totalmente livre de oxigénio (Nag & Vizayakumar, 2005).

A diferença deste método em relação à incineração é que não ocorre uma oxidação total da matéria orgânica, pelo que os resíduos ainda retêm algum teor energético (Williams, 2005).

Na pirólise, os compostos de elevado peso molecular (celulose, hemicelulose e lenhina) que constituem a matéria presente nos resíduos, são fragmentados em moléculas de menor dimensão, as quais vão dar origem aos gases, bio-óleo e carvão que caracterizam o processo. O mecanismo exacto responsável por estas reacções ainda não é bem claro, no entanto, pensa-

se que ocorrerá uma desidratação e descarboxilação a baixas temperaturas começando a formar radicais livres a temperaturas acima dos 350°C (Phan, Ryu, Sharifi & Swithenbank, 2008).

A proporção de gás, bio-óleo e carvão resultantes do processo variam com a velocidade de aquecimento e temperatura utilizada; um aquecimento lento associado a uma baixa temperatura final maximiza sobretudo a produção de carvão, enquanto que a utilização de um aquecimento rápido juntamente com temperaturas elevadas origina uma maior quantidade de bio-óleo (Buah, Cunliffe, & Williams, 2007).

Um outro factor que afecta o rendimento e composição da pirólise é o tamanho das partículas, tendo Luo, Xiao, Hu & Liu (2010) concluído que quanto menor for o tamanho das partículas dos resíduos maior é a produção de gás e menor é a produção de carvão e bio-óleo.

Os custos associados a este tratamento são inferiores quando comparados aos da incineração, no entanto a redução de volume dos resíduos é muito inferior. Um bom exemplo da aplicação deste método consiste na produção de bio-óleo a partir de pneus usados, o qual pode ser usado como combustível para aquecimento ou para produção de energia eléctrica (Smith & Scott, 2005).

3.5.1.4. Vitrificação

A vitrificação é um método que combina uma das mais antigas formas de tratar os resíduos, as temperaturas elevadas, com os mais recentes avanços tecnológicos. Esta técnica consiste na infiltração dos resíduos no interior de vidro (motivo pela qual também é chamada de vidrificação), o que é possível porque quando o vidro é aquecido torna-se maleável e permite que uma massa de resíduos se misture facilmente. Com o arrefecimento o vidro volta ao estado sólido, tornando-se inerte para o ambiente (Maczulak, 2010).

O mais atractivo na vitrificação é, por um lado a possibilidade de inertização de resíduos perigosos, através da destruição da matéria orgânica ou imobilização de metais pesados numa matriz estável, e por outro a capacidade de converter composições químicas complexas em materiais úteis com potencial de mercado (Basegio, Leão, Bernardes & Bergmann, 2009).

A vitrificação foi desenvolvida em 1978, em França, mas na altura não suscitou grande interesse. Entretanto, foram-se desenvolvendo várias tentativas para tornar esta técnica inovadora mais plausível. Em 1996 o Conselho de Pesquisa Nacional (NRC) dos EUA considerou esta técnica como uma das mais promissoras para a eliminação dos resíduos, nomeadamente os resíduos radioactivos (perigosos). Foi então criada a primeira central de

vitrificação em Savannah River, nos EUA, com o objectivo de reduzir a quantidade de resíduos nucleares armazenados (Maczulak, 2010).

Devido às propriedades físicas e químicas do vidro, a vitrificação pode vir a assumir-se como uma das mais seguras formas de tratamento e eliminação de resíduos por várias razões: (1) a estrutura do vidro permite alojar uma grande variedade de químicos e metais pesados, sendo possível o tratamento de resíduos perigosos de composição desconhecida; (2) o vidro é inerte em relação à maioria dos agentes químicos e biológicos e resiste a intervalos de pressão e temperatura elevados, tornando segura a sua deposição em aterro, utilização em estradas, passeios, etc.; (3) a vitrificação pode ser aplicada a vários tipos de resíduos, incluindo lamas e resíduos líquidos, com ou sem um pré-tratamento; (4) o vidro mantém-se estável de forma quase ilimitada; (5) o vidro fundido pode ser moldado em qualquer forma antes de arrefecer, facilitando o seu armazenamento e (6) o processo de vitrificação permite uma redução acentuada do volume de resíduos (Colombo, Brusatin, Bernard & Scarinci, 2003).

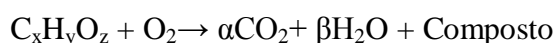
3.5.2. Tratamento Biológico

O tratamento biológico consiste na utilização de microrganismos com o intuito de remover compostos orgânicos ou inorgânicos indesejáveis, quer por via aeróbia (compostagem) quer anaeróbia (biometanização) (Smith & Scott, 2005).

3.5.2.1. Digestão Aeróbia – Compostagem

No processo de compostagem, efectua-se a degradação dos resíduos orgânicos sólidos. Geralmente o processo é efectuado numa câmara de compostagem, onde os microrganismos existentes, na presença de oxigénio e num ambiente quente e húmido, degradam a matéria orgânica com o intuito de recuperar, estabilizar e reduzir os resíduos a um material semelhante ao solo, o composto estabilizado (Bari & Koenig, 2001).

De acordo com Puna & Baptista (2008), o processo aeróbio da compostagem é descrito genericamente pela equação química:

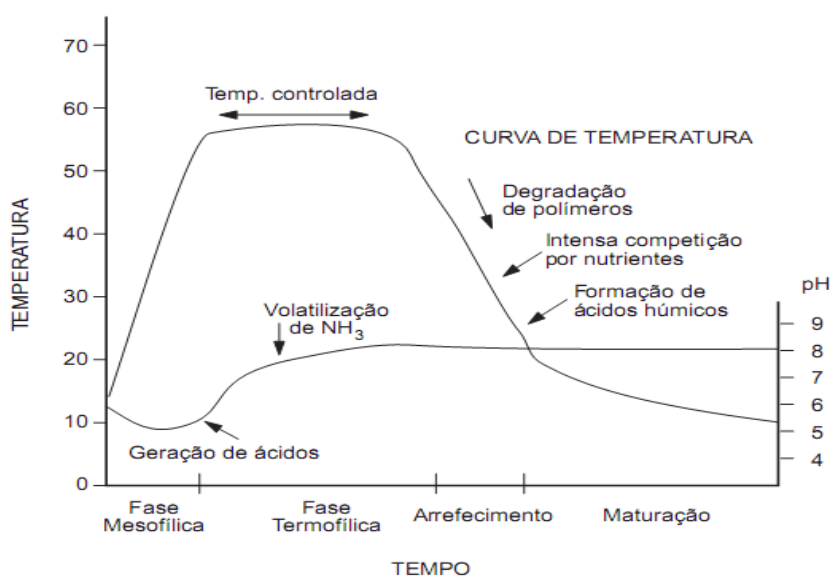


De forma a obter um bom composto é fundamental um correcto controlo de diversos factores, como a selecção rigorosa dos resíduos iniciais (tamanho das partículas), a relação carbono-azoto, temperatura, humidade, pH e taxa de oxigenação. O composto deve ser

arejado regularmente através de viragens constantes ou injeccção directa de ar no material em compostagem (Bernal, Albuquerque & Moral, 2009).

O processo de decomposição dos resíduos sólidos orgânicos (Figura 5) é efectuado por uma população heterogénea de microrganismos (como bactérias, fungos e actinomicetes) e é geralmente dividido em diferentes fases: mésofila, termófila, arrefecimento e maturação (Waldron, 2009).

Figura 5 – Transformações microbiológicas e perfis de temperatura e pH durante um processo de compostagem (adaptado de Martinho & Gonçalves, 2000).



Na fase inicial (mésofila) as bactérias e os fungos são os microrganismos predominantes, ocorrendo a decomposição dos compostos facilmente biodegradáveis. Se houver ar suficiente a actividade metabólica destes microrganismos é tão grande que a temperatura pode subir acima dos 60° C. À medida que a temperatura sobe assiste-se a uma colonização do material em decomposição por populações naturalmente seleccionadas, em função dos substratos disponíveis e acima de tudo da temperatura (Bernal *et al.*, 2009).

Quando a temperatura ultrapassa os 50° C inicia-se a fase termófila, na qual apenas os microrganismos termófilos (bactérias e actinomicetes) conseguem continuar a decomposição. Nesta fase a fracção orgânica é quase totalmente degradada à excepção da celulose e lenhina que requerem microrganismos específicos (Bernal *et al.*, 2009).

Quando estas temperaturas são mantidas durante alguns dias é possível a destruição de grande parte dos microrganismos patogénicos, pragas e sementes de ervas daninhas presentes nos resíduos (Hester & Harrison, 2002).

Gradualmente, com o consumo dos substratos, o nível de decomposição baixa, e os compostos arrefecem, o que vai favorecer a colonização por fungos e bactérias mésofilos com características que lhes permitem a degradação de compostos mais resistentes (celulose e lenhina) (Bernal *et al.*, 2009).

A transferência do composto para a maturação deve ser feita quando este atinge um valor de temperatura próximo da temperatura ambiente. Durante a maturação mantém-se a degradação dos compostos mais resistentes, bem como a formação de ácidos húmicos e humina (D'Imporzano, Crivelli & Adani, 2008). O fim da compostagem ocorre quando a relação C/N é na ordem de 10/1 o que vai provocar uma diminuição da humidade para valores abaixo dos 20 %, estabilizando o composto (Martinho & Gonçalves, 2000).

Segundo Pichtel (2005), a compostagem apresenta como principal vantagem a produção de um composto com grande potencial de aplicação, especialmente na agricultura, como estruturador do solo e fonte de nutrientes, que pode ainda ser utilizado como cobertura final no encerramento de aterros sanitários.

A compostagem apresenta no entanto alguns impactos ambientais negativos, nomeadamente através da libertação de gases com maus odores e agentes poluentes. O mais importante dos quais é a amónia, cuja libertação ocorre quando os resíduos orgânicos são ricos em azoto (Pagans, Barrena, Font & Sánchez 2006). Para eliminar esses maus odores e agentes poluentes, o ar deve ser purificado através de um processo misto de lavagens e de biofiltração. O biofiltro é composto essencialmente por areia, argilas, casca de pinheiros e outras raízes de madeira (Puna & Baptista, 2008).

3.5.2.2. Digestão Anaeróbia – Biometanização

A biometanização é um processo que se realiza na ausência de oxigénio, levando à formação de dióxido de carbono e metano (biogás) a partir da matéria orgânica presente nos resíduos (Williams, 2005).

De acordo com Waldron (2009), o processo anaeróbio pode ser descrito pela equação:



A digestão anaeróbia é constituída por três fases, cada uma delas levada a cabo por conjuntos de microrganismos diferentes (Pichtel, 2005). Na primeira fase (hidrólise e acidogénese), bactérias fermentativas convertem materiais complexos, hidratos de carbono, proteínas, lípidos e ácidos gordos de cadeia longa em compostos intermédios, como ácidos

gordos voláteis e álcoois (Fezzani & Cheikh, 2010). Na segunda fase (acetogénese), bactérias acetogénicas convertem os produtos resultantes da primeira fase em acetato, hidrogénio e dióxido de carbono (Lipor, 2009). Por último, na terceira fase (metanogénese) dois grupos de bactérias metanogénicas utilizam os produtos finais da segunda fase como substrato, um grupo transforma o acetato em metano e dióxido de carbono e outro grupo reduz o dióxido de carbono a metano (Pichtel, 2005).

A biometanização pode ser classificada de acordo com o (1) teor de matéria seca no substrato, em via seca (concentração total de sólidos entre 30-40%) e via húmida (concentração total de sólidos entre 10-25%) e de acordo com a (2) temperatura do processo, em mesofílica (20-45°C) ou termofílica (50-65°C) (Karagiannidis & Perkoulidis, 2009).

O processo tem lugar num sistema fechado, sendo influenciado por vários factores como o tipo de digester, condições do processo e principalmente pelas características da matéria-prima. As características físicas e químicas dos resíduos (humidade, sólidos voláteis, nutrientes, tamanho das partículas e fracção biodegradável) vão influenciar a produção de biogás e a estabilidade do processo durante a digestão anaeróbia (Zhang *et al.*, 2007).

A biometanização ocorre de forma lenta, não sendo atingidas temperaturas muito elevadas, pelo que a destruição de organismos perigosos, embora ocorra, não é totalmente eficaz. O produto obtido necessita então de um tratamento posterior para dar origem a um composto estável e seguro, caso contrário deve ser eliminado como um resíduo (Martinho & Gonçalves, 2000). De forma a eliminar os maus odores produzidos e os agentes patogénicos resistentes, a matéria orgânica digerida é normalmente colocada numa câmara de compostagem (Puna & Baptista, 2008).

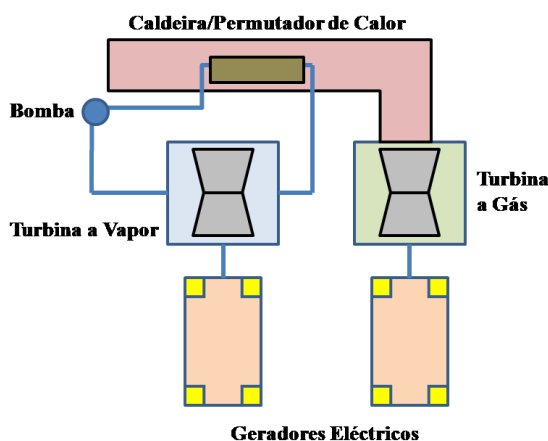
3.5.2.2.1. Recuperação de Energia por Queima de Biogás

De acordo com Mbuligwe & Kassenga (2004), das opções de tratamento biológico dos resíduos, a digestão anaeróbia é a que apresenta melhor relação custo-benefício devido à possibilidade de valorização energética e impacto ambiental reduzido.

Além de se produzir um composto adequado para ser utilizado na agricultura como fertilizante, neste processo ocorre também a formação de biogás, que pode ser utilizado como combustível num processo de cogeração, ou seja, produção de energia térmica e eléctrica (Puna & Baptista, 2008). Num sistema de cogeração (Figura 6) a queima do biogás vai levar à libertação de calor sob a forma de vapor de água e gases quentes. Os gases quentes são transformados em energia mecânica, através da rotação de uma turbina a gás, a qual leva à produção de energia eléctrica. O vapor de água é mantido em altas pressões o que permite

accionar uma turbina a vapor, que por sua vez também leva à produção de energia eléctrica (Kolanowski, 2008).

Figura 6 – Representação de um sistema de cogeração (adaptado de Kolanowski, 2008).



3.5.2.3. Vermicompostagem

O facto de muitos dos métodos químicos, físicos e biológicos actualmente utilizados para o tratamento de resíduos apresentarem como inconvenientes o seu elevado custo e duração, levou à necessidade de criação de métodos alternativos. Surgiu, assim, a vermicompostagem como uma técnica viável, eficaz, rápida e com baixo custo para uma gestão eficiente de resíduos sólidos orgânicos (Garg, Gupta & Satya, 2006).

A vermicompostagem é um processo de bio-oxidação e estabilização de resíduos biodegradáveis utilizando espécies seleccionadas de minhocas, que decompõem os resíduos em fertilizante – vermicomposto. O processo de vermicompostagem, geralmente, ocorre em conjunto com a degradação microbiana e o seu sucesso depende do tipo de minhocas seleccionadas, de um bom arejamento, do tamanho das partículas dos resíduos e da temperatura (Williams, 2005). As condições óptimas de actividade das minhocas incluem uma temperatura entre 25° C – 40° C, um valor de humidade de 40 – 45% e matéria orgânica parcialmente em decomposição e rica em azoto (Adi & Noor, 2009).

É comum a utilização de uma termo-compostagem (tratamento térmico com elevadas temperaturas de curta duração) antes do processo de vermicompostagem em si, o que tem como objectivo diminuir o volume, controlar a humidade e reduzir os microrganismos patogénicos; no entanto, esta técnica acarreta algumas desvantagens como perda de nutrientes, obtenção de um produto final mais heterogéneo e aumento do tempo de duração do processo. A aplicação de termo-compostagem durante 9 dias, seguida de uma vermicompostagem

permitiu, segundo Nair, Sekiozoic & Anda (2006), obter um composto seguro do ponto de vista patogénico.

Segundo Nag & Vizayakumar (2005) a vermicompostagem apresenta como vantagens:

- É um processo natural e ecológico;
- Permite a reciclagem de resíduos orgânicos com a mais variada origem;
- A libertação de odores e bio-aerossóis são facilmente controláveis;
- Redução da produção de lixiviados;
- Produz um composto que pode substituir a utilização de fertilizantes químicos;
- Melhora a qualidade do solo, fornecendo matéria orgânica (húmus) e nutrientes essenciais;
- Aumenta a capacidade de retenção de água pelo solo através do aumento do teor em húmus.

Existem várias espécies de minhocas que conseguem alimentar-se dos detritos orgânicos dos resíduos, no entanto, as espécies *Eisenia fetida*, *Perionyx excavatus* e *Eudrilus eugeniae* parecem ser aquelas com mais apetência para a reciclagem orgânica (Suthar, 2007).

O papel desempenhado pelas minhocas na vermicompostagem é muito variado e pode incluir um arejamento do substrato, mistura, trituração, fragmentação, digestão enzimática e também decomposição microbiológica através do seu sistema gastrointestinal (Adi & Noor, 2009).

De acordo com Suthar (2007), durante o processo de vermicompostagem há um aumento dos níveis de azoto, fósforo e potássio e diminuição dos níveis de carbono e consequentemente da relação C/N, contudo a caracterização do nível de crescimento e reprodução das minhocas é mais comum como forma de determinar a evolução do processo de vermicompostagem.

3.5.3. Valorização

A valorização consiste no reaproveitamento dos resíduos e engloba três categorias: valorização energética, valorização orgânica e valorização material. A valorização energética (utilização de resíduos para obtenção de energia) pode ser efectuada por um processo de queima directa com recuperação de calor (incineração) ou por queima de biogás produzido (biometanização). A valorização orgânica consiste na utilização por via aeróbia – compostagem e vermicompostagem e por via anaeróbia – digestão anaeróbia da fracção orgânica contida nos resíduos para produção de um composto (Lipor, 2009).

3.5.3.1. Valorização Material – Reciclagem

De acordo com o Decreto-Lei Nº178/2006, entende-se por reciclagem o reprocessamento de resíduos com vista à recuperação e/ou regeneração de materiais, para serem utilizados como matéria-prima para o mesmo fim ou para produzir um novo produto.

A reciclagem nem sempre constitui, tanto do ponto de vista ambiental como económico, a melhor solução. Para cada tipo de resíduo deve ser sempre feita uma análise completa não só dos processos envolvidos na reciclagem, como também dos processos de tratamento e eliminação (Williams, 2005).

De acordo com Pichtel (2005), as principais vantagens associadas à reciclagem são:

- A poupança dos recursos naturais;
- A poupança de energia;
- A redução da quantidade de resíduos encaminhados para outro tratamento ou para aterro sanitário, bem como das emissões poluentes a eles associados.

Na Figura 7 está representado o símbolo da reciclagem que indica que o resíduo é reciclável (tecnicamente possível de reciclar) ou o produto é reciclado (feito com materiais reciclados). Cada seta significa a empresa que faz o produto, os consumidores e os recicladores. Está ainda representado o símbolo “ponto verde” que não é um símbolo ecológico e não significa que o resíduo é reciclado ou reciclável, apenas indica que foi paga uma contribuição financeira à Sociedade Ponto Verde que se responsabiliza pelo seu destino final depois de usado (Lipor, 2009).

Figura 7 – Símbolo da reciclagem e símbolo do “ponto verde” (adaptado de Lipor, 2009).



Os materiais a reciclar devem ser o mais homogêneos possível e livres de qualquer contaminante, já que uma pequena quantidade de um material indesejável pode afectar negativamente a qualidade do produto e, em alguns casos, pôr em risco a saúde dos trabalhadores. A maioria das indústrias recicladoras tem normas rigorosas em relação à composição, não tolerando até níveis muito baixos de contaminação (Pichtel, 2005).

O Decreto-Lei Nº178/2006 contempla a existência de duas situações distintas num sistema integrado de gestão de resíduos: (1) Fileira de resíduos – indica o tipo de material constituinte dos resíduos, nomeadamente, fileira dos vidros, fileira dos plásticos, fileira dos metais ou fileira do papel e cartão e (2) Fluxo de resíduos – indica um tipo específico de produto que pode ter incorporado um ou mais materiais, nomeadamente embalagens, electrodomésticos, pilhas, acumuladores, pneus ou solventes.

3.5.3.2. Fileiras

3.5.3.2.1. Plástico

Devido às suas propriedades únicas, os plásticos constituem materiais não biodegradáveis, sendo a sua eliminação difícil e dispendiosa, pelo que a recolha e reciclagem constituem a melhor maneira de evitar a poluição ambiental (Fortelný, Michálková & Kruliš, 2004).

De acordo com Azapagic *et al.* (2003), os plásticos podem ser sujeitos a dois tipos distintos de reciclagem, química e mecânica.

A reciclagem química é o processo mais aconselhável pois os plásticos são reconvertidos por meio de processos químicos (despolimerização) nos seus monómeros, os quais podem ser novamente reutilizados na produção de novos plásticos ou utilizados como combustível (Goto, 2009).

A reciclagem mecânica usa os princípios da trituração, aquecimento e extrusão para transformar os plásticos em novos produtos (Azapagic *et al.*, 2003). Devido à grande diversidade de plásticos, estes são sujeitos a operações de separação em polietileno de alta densidade (HDPE), polietileno de baixa densidade (LDPE), policloreto de vinilo (PVC), poliestireno (PS), polietileno tereftalato (PET) e polipropileno (PP) pois a reciclagem mecânica de materiais misturados leva à produção de um reciclado de baixa qualidade (Puna & Baptista, 2008). Depois de separados, os vários tipos de plástico são triturados, colocados numa câmara de aquecimento e sujeitos a extrusão. No processo de extrusão os termoplásticos fundidos são obrigados a passar através de uma pequena abertura de saída adquirindo a sua forma, sendo depois arrefecidos por ventiladores ou por imersão em água (Pichtel, 2005).

3.5.3.2.2. Vidro

Apesar de o fabrico do vidro utilizar matérias-primas pouco dispendiosas, a sua reciclagem representa uma poupança significativa de energia, uma vez que o vidro reciclado

funde a temperaturas mais baixas que as próprias matérias-primas de origem. A reciclagem do vidro permite reduzir não só a utilização de matérias-primas como também as emissões de gases poluentes, dado que na fusão das matérias-primas virgens 15% do seu peso é perdido sob a forma de gases, o que não se verifica na fusão do vidro reciclado (Vellini & Savioli, 2009).

A grande desvantagem na reciclagem dos vidros é a possibilidade de existirem contaminantes, como metais, cerâmica e pedras. Estes materiais estranhos devem ser completamente removidos, caso contrário o vidro pode ser criado com vários defeitos (Arvanitoyannis, 2008).

Segundo Williams (2005), o processo de reciclagem do vidro passa por várias etapas. Inicialmente, os vidros são separados por cores através de sensores ópticos e removidos os metais ferrosos por separação magnética. De seguida os vidros são cortados e esmagados e os metais não ferrosos, plásticos e papel são removidos por sucção a vácuo. Posteriormente ocorre a remoção de material opaco, como a cerâmica, por meios electrónicos, obtendo-se então um vidro limpo e moído ao qual se dá o nome de casco. Normalmente o casco é fornecido como matéria-prima para outras instalações, onde é misturado com os outros constituintes tradicionais, introduzido no forno e aquecido rapidamente até aos 1540 °C. Dependendo do tipo de embalagem de vidro que se pretende produzir, a percentagem de casco é variável, podendo em alguns casos atingir os 100%.

3.5.3.2.3. Papel e Cartão

De uma forma geral a indústria do papel consome grandes quantidades de recursos naturais, especialmente água e energia, e origina grandes quantidades de águas residuais que podem contaminar cursos de água, causando impactos ambientais significativos (Abbasi & Abbasi, 2004). Além disso, a maioria dos produtos feitos à base de papel tem um ciclo de vida relativamente curto, de alguns dias (jornais) até algumas semanas (embalagens), pelo que a sua reciclagem é fundamental para evitar os problemas com a sua eliminação (Arvanitoyannis, 2008).

O fabrico de papel reciclado utiliza um processo diferente do utilizado com as fibras virgens. Há um desmembrar do papel em água por ruptura das pontes de hidrogénio, dando origem a uma polpa, ocorrendo depois procedimentos com vista à eliminação de impurezas (colas, plásticos, etc.). Por vezes é necessário realizar uma destintagem através de tratamentos químicos. A polpa é novamente lavada e está pronta para entrar no processo de fabrico de papel (Pichtel, 2005).

Cada vez que o papel é reciclado, algumas das fibras celulósicas vão ficando cada vez mais curtas e perdem a sua flexibilidade e capacidade de ligação, tornando-se imprescindível a incorporação de fibras virgens de forma a manter a qualidade do papel (Merrild, Damgaard & Christensen, 2008).

3.5.3.2.4. Metal

A principal vantagem dos metais em relação aos outros materiais recicláveis é que as suas características não são alteradas com o processo de reciclagem, podendo ser reciclados várias vezes (Williams, 2005).

As embalagens de metal são separadas em ferrosas e não-ferrosas (alumínio). As primeiras são separadas através de electroímãs enquanto as segundas através de correntes de Foucault (Puna & Baptista, 2008).

Após a separação, os diferentes metais são fragmentados em pedaços, os quais são sujeitos a um ligeiro tratamento térmico com o objectivo de eliminar tintas, etiquetas e alguma humidade residual. Posteriormente são sujeitos a uma breve triagem para a remoção de sujidade e outros contaminantes; uma vez limpos, os fragmentos são colocados num forno rotativo e fundidos (Arvanitoyannis, 2008).

A reciclagem de alumínio permite economizar até 95% da energia que seria necessária para extrair e processar o alumínio primário (Williams, 2005).

3.5.3.3. Fluxos

Dentro dos fluxos de resíduos e para os quais existe legislação nacional específica, destacam-se os pneus usados, acumuladores e pilhas, óleos usados, veículos em fim de vida, resíduos de construção e demolição, resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, os bifenilos e os terfenilos policlorados.

Os resíduos de pneus usados quando inconvenientemente eliminados, podem acumular água no seu interior, favorecendo a propagação de doenças transmitidas por mosquitos, podem estar na origem de incêndios e causar sérios problemas de poluição, além de que os pneus apresentam um elevado poder calorífico (Lina, Huangb & Shern, 2008). A combustão de pneus sem recuperação de energia bem como a sua deposição em aterro, estão proibidas pela legislação privilegiando-se a sua recauchutagem (operação pela qual um pneu já utilizado é reconstruído de modo a permitir a sua utilização para o mesmo fim para que foi concebido)

ou reciclagem (utilização de pneus usados para outro fim que não o inicial, por exemplo pavimentação de estradas) (Decreto-Lei N° 111/2001).

As pilhas e acumuladores contêm metais tóxicos como o cádmio, o mercúrio e o chumbo que podem ter consequências nefastas do ponto de vista ambiental. Assim, o aumento da eliminação inadequada deste tipo de resíduos levou a uma tomada de posição por parte dos organismos competentes, de modo a reduzir a quantidade de substâncias perigosas incorporadas nas pilhas e acumuladores, em especial o mercúrio, o cádmio e o chumbo, e ao mesmo tempo reforçar a sua recolha selectiva e o aumento da reciclagem (Espinosa, Bernardes & Tenório, 2004; Decreto-Lei n.º 6/2009).

No caso dos óleos usados, tratando-se de resíduos classificados como perigosos, a sua correcta gestão é fundamental. A reciclagem deste resíduo com vista a uma nova utilização pode ser por regeneração (refinação com remoção de contaminantes, produtos de oxidação e aditivos) ou utilização como matéria-prima para a transformação em produtos passíveis de serem utilizados posteriormente (Decreto-Lei n.º 153/2003).

Os veículos em fim de vida (VFV) correspondem genericamente aos veículos que não apresentam condições para a circulação, em consequência de acidente, avaria, mau estado ou outro motivo, e chegaram ao fim da respectiva vida útil, passando a constituir um resíduo. A importância da gestão de VFV assume-se muito relevante pois os veículos incorporam, pela sua própria natureza, uma grande variedade de materiais, componentes e substâncias cuja adequada gestão e tratamento se tornam essenciais (Decreto-Lei n.º 196/2003).

O sector da construção civil é responsável por uma parte muito significativa dos resíduos gerados, os quais têm uma constituição heterogénea com fracções de dimensões variadas e diferentes níveis de perigosidade, o que dificulta a sua gestão, além de que o carácter geograficamente disperso e temporário das obras, dificulta o seu controlo e fiscalização. Devido aos factores enunciados foi criada legislação com vista à prevenção de situações ambientalmente indesejáveis, como a sua deposição não controlada (Decreto-Lei n.º 46/2008). Entre as medidas para minimizar o impacto deste tipo de resíduos, conta-se a redução (controlo de aspectos como tecnologia aplicada e métodos de construção), a reutilização (utilização de materiais inertes para enchimento) e reciclagem de alguns dos seus constituintes (Rodríguez, Alegre & Martínez, 2007).

Entende-se por equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE) todos aqueles que dependem de correntes eléctricas ou campos electromagnéticos para funcionar correctamente (Decreto-Lei n.º 230/2004). O forte crescimento económico e o desenvolvimento de novas tecnologias levaram a um grande aumento deste tipo de resíduos, o que associado ao facto de alguns serem constituídos por substâncias perigosas os tornam uma ameaça para o ambiente. A existência de um local adequado para a sua deposição e correcto encaminhamento para a reciclagem tornam-se imprescindíveis (Lee, Song & Yoo, 2007).

Os bifenilos policlorados e os terfenilos policlorados, genericamente designados por PCB, tiveram grande aplicação em equipamentos eléctricos, e constituem substâncias sobre as quais recai atenção especial do ponto de vista ambiental, face ao seu potencial de poluição. São actualmente, considerados produtos com características de perigosidade elevada para a saúde pública e para o ambiente (Decreto-Lei n.º 72/2007)

3.6. Deposição Final

Apesar de todos os esforços para reduzir, reutilizar, reciclar e valorizar os resíduos, é impossível evitar a formação de materiais residuais, aos quais é necessário dar um destino final adequado (Eiselt, 2007).

A eliminação final (última etapa da hierarquia das opções de gestão de resíduos) deve ser utilizada para os resíduos que não possuem qualquer possibilidade de reutilização ou valorização, devendo ainda assim sofrer um processo de tratamento prévio, no sentido de minimizar o seu impacto ambiental e na saúde pública (Dijkgraaf & Vollebergh, 2004; Niu & Li, 2007).

A Portaria nº 209/2004 apresenta as diferentes operações de eliminação de resíduos, as quais se encontram no Anexo 3. Destas, a mais comum é a deposição sobre o solo ou no seu interior (aterro sanitário); é de salientar que as operações de incineração de resíduos no mar ou a sua injeção no solo são proibidas em território nacional.

3.6.1. Aterros sanitários

3.6.1.1. Generalidades

Os Aterros Sanitários consistem numa técnica de deposição de resíduos sólidos no interior do solo. Utilizam princípios e técnicas de engenharia para confinar os resíduos na menor área possível e reduzi-los ao menor volume, sem causar danos ou riscos à saúde pública, minimizando os impactos ambientais (Smith & Scott, 2005).

O Decreto-Lei n.º 183/2009, define aterro como uma instalação de eliminação de resíduos através da sua deposição acima ou abaixo da superfície natural (...).

Na Tabela 4 podem observar-se as principais vantagens e desvantagens associadas à utilização de aterros.

Tabela 4 – Vantagens e desvantagens dos aterros sanitários (adaptado de Nag & Vizayakumar, 2005).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Baixo custo• Aproveitamento de terras com baixo valor• Baixos índices de libertação de odores• Evita a proliferação de pragas	<ul style="list-style-type: none">• Necessidade de grandes áreas de terreno• Dependente das condições climáticas• Em caso de má gestão pode trazer sérios riscos para a saúde pública• Em caso de fugas (lixiviados) pode haver contaminação de cursos de água

Um aterro sanitário é constituído por vários alvéolos ou células dispostos numa área de terreno de grandes dimensões. Os resíduos vão sendo colocados num alvéolo, quando este está cheio passam ao alvéolo seguinte; por vezes a natureza dos resíduos obriga a deposição num alvéolo diferente. Existem ainda sistemas que em vez de um aterro de grandes dimensões, utilizam monoaterros específicos de menor tamanho, preparados para receber diferentes tipos de resíduos. Em todos os casos, os aterros são devidamente impermeabilizados com sucessivas camadas de geomembranas sintéticas de polietileno de alta densidade (HDPE), que asseguram a protecção dos solos, do ar e aquíferos. A impermeabilização dos alvéolos é diferenciada e varia de acordo com o tipo de resíduos a que se destinam (Pichtel, 2005).

Desde o seu planeamento, os aterros possuem um ciclo de vida. Quando se esgota a sua capacidade, procede-se então ao seu encerramento e reconversão paisagística (Lipor, 2009).

3.6.1.2. Tipos e Classificação de Aterros Sanitários

Os aterros sanitários podem ser classificados com base em diversos critérios, dos quais as características dos resíduos a depositar assume maior relevância. Assim sendo, os aterros são construídos de acordo com a composição, capacidade de formar lixiviados e biogás, comportamento a longo prazo, e propriedades gerais dos resíduos (Williams, 2005).

Os aterros sanitários podem ser classificados (Tabela 5) em:

- a) Aterros para resíduos inertes;
- b) Aterros para resíduos não perigosos;
- c) Aterros para resíduos perigosos.

Tabela 5 – Diferenças entre aterros para resíduos inertes, não perigosos e perigosos (adaptado de Williams, 2005).

Aterro de Resíduos Inertes	Aterro de Resíduos Não Perigosos	Aterro de Resíduos Perigosos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deposição de resíduos que não estejam sujeitos a alterações físicas, químicas e biológicas significantes. ▪ A totalidade de lixiviados e poluentes produzidos pelos resíduos inertes, bem como a sua toxicidade devem ser mínimos e não devem pôr em risco a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. ▪ Apenas necessário um sistema de contenção mínimo. ▪ Inclui: vidro, cerâmica, pedras, tijolos e azulejos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deposição da maioria dos resíduos produzidos. ▪ É necessário um sistema de contenção para controlar, recolher e tratar os lixiviados e biogás produzidos. ▪ Inclui: resíduos sólidos municipais, resíduos industriais, resíduos orgânicos e inorgânicos que não sejam perigosos. Podem ainda ser colocados resíduos inertes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deposição de resíduos que contêm características corrosivas, tóxicas, reactivas, cancerígenas, infecciosas, irritantes e nocivas para a saúde humana e ambiente. ▪ É necessário um avançado sistema de contenção de lixiviados e biogás de modo a permitir a sua recolha e tratamento. ▪ Não é permitida a colocação de resíduos líquidos, inflamáveis, explosivos, bem como de pneus usados.

3.6.1.3. Planeamento de um Aterro Sanitário

Devido à complexidade dos sistemas de gestão de resíduos, a selecção do local apropriado para um aterro sanitário requer uma avaliação cuidada e criteriosa das várias alternativas possíveis. Deverão ter-se em atenção critérios como a proximidade de áreas residenciais, a existência de vias de acesso, os custos do investimento, as características topográficas da região e o tipo de resíduos previsto. Deve ainda ter-se em atenção qual a área de terreno necessária, normalmente determinada em função do tamanho da população ao qual se destina (Guiqina, Li, Guoxuea & Lijun, 2009).

De modo a que o aterro sanitário possa responder a exigências do ponto de vista ambiental, ele é construído segundo o princípio da multi-barreira (Simon & Müller, 2004), conceito assente na combinação de três barreiras independentes: a barreira geológica (características e propriedades do solo), a barreira técnica (sistemas de impermeabilização) e a barreira causada pelos próprios resíduos (pré-tratamento de resíduos).

Os aterros sanitários devem ainda estar devidamente equipados com sistemas de controlo, drenagem e tratamento de lixiviados e biogás (Smith & Scott, 2005).

Quando a capacidade do aterro é atingida, ou este é encerrado por outros motivos devem ser tomadas medidas de controlo ambiental, tais como selagem final, controlo e tratamento de lixiviados, controlo do biogás e drenagem de águas superficiais, medidas que são mantidas até a total estabilização do aterro sanitário (Ayalon, Becker & Shani, 2006).

3.6.1.4. Síndrome NIMBY

A síndrome NIMBY (not in my back yard) traduz a oposição da população à localização das novas infra-estruturas, instalações e serviços socialmente necessários mas com conotação negativa (Pol, Masso, Castrechini, Bonet & Vidal, 2006).

A opinião geral em relação à existência de estações de tratamento de resíduos é positiva, no entanto, essas mesmas estações não são bem vistas perto de residências. A localização destas estações provoca atrasos não só no crescimento da comunidade, como também no desenvolvimento do comércio, além de serem ainda responsáveis pela desvalorização de terrenos vizinhos (Kikuchi & Gerardo, 2009).

3.6.1.5. Reações e Processos Básicos

Nos aterros sanitários os resíduos orgânicos decompõem-se por processos aeróbios e anaeróbios. A estabilização dos aterros inicia-se com uma fase aeróbia de curta duração e posteriormente ocorre a conversão e estabilização dos resíduos por processos anaeróbios.

Segundo Tchobanoglous & Kreith (2002) estas alterações são classificadas em cinco fases de estabilização distintas (Figura 8):

Fase I – Decomposição aeróbia

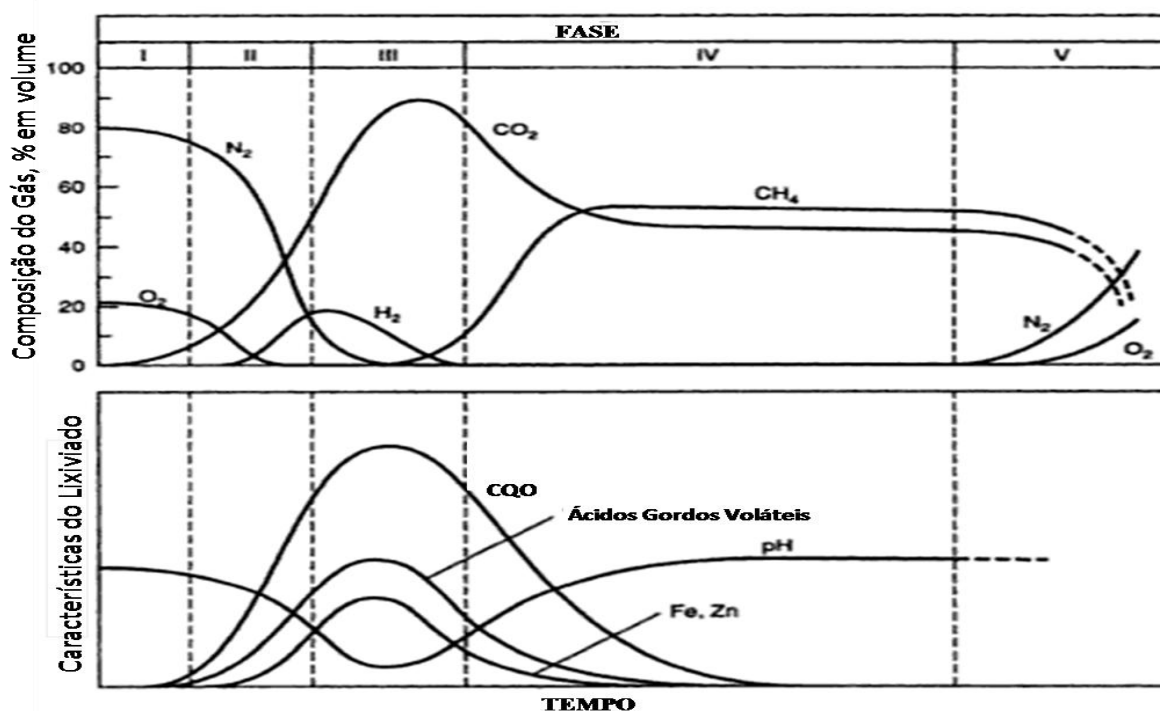
Fase II – Decomposição acetogénica

Fase III – Decomposição metanogénica intermédia

Fase IV – Decomposição metanogénica estável

Fase V – Fase de maturação

Figura 8 – Diferentes fases de estabilização de um aterro sanitário (adaptado de Tchobanoglous & Kreith, 2002).



A fase I é caracterizada por uma curta duração, que se inicia imediatamente após a deposição dos resíduos no aterro. Nesta fase o oxigénio é consumido por bactérias aeróbias, enquanto que a matéria orgânica se decompõe rapidamente dando origem a dióxido de carbono, água e nitratos. Nesta fase ocorre ainda um decréscimo do pH e uma elevação da temperatura fruto das reacções exotérmicas das bactérias aeróbias (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

A fase II é caracterizada pela transição entre a fase aeróbia inicial e a fase anaeróbia. A actividade de bactérias fermentadoras e acetogénicas levam à formação de ácidos gordos voláteis, dióxido de carbono e hidrogénio, o que provoca a manutenção do decréscimo do pH (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Na fase III ocorre o desenvolvimento lento de bactérias metanogénicas, a concentração de metano no gás produzido começa então a aumentar à medida que a concentração de hidrogénio, dióxido de carbono e ácidos gordos voláteis diminui; o valor de pH começa a aumentar (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

A fase IV caracteriza-se por uma produção relativamente estável de metano (CH_4), o qual corresponde a cerca de 60% do volume total de gases emitidos. As concentrações de ácidos gordos e hidrogénio mantêm-se reduzidas, a temperatura aproxima-se da temperatura ambiente e o pH estabiliza para valores entre 7.0 e 7.2 (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Por último, na fase V apenas a matéria orgânica de difícil degradação se mantém, a produção de metano diminui consideravelmente, ocorrendo o aparecimento de azoto nos gases produzidos (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

A duração destas fases é muito variável, dependendo do grau de humidade e da taxa de compactação dos resíduos e podendo em alguns casos verificar-se a emissão de gases até 20 a 50 anos após o encerramento do aterro (Smith & Scott, 2005).

3.6.1.6. Produção e Composição de Biogás

O biogás é constituído essencialmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), gases que representam aproximadamente 90% do total de gases emitidos, sendo que o CH_4 constitui 50-60% e o CO_2 30-40%. O metano é o mais perigoso pois a sua acumulação aumenta substancialmente o risco de explosão (Yu, Battle, Carrera & Lloret, 2009).

De entre os gases com efeito de estufa, o metano é o segundo maior responsável pelo aquecimento global, a seguir ao dióxido de carbono, e os aterros sanitários são das maiores fontes antropogénicas produtoras de metano (Ritzkowski & Stegmann, 2007).

Para além do metano e do dióxido de carbono são ainda libertados outros gases (Tabela 6) como o monóxido de carbono (CO), ácido sulfídrico (SH_2), azoto (N_2), hidrogénio (H_2), amónia (NH_3) e ainda uma pequena quantidade de compostos orgânicos voláteis (COV) (Jördening & Winter, 2005). Embora a percentagem dos COV seja inferior a 1%, não podem ser esquecidos, pois muitos são tóxicos e potencialmente cancerígenos. A exposição prolongada a biogás contendo benzeno, tolueno e xileno pode causar graves problemas de

saúde sobretudo nos operadores que trabalham no aterro sanitário (Dincer, Odabasi & Muezzinoglu, 2006).

Tabela 6 – Constituintes do biogás de um aterro (adaptado de Jördening & Winter, 2005).

Componentes	Porcentagem
Metano (CH ₄)	50-60
Dióxido de Carbono (CO ₂)	30-40
Azoto (N ₂)	2-5
Oxigénio (O ₂)	0.1-1.0
Compostos Sulfurados	0-1.0
Amónia (NH ₃)	0.1-1.0
Hidrogénio (H ₂)	0-0.2
Monóxido de carbono (CO)	0-0.2
Composto orgânicos voláteis (COV)	0.01-0.6

A produção de biogás é influenciada por vários factores, nomeadamente, a composição dos resíduos, o teor de humidade, a temperatura, o pH, as condições climáticas, a permeabilidade do material de cobertura, o método de recolha, o grau de compactação, a idade do aterro, entre outros (Smith & Scott, 2005).

3.6.1.6.1. Recolha e Tratamento de Biogás

Segundo Pichtel (2005), existem dois sistemas de recolha e controlo do biogás emitido pelos aterros sanitários:

a) Sistema Passivo: neste caso os gases emitidos são libertados pela sua pressão natural, sendo a diferença de pressão existente entre o interior do aterro sanitário e a atmosfera responsável pelo fluxo de biogás. Este sistema pode funcionar utilizando duas técnicas: (1) alta-permeabilidade, em que há a incorporação de vias que facilitam a saída do biogás, tais como, trincheiras, poços de ventilação e tubos perfurados e (2) baixa-permeabilidade em que apenas se bloqueia a migração lateral do biogás utilizando obstáculos como membranas sintéticas ou argila.

b) Sistema Activo: consiste na utilização de meios mecânicos para a extracção do biogás, recorrendo à criação de pressões positivas (injecção de ar) ou pressões negativas (extracção). A utilização de pressões negativas é mais comum, o biogás é extraído por acção de uma ventoinha que aspira o ar do interior do aterro sanitário.

Devidas às características anteriormente referidas, o biogás não deve ser libertado directamente para a atmosfera; caso não seja utilizado como combustível, deve ser queimado de modo a destruir a fracção combustível e os compostos orgânicos voláteis (Shrestha & Narayanan, 2008).

3.6.1.7. Produção e Composição de Lixiviados

Quando a água atravessa os aterros sanitários, pode ficar contaminada com todos os poluentes orgânicos e inorgânicos presentes nos resíduos; a água é libertada quando a capacidade de retenção dos resíduos é ultrapassada, dando origem a lixiviados (Smith & Scott, 2005).

A produção de lixiviados é actualmente a maior preocupação do ponto de vista ambiental, no que se refere a planificação de aterros sanitários, no entanto, a grande variação na composição dos lixiviados produzidos tem tornado difícil a padronização de métodos de tratamento e gestão (Kulikowska & Klimiuk, 2008).

Os lixiviados são produzidos, na grande maioria dos casos, devido à precipitação que ocorre sobre os aterros sanitários, no entanto a sua produção também é influenciada pelas características e composição dos resíduos depositados (teor de humidade, densidade), pelas características da cobertura utilizada, pelo tipo de solo e vegetação existente e pelas características topográficas do terreno (Tatsi & Zouboulis, 2002; Al-Yaqou & Hamoda, 2003).

A caracterização química dos lixiviados é extremamente difícil, pois a sua composição varia consoante a idade do aterro e as fases de decomposição dos resíduos (Kulikowska & Klimiuk, 2008). Na Tabela 7 pode-se comparar a composição dos lixiviados entre aterros sanitários jovens (< 2 anos), semi-maduros (5 anos) e maduros (>10 anos).

Tabela 7 – Composição química dos lixiviados em aterros sanitários de idades diferentes (adaptado de Ziyang *et al.*, 2009a).

Componente	Valor (mg/l, excepto pH)		
	Aterros Jovens (< 2 anos)	Aterros Semi- Maduros (5 Anos)	Aterros Maduros (> 10 anos)
Carbono orgânico total	9870	809	182
Carência bioquímica em oxigénio	36653	2675	1500
Azoto amoniacal	4632	2197	1388
Ortofosfatos	20.20	1.71	0.76
pH	7.71	8.38	8.60
Sólidos totais	28400	13205	67000
Cobre	0.05	<0.05	0.348
Zinco	0.522	0.244	0.417
Chumbo	<0.2	<0.2	<0.2
Níquel	0.14	0.1	0.16
Crómio	0.154	0.004	<0.004
Cádmio	<0.05	<0.05	<0.05
Cálcio	529	45.2	17.1
Magnésio	272	110	102
Potássio	1540	883	1040

Por norma, os principais parâmetros utilizados para a caracterização dos contaminantes presentes nos lixiviados incluem: (1) carência bioquímica em oxigénio (CBO), (2) azoto amoniacal (NH_4^+ -N), (3) sólidos suspensos totais, (4) compostos orgânicos xenobióticos, (5) metais pesados e (6) sais (Ziyang *et al.*, 2009b).

3.6.1.7.1. Recolha e Tratamento de Lixiviados

A maioria dos aterros sanitários utiliza sistemas de recolha de lixiviados, para controlar os seus níveis e minimizar a quantidade de contaminantes que atravessam as barreiras de impermeabilização (VanGulcka & Rowe, 2004). Geralmente estes sistemas consistem em tubos de polietileno de alta densidade (HDPE) perfurados que drenam os lixiviados das valas de drenagem que se localizam na base do aterro sanitário; os lixiviados são então recolhidos por acção da gravidade e encaminhados para um depósito para serem posteriormente tratados (Koerner & Soong, 2000).

Devido à sua composição, os lixiviados devem ser devidamente tratados antes de serem despejados nos cursos de água. Esses tratamentos podem incluir processos físicos, químicos e biológicos (Lim, Lim, Seng & Noor, 2010). Os processos biológicos são os mais vulgarmente utilizados, consistem na degradação de compostos biodegradáveis e podem classificar-se em aeróbios, como as lagoas arejadas e anaeróbios, como os digestores anaeróbios (Mehmood, Adetutu, Nedwell & Ball, 2009). Os processos físico-químicos que incluem a coagulação/floculação e a precipitação química geralmente são utilizados como forma de completar os processos biológicos, através da remoção dos compostos não biodegradáveis, (Kargi & Pamukoglu, 2003).

A recirculação dos lixiviados é outro método que pode ser utilizado, consistindo na reintrodução dos lixiviados novamente na massa de resíduos (Sponza & Ağdağ 2004). Algumas vantagens e desvantagens deste processo são descritas na Tabela 8.

Tabela 8 – Vantagens e desvantagens associadas a recirculação de lixiviados (adaptado de Sponza & Ağdağ, 2004; Bilgili, Demir & Özkaya, 2007; Hao, Wu, Wu, Sun & Chen, 2008).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar o grau de compactação devido ao peso dos lixiviados adicionados; • Redução do volume de lixiviados por evaporação à superfície; • Aumenta o grau de humidade e uma distribuição de nutrientes e enzimas, favorecendo a actividade microbiológica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inibição da metanogénese devido à acumulação de ácidos gordos voláteis e azoto amoniacal; • Taxas elevadas de recirculação podem causar entupimentos e inundações; • Por si só não fornece um tratamento suficiente, de modo a que os lixiviados possam ser lançados nos cursos de água com segurança.

3.6.1.8. Programas de Monitorização da Qualidade Ambiental

Concebido dentro de rígidos parâmetros de controlo e protecção ambiental, o aterro deve incluir um rigoroso programa de monitorização, que controle os resíduos recepcionados, os lixiviados produzidos e biogás libertado, garantindo a qualidade de todo o processo e minimizando os efeitos potencialmente negativos para o ambiente e saúde pública (Lipor, 2009).

A monitorização deverá ser realizada periodicamente, quer durante a fase de exploração quer após o seu encerramento. Os parâmetros a medir e a respectiva periodicidade relativamente aos dados meteorológicos (ex. precipitação), controlo das águas subterrâneas e superficiais, lixiviados e biogás encontram-se no Anexo III do Decreto-Lei n.º 183/2009.

3.6.1.9. Selagem e Recuperação Ambiental de Aterros Sanitários

O encerramento de um aterro sanitário é um processo simples, previsto desde a altura da sua concepção. Os projectos de recuperação ambiental de aterros têm como principal objectivo dar um uso adequado ao local. Muitas superfícies de aterros encerrados são agora áreas públicas de lazer, de que é um bom exemplo a construção da aldeia olímpica de Munique sobre um dos maiores aterros da cidade (Ayalon *et al.*, 2006). No entanto, isto só é possível se forem tomadas medidas de eliminação dos riscos de explosão e toxicidade associadas a produção de gases no interior do aterro sanitário, as quais geralmente são muito dispendiosas (Misgav, Perl & Avnimelech, 2001). Daí que normalmente se recorra à revegetação, no entanto após o encerramento do aterro as propriedades físicas e químicas, o teor de humidade e a disponibilidade em nutrientes do solo encontram-se muito alteradas, pelo que o sucesso da revegetação vai depender de uma correcta preparação do solo bem como da utilização de espécies adaptáveis ao meio (Mei & Mauro, 2006).

IV. Projecto Desenvolvido

4.1. Implementação de um Plano Interno de Gestão de Resíduos

A legislação ambiental exerce cada vez mais pressão sobre as empresas, impondo-lhes novas formas de actuar. De acordo com o nº 3 do Art.º 7 do Decreto-Lei nº 178/2006, os produtores de resíduos devem proceder à respectiva separação na origem, de forma a promover a sua valorização por fluxos e fileiras. O nº 3 do Art.º 5 do mesmo Decreto-Lei estabelece ainda que a responsabilidade de gestão dos resíduos recai sobre o respectivo detentor. Assim, a existência numa empresa de um plano de gestão de resíduos permitirá não só uma melhoria a nível interno, como também uma maior visibilidade externa do seu bom desempenho ambiental.

4.1.1. Âmbito do Projecto

O presente projecto visa a implementação de um plano interno de gestão de resíduos (PIGR) numa empresa de catering de aviação. Com este trabalho pretende-se ilustrar as várias etapas a transpor, bem como os resultados obtidos ao longo de cada uma, as principais dificuldades encontradas e conclusões obtidas.

4.1.2. Objectivos do Plano Interno de Gestão de Resíduos

- Proceder à separação e posterior recolha selectiva de diferentes categorias de resíduos com vista à sua valorização;
- Reduzir os custos associados ao tratamento dos resíduos produzidos, através da diminuição da quantidade de resíduos encaminhados para eliminação;
- Diminuir o impacto ambiental causado pela empresa, reduzindo a quantidade de resíduos destinados a incineração;
- Melhorar a imagem da empresa.

4.1.3. Caracterização da Empresa de Catering de Aviação

A empresa de catering em estudo é uma multinacional com grande expressão na prestação de serviços de catering de aviação, no entanto apresenta um esquema de funcionamento

relativamente simples. A unidade é dividida em várias secções, as quais são brevemente descritas de modo a facilitar interpretações futuras:

- Despensa – recepção e armazenamento de produtos;
- Talho, Peixaria e Vegetais – preparação de produtos, com vista à sua confecção ou empratamento;
- Decantação – armazenamento (em pequena quantidade) de produtos prontos a comer mantidos à temperatura ambiente (ex. conservas);
- Cozinha-Quente – confecção de refeições;
- Cozinha-Fria – empratamento e montagem de bandejas;
- Retalho – produção de sandes, saladas e sanduíches;
- Despacho – armazenamento, até ao momento da expedição, de produtos preparados;
- Copa – limpeza e desinfecção de equipamentos e utensílios utilizados;
- Equipamento – armazenamento de equipamentos e utensílios limpos;
- Cais de Descarga – recepção de cargas provenientes de aviões.

4.1.4. Situação Actual da Empresa em Relação a Gestão de Resíduos

À semelhança de outras indústrias de catering, a empresa na qual se realizou o estudo produz uma variada gama de resíduos, dos quais é responsável. Destes, apenas se procede à recolha selectiva de papel e cartão, óleos alimentares usados e pilhas e acumuladores, com respectivo encaminhamento para tratamento ou valorização; todos os outros resíduos são encaminhados directamente para eliminação (incineração), não ocorrendo qualquer tipo de triagem com vista à sua valorização.

A empresa apresenta, ainda, uma característica que a distingue das demais empresas de catering, pelo facto de nos seus resíduos se poderem encontrar restos de cozinha e de mesa provenientes de viagens internacionais. De acordo com o Regulamento nº 1774/2002, estes resíduos são classificados como subprodutos de origem animal de categoria 1, os quais devem ser directamente encaminhados para eliminação (incineração).

Para gerir os seus resíduos a unidade de catering recorre aos serviços de empresas privadas devidamente licenciadas no sector de gestão dos resíduos, as quais se deslocam periodicamente às instalações para proceder à recolha dos resíduos produzidos. No acto da recolha é emitida uma guia de acompanhamento de resíduos “modelo A” e uma guia de acompanhamento de subprodutos de origem animal.

4.1.5. Identificação e Caracterização dos Resíduos Produzidos na Unidade

De acordo com Sharma & McBean (2007) o conhecimento das percentagens individuais de cada resíduo é fundamental para um plano interno de gestão de resíduos (PIGR), existindo dois métodos de quantificação: “material flows approach” e “output method”. Neste estudo foi utilizado o segundo método, o qual quantifica os resíduos durante a sua eliminação, enquanto que o primeiro método se baseia nas características dos produtos aquando da sua concepção (por exemplo tempo de vida útil). Os resultados obtidos são os que se apresentam na Tabela 9.

Tabela 9 – Identificação dos resíduos produzidos nas diferentes secções da unidade.

Despensa	
Papel para limpeza de mãos e superfícies	Garrafas de Plástico
Equipamento de protecção (luvas)	Plio de revestimento
Papel e cartão	Plástico de suporte de paletes
Latas de alumínio	
Talho, Peixaria e Vegetais	
Papel para limpeza de mãos e superfícies	Restos de vegetais, carne e peixe
Equipamento de protecção (luvas)	Embalagens de plástico
Decantação	
Papel para limpar mãos e superfícies	Latas de conservas
Equipamento de protecção (luvas)	Recipientes de plástico
Cozinha-Quente	
Papel para limpeza de mãos e superfícies	Recipientes e embalagens de plástico
Equipamento de protecção (luvas e aventais)	Embalagens tetra pack
Garrafas e Garrações de plástico	Recipientes de vidro
Restos de vegetais, carne e peixe	Embalagens de desinfectante
Embalagens de cartão	Restos de Óleos alimentares
Cozinha-Fria	
Papel para limpeza de mãos e superfícies	Embalagens tetra pack
Equipamento de protecção (luvas e aventais)	Recipientes de vidro
Garrafas e Garrações de plástico	Marmitas de alumínio
Restos de vegetais, carne e peixe	Restos de cerâmica partida
Embalagens de cartão	Embalagens de desinfectante
Recipientes e embalagens de plástico	Restos de pão e bolos
Retalho	
Papel para limpeza de mãos e superfícies	Restos de pão, vegetais e carne
Equipamento de protecção (luvas)	Embalagens de desinfectante
Recipientes e embalagens de plástico	
Cais de Descarga, Copa e Equipamento	
Papel para limpeza de mãos e superfícies	Vidro Partido
Equipamento de protecção (luvas)	Restos provenientes de aviões (indiferenciado)
Cerâmica partida	

No decorrer desta etapa pode-se verificar a grande variedade de resíduos produzidos. Tendo em conta as diferentes características, quantidades e locais de produção, estes foram agrupados em quatro categorias: indiferenciados (produção), indiferenciados (aviação), orgânicos e sólidos recicláveis.

Os resíduos orgânicos englobam os resíduos alimentares sólidos (restos de legumes, fruta, carne, peixe, pão e bolos) e papel para limpeza de mãos e superfícies.

Os resíduos sólidos recicláveis incluem metais, vidro, cerâmica, e plásticos polietileno de alta e baixa densidade (HDPE e LDPE) e polietileno tereftalato (PET). Deste grupo exclui-se o papel e cartão pois este já é recolhido de forma selectiva e encaminhado para valorização.

Todos os restantes resíduos são categorizados como indiferenciados, devido à sua quantidade ser praticamente residual ou por se encontrarem muito contaminados o que dificulta a sua recolha de modo isolado; nesta categoria há ainda a distinção entre aviação (resíduos provenientes dos aviões e recolhido exclusivamente na copa) e produção (resíduos produzidos ao longo da linha de produção).

A Portaria n.º 209/2004, permite identificar diferentes categorias de resíduos através de um código de seis dígitos no qual, os dois primeiros dígitos dizem respeito ao capítulo no qual se insere o resíduo (a lista dos vinte capítulos encontra-se no Anexo 1) e os quatro dígitos seguintes representam os subcapítulos.

Na Tabela 10 estão identificados as várias categorias de resíduos produzidos na unidade, bem como o respectivo código constante na Lista Europeia de Resíduos (LER).

Tabela 10 – Categorias de resíduos produzidos e respectivo código LER.

Categoria	Código LER
Resíduos indiferenciados (produção)	20 03 01
Resíduos indiferenciados (aviação)	20 03 01
Resíduos orgânicos	20 01 08
Metais	15 01 04
Cerâmica	20 01 99
Vidro	15 01 07
Plástico PET	15 01 02
Plástico PE	15 01 02

Apesar de todos os resíduos serem produzidos na mesma unidade, não apresentam o mesmo número em relação ao capítulo no qual se inserem. A Portaria n.º 209/2004, prevê que os resíduos de embalagens de recolha selectiva serão classificados nos subcapítulos 15 01 e não em 20 01, donde o código 15 01 02 para os resíduos de embalagens de plástico, o código

15 01 04 para os resíduos de embalagens de metal e o código 15 01 07 para os resíduos de embalagens de vidro. Os restantes resíduos serão então incluídos no capítulo 20 (resíduos urbanos e equiparados), nomeadamente o código 20 01 08 para as fracções de resíduos biodegradáveis de cozinhas e cantinas recolhidas selectivamente, o código 20 01 99 para outras fracções de resíduos recolhidos selectivamente (cerâmica) e o código 20 03 01 para mistura de resíduos urbanos e equiparados.

Tanto o plástico PE como o plástico PET apresentam o mesmo código LER, no entanto, estes vão ser quantificados isoladamente pois no processo de valorização apresentam valores de mercado diferentes.

4.1.6. Resultados da Quantificação dos Resíduos Produzidos na Unidade

Após a categorização dos resíduos e determinação do respectivo código LER procedeu-se à sua quantificação. Esta etapa foi dividida em duas fases – na primeira fase quantificaram-se os resíduos sólidos recicláveis e na segunda fase quantificou-se a totalidade de resíduos orgânicos e indiferenciados (aviação). A totalidade de resíduos indiferenciados (produção) foi calculada por subtração entre a soma das restantes categorias e o valor total.

Convém ainda salientar que o esquema de funcionamento da empresa de catering em estudo é baseado em ciclos, sendo que estes se repetem semanalmente, motivo pelo qual, a amostra do estudo foi de apenas uma semana (sete dias) para cada fase.

Para a quantificação dos resíduos sólidos recicláveis (primeira fase) foram definidos oito pontos de recolha:

- Despensa: um ponto de recolha de plástico PE.
- Decantação: um ponto de recolha de metal.
- Cozinha-Quente: um ponto de recolha de plástico PET e um ponto de recolha de vidro.
- Cozinha-Fria: um ponto de recolha de plástico PET e um ponto de recolha de vidro
- Copa Limpa: um ponto de recolha de cerâmica.
- Cais de Descarga: um ponto de recolha de plástico PE.

Para a quantificação dos resíduos orgânicos e indiferenciados (aviação) foram definidos nove pontos de recolha:

- Copa Suja: um ponto de recolha de indiferenciado (aviação)
- Vegetais, Talho, Peixaria e Retalho: um ponto de recolha de matéria orgânica
- Cozinha-Quente e Cozinha-Fria: dois pontos de recolha de matéria orgânica

Os factores que foram tomados em consideração na escolha do número e local dos pontos de recolha foram:

- Volume de resíduos produzidos – algumas das categorias dos resíduos produzidos em determinadas secções representavam volumes praticamente residuais, pelo que foram quantificados como indiferenciados.
- Disponibilidade de espaço – para se proceder à quantificação dos resíduos, teve que se multiplicar o número de caixotes e a sua disposição foi feita de modo a não perturbar o normal funcionamento da linha de produção.

Os pontos de recolha encontravam-se devidamente identificados; antes de se iniciar a recolha selectiva foi dada uma breve formação aos operadores, de modo a esclarecer algumas dúvidas e evitar futuras complicações.

Os dados recolhidos ao longo das duas fases podem ser observados nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 – Dados recolhidos entre 12 e 18 de Janeiro de 2010, referentes à fase 1 (quantificação de resíduos sólidos recicláveis).

SECÇÃO/ CATEGORIA	Ter. (kg.)	Qua. (kg.)	Qui. (kg.)	Sex. (kg.)	Sáb. (kg.)	Dom. (kg.)	Seg. (kg.)	TOTAL (kg.)
Despensa – Plástico PE	---	---	1	---	1	---	6	8
Cais de Descarga – Plástico PE	---	---	---	---	---	---	5	5
Cozinha-Fria – Plástico PET	---	---	---	---	---	---	1	1
Cozinha-Quente – Plástico PET	1	1	1	1	1	1	1	7
Decantação – Metal	5,5	2,5	5	4	4	2	6,5	29,5
Cozinha-Fria – Vidro	---	---	---	---	---	---	5	5
Cozinha-Quente – Vidro	---	---	---	---	---	---	5	5
Copa Limpa – Cerâmica	---	---	---	---	---	---	12	12

Tabela 12 – Dados recolhidos entre 10 e 16 de Fevereiro de 2010, referentes à fase 2 (quantificação de resíduos orgânicos e indiferenciados (aviação)).

SECÇÃO/ CATEGORIA	Qua. (kg.)	Qui. (kg.)	Sex. (kg.)	Sáb. (kg.)	Dom. (kg.)	Seg. (kg.)	Ter. (kg.)	TOTAL (kg.)
Vegetais – Res. Orgânicos	4	6	5	10	7	10	7	49
Peixaria – Res. Orgânicos	23	20	19	1	---	---	1	64
Talho – Res. Orgânicos	3	1	2	2	2	3	1	14
Cozinha-Quente – Res. Orgânicos	19	12	24	15	11	13	18	112
Cozinha-Fria – Res. Orgânicos	14	13	15	18	17	19	19	115
Retalho – Res. Orgânicos	15	15	20	---	14	15	13	92
Copa – Res. Indiferenciados	38	39	35	39	36	40	36	263

A recolha dos resíduos levada a cabo pela empresa privada nas instalações da unidade de catering de aviação é efectuada semanalmente. Durante as duas fases, os resíduos recolhidos selectivamente depois de pesados eram colocados no compactador juntamente com os restantes resíduos e enviados para eliminação. O total de resíduos enviado para eliminação foi:

Fase 1: 2160 kg (de 12 a 18 de Janeiro de 2010).

Fase 2: 1980 kg (de 10 a 16 de Fevereiro de 2010).

Com estes dados procedeu-se então ao cálculo das percentagens de cada categoria de resíduos (Tabela 13).

Tabela 13 – Percentagem das várias categorias de resíduos quantificados e projecção do total de resíduos com potencial de valorização produzidos por mês e por ano.

CATEGORIA	%	TOTAL SEMANA Kg	TOTAL MÊS Kg	TOTAL ANO	
				Kg	Ton.
Plástico PE	0,60%	13	52	676	0,68
Plástico PET	0,37%	8	32	416	0,42
Metal	1,37%	29,5	118	1534	1,53
Vidro	0,46%	10	40	520	0,52
Cerâmica	0,56%	12	48	624	0,62
Total Resíduos Sólidos Recicláveis	3,36%	72,5	290	3770	3,77
Total Resíduos Orgânicos	22,53%	446	1784	23192	23,2
Total Resíduos Indiferenciado (aviação)	13,28%	263	---	---	----

A percentagem do total de resíduos indiferenciados (produção) foi obtida através da seguinte equação:

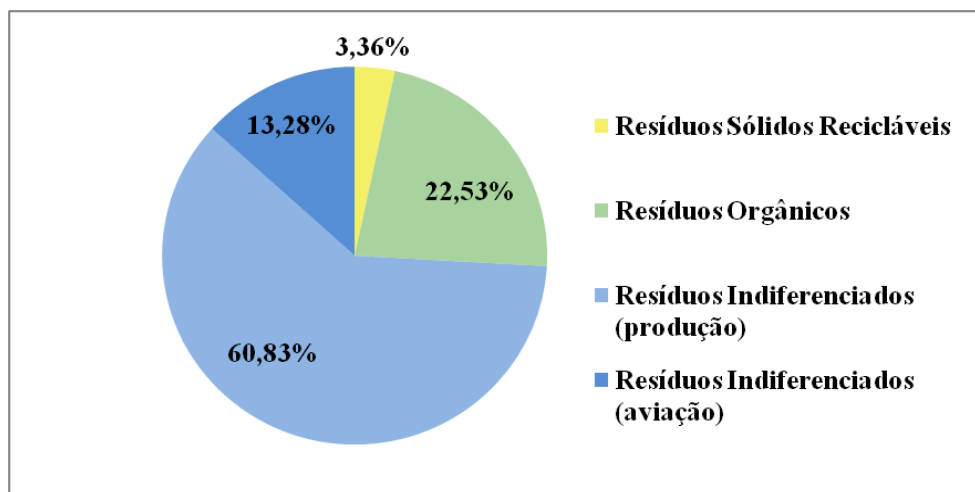
Total Resíduos Indiferenciados (produção) (%) = 100 – (Total Resíduos Sólidos Recicláveis (%) + Total Resíduos Orgânicos (%) + Total Resíduos Indiferenciados (aviação) (%)).

Total Resíduos Indiferenciados (produção) (%) = 100 – (3,36 + 22,53 + 13,28) = 60,83%

4.1.7. Análise dos Resultados Obtidos

Na Figura 9 podem observar-se as várias categorias de resíduos produzidos na unidade, bem como as suas respectivas percentagens.

Figura 9 – Percentagem das várias categorias de resíduos produzidos na unidade.

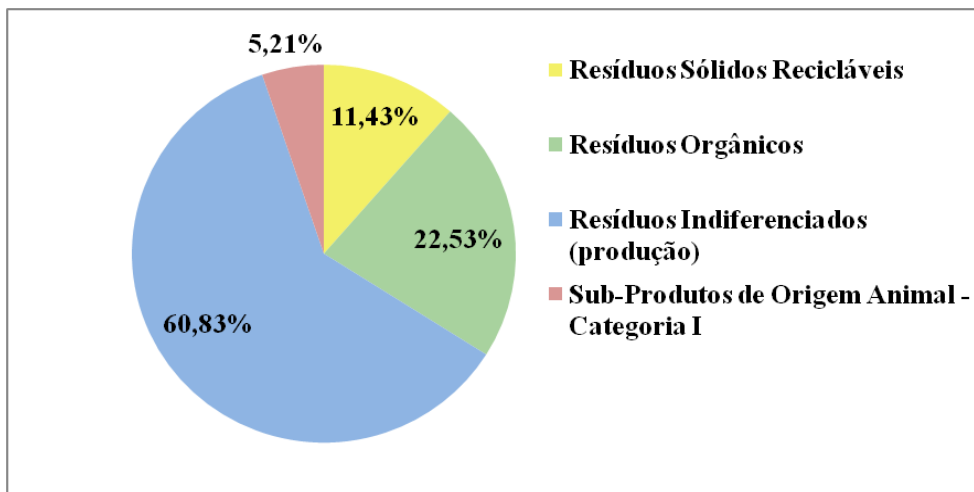


Através da observação da Figura 9 pode constatar-se que a grande maioria dos resíduos produzidos na unidade são indiferenciados (74,11%), salientando, no entanto, que dentro deste grupo estão incluídos algumas quantidades de resíduos sólidos recicláveis e resíduos orgânicos que por se encontrarem em quantidades residuais, ou por se demonstrarem bastante contaminados, não foram passíveis de ser recolhidos de forma selectiva. Nesta categoria de indiferenciados existem duas situações distintas, por um lado os resíduos indiferenciados provenientes da aviação (13,28%), os quais contêm restos de cozinha e de mesa provenientes de aviões que efectuam viagens internacionais, o que faz com que sejam considerados subprodutos de origem animal de categoria I, pelo que têm que ser directamente encaminhados para incineração, não podendo ser alvo de qualquer processo de triagem; e os resíduos indiferenciados originados na linha de produção (60,83%), os quais podem ainda ser sujeitos a um processo de triagem posterior e encaminhados para incineração ou para aterro sanitário.

Apesar de os vários componentes dos resíduos indiferenciados (aviação) não serem alvo de recolha selectiva no presente trabalho, um estudo levado a cabo por El-Mobaidh, Taha & Lassheen (2006) permitiu concluir que apenas 39,2% destes são restos de comida (classificados como subprodutos de origem animal de categoria I) sendo os restantes 60,8% resíduos sólidos recicláveis. Com base nestes dados, foram recalculadas as várias

percentagens de resíduos produzidos após divisão dos resíduos indiferenciados (aviação), do que resultou a Figura 10.

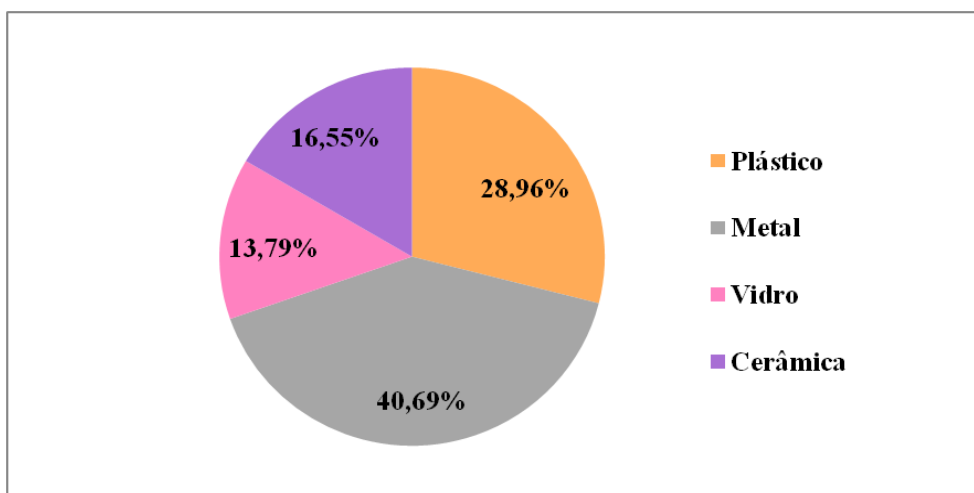
Figura 10 – Representação gráfica das várias percentagens de resíduos produzidos após divisão dos resíduos indiferenciados (aviação).



Como se pode observar na Figura 10 a percentagem de resíduos sólidos recicláveis aumentou consideravelmente, contudo apesar de esta situação ser provavelmente a mais próxima da realidade da empresa, os dados utilizados para determinações futuras são os que se apresentam na Figura 9 devido à dificuldade de triagem dos resíduos indiferenciados (aviação) na empresa em questão.

Na Figura 11 estão representados as várias percentagens de resíduos sólidos recicláveis passíveis de ser recolhidos de forma selectiva, referentes a fase 1 de quantificação.

Figura 11 – Percentagem dos vários componentes dos resíduos sólidos recicláveis (excluindo papel e cartão).

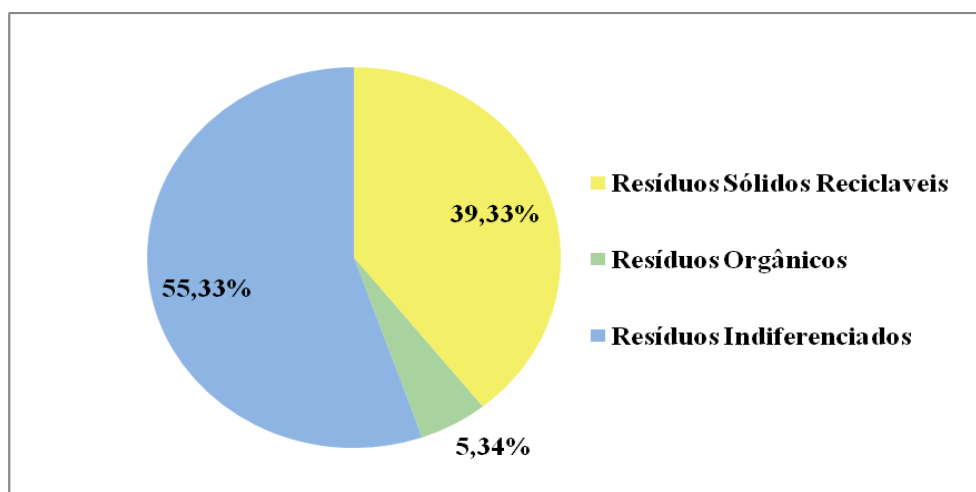


Nos resíduos sólidos recicláveis não estão incluídos o papel e o cartão, uma vez que já se procede à sua separação e correcto encaminhamento para valorização. No entanto, através da análise de dados já existentes na empresa, (Anexo 4), pode constatar-se que durante o ano de 2009 a produção total deste resíduo foi de aproximadamente 30950 kg, o que comparado com a projecção dos resíduos sólidos recicláveis produzidos no ano de 2009 e demonstrado na Tabela 14 (7137,9 kg), faz com que o papel e o cartão corresponda de longe à maior fatia do total de resíduos sólidos recicláveis.

Na Figura 11 podem ainda observar-se que os metais constituem a maior quantidade de resíduos produzidos seguido dos plásticos, o que se deverá ao facto de a medida de quantificação utilizada no estudo ser o peso (kg), e os plásticos apesar de representarem um grande volume físico são relativamente leves. Esta situação deve ser tomada em consideração dado que o transporte de resíduos é feito em função do volume (m³), no entanto, no processo de valorização, os resíduos são quantificados por peso, motivo pelo qual foi esta a medida escolhida para o estudo.

A Figura 12 representa as várias percentagens de categorias de resíduos recebidos na Lipor – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto – durante o ano de 2009; na percentagem de resíduos sólidos recicláveis não estão incluídos os dados referentes ao papel e cartão, o que permite uma melhor comparação com os dados obtidos durante o estudo (Figura 9).

Figura 12 – Percentagem das várias categorias de resíduos recebidos na Lipor, durante o ano de 2009 (fonte: reciclómetro anual da Lipor, de 2009).

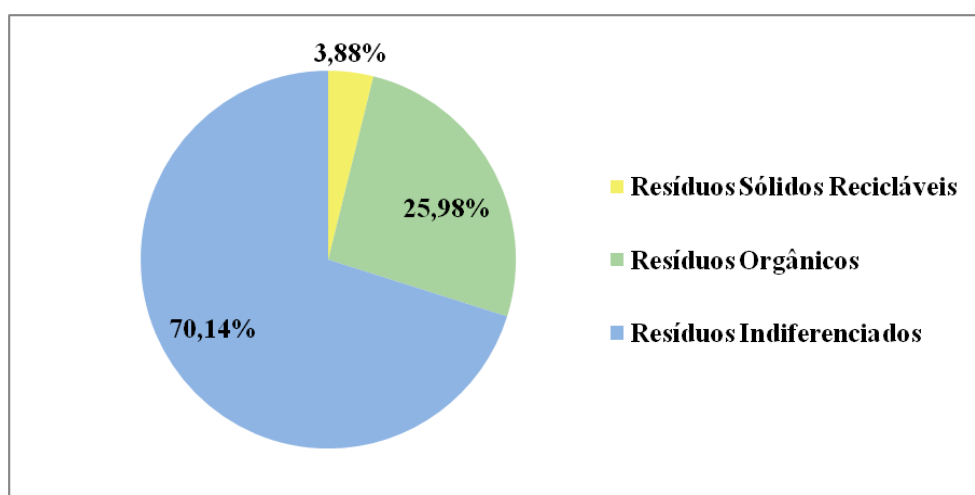


Pode verificar-se que, à semelhança do que ocorre na empresa de catering de aviação, a maioria dos resíduos recepcionados na Lipor para tratamento ou eliminação são indiferenciados. A principal diferença reside nos resíduos orgânicos e resíduos sólidos

recicláveis cujas percentagens de certa forma, se encontram trocadas, apesar dos resíduos produzidos na empresa de catering de aviação serem equiparados a urbanos. Esta situação pode ser devida ao facto de a empresa em estudo fornecer serviços de catering e como tal produzir quantidades superiores de resíduos biodegradáveis, uma outra explicação possível reside no facto de os resíduos urbanos encaminhados para a Lipor serem na sua maioria provenientes de habitações familiares, nas quais é mais comum fazer a separação de resíduos sólidos recicláveis do que de matéria orgânica.

Na Figura 13 estão representadas as categorias de resíduos produzidos na unidade após a remoção da fracção correspondente aos resíduos indiferenciados provenientes da aviação, o que permite evidenciar a situação da empresa exclusivamente como fornecedor de serviços de catering e permite a comparação com outras entidades que actuam no ramo da restauração.

Figura 13 – Percentagem das várias categorias de resíduos produzidos após a remoção da fracção correspondente aos resíduos indiferenciados (aviação).

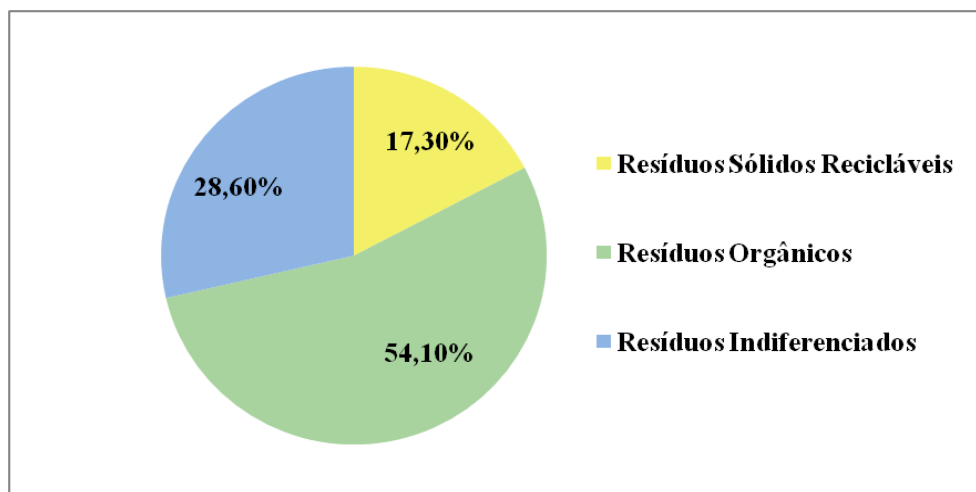


Na Figura 14 estão plasmados parte dos resultados obtidos com o estudo levado a cabo por Vega, Benítez & Barreto (2008). Como se pode observar, 71,4% dos resíduos produzidos na cantina e cafetaria da universidade podem ser reciclados, sendo que 54,1% podem ser sujeitos a valorização orgânica e 17,3% encaminhados para valorização material.

Na empresa onde se realizou o estudo tanto a percentagem de resíduos sólidos recicláveis (3,88%) como a percentagem de resíduos orgânicos (25,98%) são inferiores aos resultados do estudo publicado por Vega *et al.* (2008), isto poderá ser devido ao facto de na empresa de catering se trabalhar com grandes volumes de matérias-primas, o que permite reduzir a utilização de embalagens de acondicionamento e consequentemente de resíduos sólidos recicláveis. Em relação aos resíduos orgânicos o seu valor é superior no estudo publicado por Vega *et al.* (2008), provavelmente devido ao facto de em cantinas grande parte dos resíduos

orgânicos serem provenientes de restos de mesa, situação que não se verifica na empresa de catering; além disso, parte das matérias-primas utilizadas na confecção das refeições já se encontra semi-preparada o que reduz consideravelmente a produção de resíduos orgânicos.

Figura 14 – Percentagem das várias categorias de resíduos produzidos na cantina e área de cafeteria do Campus Mexicali I da Autonomous University of Baja California (UABC) (adaptado de Vega *et al.*, 2008).



4.1.8. Determinação da Viabilidade do Projecto

O passo seguinte consistiu em determinar a viabilidade do PIGR, que se dividiu em três etapas: inicialmente, foi feita uma extrapolação dos dados recolhidos durante as fases de quantificação de modo a obter uma aproximação das quantidades de resíduos produzidos durante 2009; posteriormente, foram solicitadas várias propostas para prestação de serviços a empresas privadas devidamente licenciadas no sector da gestão de resíduos; e por último, com base nas propostas e na extrapolação dos dados para 2009, foi determinada a viabilidade do plano do ponto de vista económico, caso este tivesse sido implementado durante o ano de 2009.

Todas estas etapas foram inicialmente concebidas de acordo com os dados recolhidos durante a fase 1 de quantificação, para determinar a viabilidade da recolha selectiva e posterior valorização de resíduos sólidos recicláveis (metal, vidro, cerâmica, plástico PE e plástico PET). Posteriormente, procedeu-se à determinação da viabilidade com vista à recolha selectiva e valorização de resíduos orgânicos, utilizando os dados recolhidos durante a fase 2 de quantificação.

De modo a manter a cronologia pela qual foram executadas as duas fases, inicialmente irão ser demonstrados os resultados referentes aos resíduos sólidos recicláveis bem como as

respectivas conclusões e posteriormente os dados e respectivas conclusões referentes a recolha de resíduos orgânicos.

Através da análise de dados já existentes na empresa (Anexo 5) pode-se constatar que durante o ano de 2009 a produção total de resíduos, com a excepção do papel e cartão, foi de 212.440 Kg (212,44 Ton.) sendo que a produção média mensal foi de aproximadamente 17.700 Kg (17,70 Ton.).

Como a empresa tem um sistema de funcionamento com base em ciclos, que se repetem semanalmente, apesar de o volume de produção do total de resíduos ser variável em função do maior ou menor número de refeições produzidas, as várias percentagens de cada categoria de resíduos mantém-se relativamente constantes. Assim, com os dados da Tabela 13 foi possível calcular as quantidades em Kg para cada uma das categorias de resíduos sólidos recicláveis produzidos durante 2009, os resultados estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Extrapolação das quantidades referentes às várias categorias de resíduos sólidos recicláveis produzidos durante 2009.

CATEGORIA	%	TOTAL ANO 2009	
		Kg	Ton.
Plástico PE	0,60 %	1274,6	1,27
Plástico PET	0,37 %	786,0	0,79
Metal	1,37 %	2910,4	2,91
Vidro	0,46 %	977,2	0,98
Cerâmica	0,56 %	1189,7	1,19
Total Resíduos Sólidos Recicláveis	3,36 %	7137,9	7,14

Na Tabela 15 pode observar-se de forma resumida as quantidades totais de resíduos produzidos durante 2009, bem como a fracção potencialmente valorizável destes (resíduos sólidos recicláveis).

Tabela 15 – Total de resíduos e extrapolação do total de resíduos sólidos recicláveis e resíduos sólidos não recicláveis produzidos em 2009.

TOTAL RESÍDUOS 2009		TOTAL RESÍDUOS SÓLIDOS RECICLÁVEIS 2009		TOTAL RESÍDUOS NÃO RECICLÁVEIS 2009	
Kg	Ton.	Kg	Ton.	Kg	Ton.
212.440	212,44	7137,9	7,14	205.302,1	205,30

No seguimento do PIGR, foram solicitadas a várias empresas privadas que actuem na área da gestão de resíduos, o envio de orçamento para os seguintes serviços:

- Aluguer de contentores (20m³);
- Recolha e transporte de contentores;
- Tratamento e/ou valorização de cada resíduo.

Foram recebidas duas propostas, enviadas pelas empresas X e Y. As condições para a prestação dos serviços pedidos encontram-se descritas na Tabela 16.

Tabela 16 – Descrição das condições de serviço propostas por duas empresas (X e Y) que actuam na área da gestão de resíduos.

	Empresa X	Empresa Y
CUSTOS		
Aluguer do contentor (mensal)	80 € (20 m ³)	52 € (15 m ³)
Recolha e transporte	180 €	80 €
TAXA DE TRATAMENTO (-) / VALORIZAÇÃO (+) (TON)		
Plástico PE	(+) 30 €	(+) 140 €
Plástico PET	(+) 30 €	(-) 53 €
Metal	(+) 48 €	(+) 70 €
Vidro	(+) 3 €	0 €
Cerâmica	(+) 26 €	(-) 53 €
Indiferenciado	(-) 53 €	(-) 53 €

(+) – valor a receber pela valorização

(-) – valor a pagar pelo tratamento

Actualmente, na empresa os resíduos são recolhidos de forma indiferenciada, armazenados em contentores e posteriormente encaminhados para incineração. De acordo com os dados da Tabela 16, o custo com a eliminação dos resíduos indiferenciados, em ambas as empresas, é de 53 € por tonelada. Com base nisto procedeu-se à determinação dos custos presumíveis com a eliminação da totalidade dos resíduos produzidos e recolhidos de forma indiferenciada durante 2009, bem como os custos presumíveis com a eliminação dos resíduos após se retirar a fracção correspondente aos resíduos sólidos recicláveis. A diferença entre os dois corresponde ao valor que é possível economizar através do encaminhamento dos resíduos sólidos recicláveis para outro tipo de tratamento que não a incineração. Os resultados obtidos encontram-se descritos na Tabela 17.

Tabela 17 – Comparação dos custos presumíveis com a eliminação de resíduos recolhidos de forma indiferenciada e após a remoção da fracção reciclável, durante 2009.

CUSTO TOTAL ELIMINAÇÃO RESÍDUOS	CUSTO TOTAL ELIMINAÇÃO RESÍDUOS NÃO VALORIZAVEIS	POUPANÇA
11.259,32 €	10.880,90 €	378,42 €

Os valores referenciados na Tabela 17 não incluem os custos com o aluguer dos contentores e o transporte dos resíduos, dado que estes serviços representam custos fixos, uma vez que, independentemente de se fazer ou não a recolha selectiva de parte dos resíduos, irão ser sempre produzidas fracções indiferenciadas, as quais têm que ser recolhidas, armazenadas e transportadas para eliminação.

De seguida, com base nas propostas apresentadas pelas empresas X e Y, procedeu-se à determinação dos custos que seriam associados à suposta implementação de um sistema de recolha selectiva e armazenamento de resíduos sólidos recicláveis durante 2009. Para isso estipulou-se que seria necessário o aluguer mensal de um contentor de 15 a 20 m³ e que a recolha e transporte dos resíduos seria bimensal, já que seu o volume é relativamente pequeno e para além disso são limpos e isentos de qualquer contaminante, não representando perigo significativa a sua acumulação por um período de tempo relativamente longo. Foi ainda calculada a taxa de valorização para cada uma das fracções recolhidas selectivamente. Os dados obtidos estão representados na Tabela 18.

Tabela 18 – Custos e benefícios económicos presumivelmente associados à implementação de um sistema de recolha selectiva de resíduos sólidos recicláveis, durante 2009.

	EMPRESA X	EMPRESA Y
CUSTOS ADICIONAIS		
Aluguer do contentor	960 €	624 €
Recolha e transporte (bimensal)	1080 €	480 €
TOTAL (ANO 2009)	2040 €	1104 €
VALORIZAÇÃO		
Cerâmica	30,94 €	- 63,07 €
Metal	139,68 €	203,70 €
Vidro	2,94 €	0,00 €
Plástico PE	38,10 €	177,80 €
Plástico PET	23,70 €	- 41,87 €
TOTAL (ANO 2009)	235,36 €	276,56 €

Utilizando os dados obtidos na Tabela 17 e 18 foi calculada a viabilidade, do ponto de vista económico, da possível implementação do PIGR com vista à recolha selectiva de resíduos sólidos recicláveis, durante 2009, através da seguinte fórmula:

Viabilidade do PIGR = Total Valorização 2009 (€) + Poupança (€) – Total Custos Adicionais 2009 (€)

Viabilidade do PIGR (empresa X) = 235,36 € + 378,42 € – 2040 € = - 1426,22 €

Viabilidade do PIGR (empresa Y) = 276,56 € + 378,42 € – 1104 € = - 449,02 €

O facto de o valor obtido ser negativo (-) significa que o PIGR não é viável, ou seja, se a recolha selectiva de resíduos sólidos recicláveis tivesse sido posta em marcha durante o ano de 2009 ter-se-ia gasto mais 1426,22 € (optando pela empresa X) ou mais 449,02 € (optando pela empresa Y) com o tratamento/eliminação dos resíduos produzidos, o que não vai ao encontro dos objectivos propostos, apesar de ambientalmente ser positivo.

Através da utilização de uma ferramenta da Microsoft Office Excel 2007 foi possível determinar qual o volume de produção de resíduos que tornaria viável a implementação do PIGR, ou seja, a quantidade de resíduos produzidos a partir da qual a viabilidade do PIGR passa a ser 0. Assim sendo, utilizando as condições de serviço proporcionadas pela empresa X, o PIGR seria viável se a produção de resíduos durante 2009 tivesse sido de 707.230,6 kg, ou seja, mais 332,91 %, enquanto que se fossem utilizadas as condições de serviço fornecidas pela empresa Y, o PIGR seria viável se a produção de resíduos durante 2009 tivesse sido de 357.651,3 kg, ou seja, mais 168,35 %.

Dado que a recolha selectiva e tratamento de resíduos sólidos recicláveis não era viável do ponto de vista económico não se concluiu a sua implementação.

Posteriormente procedeu-se à determinação da viabilidade do PIGR com base nos dados recolhidos durante a fase 2 de quantificação de resíduos, ou seja, foi determinada a viabilidade da recolha selectiva de resíduos orgânicos. Para isso, optou-se novamente pela divisão em três etapas, à semelhança do que tinha sido feito para a recolha selectiva de resíduos sólidos recicláveis: extrapolação dos dados obtidos para 2009, solicitação de propostas a empresas privadas e, com base nos dados extrapolados e nas propostas recebidas, determinação da viabilidade do PIGR do ponto de vista económico para 2009.

Como referido anteriormente, durante o ano de 2009, na empresa de catering de aviação, a produção total de resíduos, com a excepção do papel e cartão, foi de 212440 kg (212,44 Ton.) e o sistema de funcionamento da unidade é baseado em ciclos, que se repetem semanalmente. Com base nisto e utilizando os dados recolhidos durante a fase 2 de quantificação (Tabela 12) foi extrapolada a quantidade em Kg de resíduos orgânicos produzidos durante 2009, cuja os resultados estão demonstrados na Tabela 19.

Tabela 19 – Extrapolação das quantidades referentes aos resíduos orgânicos produzidos durante 2009.

SECÇÃO / CATEGORIA	%	TOTAL ANO 2009	
		Kg	Ton.
Vegetais – Res. Orgânicos	2,47 %	5247,3	5,25
Peixaria – Res. Orgânicos	3,23 %	6861,8	6,86
Talho – Res. Orgânicos	0,71 %	1508,3	1,51
Cozinha-Quente – Res. Orgânicos	5,66 %	12.024,1	12,02
Cozinha-Fria – Res. Orgânicos	5,81 %	12.342,8	12,34
Retalho – Res. Orgânicos	4,65 %	9878,5	9,88
Total Resíduos Orgânicos	22,53 %	47.862,8	47,86

Com estes dados foi construída a Tabela 20 onde podemos observar de forma sucinta o total de resíduos produzidos durante 2009, bem como, qual a fracção destes que corresponde aos resíduos orgânicos e não orgânicos.

Tabela 20 – Total de resíduos e extrapolação do total de resíduos orgânicos e resíduos não orgânicos produzidos em 2009.

TOTAL RESÍDUOS 2009		TOTAL RESÍDUOS ORGÂNICOS 2009		TOTAL RESÍDUOS NÃO ORGÂNICOS 2009	
Kg	Ton.	Kg	Ton.	Kg	Ton.
212.440	212,44	47.862,8	47,86	164.577,2	164,58

No seguimento da implementação do PIGR foram pesquisadas algumas propostas, e foi encontrado um “programa” de recolha selectiva de matéria orgânica fornecido por uma empresa W, no qual a empresa se propõe efectuar a recolha de resíduos orgânicos nas instalações da empresa de forma gratuita, sendo que as recolhas se efectuem diariamente, à excepção do domingo. A empresa W fornece, ainda, o contentor de armazenamento gratuitamente. Em contrapartida, a empresa de catering concede os seus resíduos orgânicos livres de quaisquer contaminantes, sendo que qualquer benefício económico proveniente da respectiva valorização irá para a empresa W. A principal vantagem para a empresa de catering

reside no facto de uma quantidade substancial dos seus resíduos (22,53 %) não ser encaminhada para incineração, logo não acarretar custos com o seu tratamento.

Na Tabela 21 estão demonstrados os presumíveis custos com a eliminação da totalidade dos resíduos e com a sua eliminação após se retirar a fracção orgânica, durante 2009.

Tabela 21 – Comparação dos custos presumíveis com a eliminação de resíduos recolhidos de forma indiferenciada e após a remoção da fracção orgânica, durante 2009.

CUSTO TOTAL ELIMINAÇÃO RESÍDUOS	CUSTO TOTAL ELIMINAÇÃO RESÍDUOS NÃO ORGÂNICOS	POUPANÇA
11.259,32 €	8.722,74 €	2.536,58 €

A diferença entre os dois (poupança) indica o valor que seria possível economizar com a eliminação de resíduos, se em 2009, se tivesse implementado a recolha selectiva de resíduos orgânicos.

A viabilidade do PIGR do ponto de vista económico calcula-se utilizando a mesma fórmula descrita anteriormente, sendo que os custos adicionais, bem como, as taxas de valorização de resíduos orgânicos resultantes da aplicação do “programa” proposto pela empresa W são de 0 (zero) €.

Viabilidade do PIGR = Total Valorização 2009 (€) + Poupança (€) – Total Custos Adicionais 2009 (€)

$$\text{Viabilidade do PIGR (empresa W)} = 0 \text{ €} + 2.536,58 \text{ €} - 0 \text{ €} = + 2.536,58 \text{ €}$$

Como seria de esperar, o valor obtido através do cálculo da viabilidade é positivo, ou seja, do ponto de vista económico seria rentável a separação e recolha diferenciada de resíduos orgânicos durante 2009. Embora não houvesse qualquer retorno financeiro com a valorização dos mesmos, caso tivesse sido implementado o “programa” proposto pela empresa W, os custos com o tratamento dos resíduos produzidos seriam reduzidos em 2.536,19 €. Do ponto de vista ambiental o saldo também seria positivo uma vez que se reduzia a quantidade de resíduos encaminhados para incineração.

4.1.9. Aplicação Prática do Plano Interno de Gestão de Resíduos

O PIGR culmina com a sua aplicação em termos práticos, pelo que devem ser definidas as várias questões operacionais que permitam a sua aplicação de forma eficiente. Contudo, no projecto com vista à implementação do PIGR desenvolvido ao longo do estágio curricular, esta etapa não foi abordada, no entanto, para concluir o presente trabalho irão ser descritas de forma resumida algumas das questões operacionais a ter em conta na sua aplicação.

Inicialmente deve ser nomeado um responsável pelo plano, o qual deve avaliar as necessidades de formação, de equipamentos, monitorizar todos os procedimentos (pelo menos numa fase inicial), propor alterações ao plano e definir alternativas em caso de situações anormais.

Para facilitar a separação e recolha das várias categorias de resíduos deve ser atribuído um código de cores, sendo que cada posto de recolha deve estar identificado com a cor do resíduo aí produzido.

O número e local dos postos de recolha devem ser seleccionados consoante o tipo e quantidade de resíduos produzidos e, tendo ainda em conta a especificidade das instalações, estes devem ser colocados de modo a não perturbar o normal funcionamento da unidade.

A recolha dos resíduos dentro das instalações deve ser efectuada, de preferência, durante os períodos de menor actividade, sendo que esta tarefa deve ser levada a cabo pelo trabalhador responsável pela limpeza.

A limpeza dos postos de recolha deve ser efectuada com a frequência pré-estabelecida ou sempre que necessário, atendendo a que estes prazos não devem ser longos.

Os resíduos deverão ser armazenados em local apropriado utilizando contentores adaptados ao resíduo em questão. A periodicidade do transporte para tratamento ou eliminação dos resíduos deve ser definido em função das suas quantidades e características.

Uma vez que a recolha selectiva de resíduos envolve a sensibilização e empenho de todos os trabalhadores da unidade, deve ser elaborado um plano de formação de modo a habilitar todos os funcionários para esta tarefa. De acordo com as conclusões obtidas por Zarate, Slotnick & Ramos (2008) esta breve formação é fundamental para o sucesso prático do projecto. Esta deve complementar uma pequena sensibilização ambiental e alguns princípios básicos, tais como, o código de cores, quais as categorias de resíduos e a importância da sua correcta separação para o sucesso do plano.

V. Conclusão

A gestão de resíduos por parte de uma empresa de catering constitui um factor determinante para o seu correcto funcionamento. A implementação de um PIGR permite não só demonstrar um bom desempenho do ponto de vista ambiental como também auxiliar na manutenção da segurança e qualidade dos alimentos produzidos.

Na empresa de catering de aviação onde se realizou o estudo, os resíduos produzidos são extremamente diversificados, no entanto podem ser agrupados em quatro grandes categorias: indiferenciados (produção) (60,83%), orgânicos (22,53%), indiferenciados (aviação) (13,28%) e sólidos recicláveis (3,36%). Como foi possível constatar, em certas situações, a recolha selectiva de determinadas categorias de resíduos e o seu encaminhamento para valorização nem sempre é viável do ponto de vista económico, constituindo um grande factor de desincentivo à implementação de programas de gestão de resíduos com vista a melhorias tanto a nível interno como externo. Contudo, nas situações em que é viável, a implementação de um PIGR permite reduzir consideravelmente os custos relacionados com o tratamento dos resíduos e conseqüentemente diminuir os seus impactos ambientais associados.

Quando equiparada com outras instituições, a empresa de catering de aviação em estudo apresenta diferenças significativas em relação à composição dos seus resíduos. À semelhança do que ocorre com os resíduos produzidos em habitações familiares, a fracção indiferenciada corresponde à maioria dos resíduos formados, no entanto a fracção relativa aos sólidos recicláveis e aos orgânicos encontra-se invertida, com uma maior percentagem de resíduos orgânicos produzidos na unidade de catering. Quando comparada com a cantina de uma universidade, apesar de a fracção orgânica ser superior à fracção de sólidos recicláveis, à semelhança do que ocorre no catering de aviação, a fracção correspondente aos resíduos indiferenciados é muito inferior na cantina, situação que se deverá principalmente às características internas do catering de aviação que de certa forma moldaram os resultados obtidos.

Ao longo do estudo realizado foi ainda constatado que a opinião dos vários trabalhadores da empresa em relação a implementação de um PIGR era francamente positiva, mesmo que isso levasse a um aumento das suas tarefas e obrigações, o que sugere que a sua implementação em termos práticos seria relativamente simples.

VI. Referências Bibliográficas

- Abbasi, G. Y. & Abbassi, B. E. (2004). Environmental assessment for paper and cardboard industry in Jordan: a cleaner production concept. *Journal of Cleaner Production*, 12, 321–326.
- Abu-Qudais, M. & Abu-Qdais, H. A. (2000). Energy content of municipal solid waste in Jordan and its potential utilization. *Energy Conversion & Management*, 41, 983–991.
- Adi, A.J. & Noor, Z.M. (2009). Waste recycling: utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. *Bioresource Technology*, 100, 1027–1030.
- Alam, R., Chowdhury, M.A.I., Hasan, G.M.J., Karanjit, B. & Shrestha, L.R. (2008). Generation, storage, collection and transportation of municipal solid waste – A case study in the city of Kathmandu, capital of Nepal. *Waste Management*, 28, 1088–1097.
- Al-Khatib, I. A., Monou, M., Zahra, A. S. F. A., Shaheen, H. Q. & Kassinos, D. (2010). Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. A case study: Nablus district – Palestine. *Journal of Environmental Management*, 91, 1131–1138.
- Al-Yaqou, A.F. & Hamoda, M.F. (2003). Evaluation of landfill leachate in arid climate: a case study. *Environment International*, 29, 593–600.
- Arvanitoyannis, I. S. (2008). *Waste Management for the Food Industries*. Burlington: Elsevier.
- Autret, E., Berthier, F., Luszezanec, A. & Nicolas, F. (2007). Incineration of municipal and assimilated wastes in France: Assessment of latest energy and material recovery performances. *Journal of Hazardous Materials*, 139, 569–574.
- Ayalon, O., Becker, N. & Shani, E. (2006). Economic aspects of the rehabilitation of the Hiriya landfill. *Waste Management*, 26, 1313–1323.
- Azapagic, A., Emsley, A. & Hamerton, I. (2003). *Polymers, the Environment and Sustainable Development*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Bari, Q. H. & Koenig, A. (2001). Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 33, 93–111.
- Basegio, T., Leão, A.P. B., Bernardes, A.M. & Bergmann, C.P. (2009). Vitrification: An alternative to minimize environmental impact caused by leather industry wastes. *Journal of Hazardous Materials*, 165, 604–611.
- Bébar, L., Martinák, P., Hájek, J., Stehlík, P., Hajný, Z. & Oral J. (2002). Waste to energy in the field of thermal processing of waste. *Applied Thermal Engineering*, 22, 897–906.
- Belgiorno, V., Feo, G., Rocca, C. D. & Napoli, R.M.A. (2003). Energy from gasification of solid wastes. *Waste Management*, 23, 1–15.

- Bernal, M.P., Alburquerque, J.A. & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100, 5444–5453.
- Bilgili, M. S., Demir, A. & Özkaya, B. (2007). Influence of leachate recirculation on aerobic and anaerobic decomposition of solid wastes. *Journal of Hazardous Materials*, 143, 177–183.
- Bovea, M.D., Powell, J.C., Gallardo, A. & Capuz-Rizo, S.F. (2007). The role played by environmental factors in the integration of a transfer station in a municipal solid waste management system. *Waste Management*, 27, 545–553.
- Buah, W. K., Cunliffe, A. M. & Williams, P. T. (2007). Characterization of products from the pyrolysis of municipal solid waste. *Process Safety and Environmental Protection*, 85, 450–457.
- Calabrò, P. S. (2009). Greenhouse gases emission from municipal waste management: The role of separate collection. *Waste Management*, 29, 2178–2187.
- Casares, M.L., Ulierte, N., Matarán, A., Ramos, A. & Zamorano, M. (2005). Solid industrial wastes and their management in Asegra (Granada, Spain). *Waste Management*, 25, 1075–1082.
- Chaaban, M. A. (2001). Hazardous waste source reduction in materials and processing technologies. *Journal of Materials Processing Technology*, 119, 336–343.
- Colombo, P., Brusatin, G., Bernard, E. & Scarinci, G. (2003). Inertization and reuse of waste materials by vitrification and fabrication of glass-based products. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 7, 225–239.
- Corral-Verdugo, V. (2003). Situational and personal determinants of waste control practices in northern Mexico: a study of reuse and recycling behaviors. *Resources, Conservation and Recycling*, 39, 265–281.
- Decisão da Comissão n°94/3/CE, de 20 de Dezembro. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.° L-005.
- Decisão da Comissão n°94/904/CE, de 22 de Dezembro. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.° L-356.
- Decreto-Lei n.° 111/2001, de 6 de Abril. Diário da República n.°82 – 1ª Série-A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Decreto-Lei n.° 153/2003, de 11 de Julho. Diário da República n.°158 – 1ª Série-A. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente.
- Decreto-Lei n.° 178/2006, de 5 de Setembro. Diário da República n.°171 – 1ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Rural.
- Decreto-Lei n.° 183/2009, de 10 de Agosto. Diário da República n.°153 – 1ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 196/2003, de 23 de Agosto. Diário da República n.º194 – 1ª Série-A. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente.

Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro. Diário da República n.º288 – 1ª Série-A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março. Diário da República n.º51 – 1ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 6/2009, de 6 de Janeiro. Diário da República n.º3 – 1ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 72/2007, de 27 de Março. Diário da República n.º61 – 1ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de Abril. Diário da República n.º82 – 1ª Série-A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Despacho n.º 242/96, de 05 de Julho. Diário da República n.º187 – 2ª Série. Ministério da Saúde – Gabinete da Ministra.

Dijkgraaf, E. & Vollebergh, H. R. J. (2004). Burn or bury? A social cost comparison of final waste disposal methods. *Ecological Economics*, 50, 233–247.

D'Imporzano, G., Crivelli, F. & Adani, F. (2008). Biological compost stability influences odor molecules production measured by electronic nose during food-waste high-rate composting. *Science of the Total Environment*, 402, 278 – 284.

Dincer, F., Odabasi, M. & Muezzinoglu, A. (2006). Chemical characterization of odorous gases at a landfill site by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1122, 222–229.

Duan, H., Huang, Q., Wang, Q., Zhou, B. & Li, J. (2008). Hazardous waste generation and management in China: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 158, 221–227.

Eiselt, H. A. (2007). Locating landfills: Optimization vs. reality. *European Journal of Operational Research*, 179, 1040–1049.

El-Mobaidh, A. M., Taha, M. A. R. & Lassheen, N. K. (2006). Classification of in-flight catering wastes in Egypt air flights and its potential as energy source (chemical approach). *Waste Management*, 26, 587–591.

Espinosa, D. C. R., Bernardes, A. M. & Tenório, J. A. S. (2004). Brazilian policy on battery disposal and its practical effects on battery recycling. *Journal of Power Sources*, 137, 134–139.

Eugénio, T.P. (2004). *Contabilidade e Gestão Ambiental*. Lisboa: Áreas Editora.

Fezzani, B. & Cheikh, R. B. (2010). Two-phase anaerobic co-digestion of olive mill wastes in semi-continuous digesters at mesophilic temperature. *Bioresource Technology*, 101, 1628–1634.

- Finnveden, G., Johansson, J., Lind, P. & Moberg, Å. (2005). Life cycle assessment of energy from solid waste - part 1: general methodology and results. *Journal of Cleaner Production*, 13, 213–229.
- Fischhendler, I. (2007). Escaping the “polluter pays” trap: Financing wastewater treatment on the Tijuana–San Diego border. *Ecological Economics*, 63, 485 – 498.
- Fortelný, I., Michálková, D. & Kruliš, Z. (2004). An efficient method of material recycling of municipal plastic waste. *Polymer Degradation and Stability*, 85, 975-979.
- Fragkou, M. C., Vicent, T. & Gabarrell, X. (2010). A general methodology for calculating the MSW management self-sufficiency indicator: Application to the wider Barcelona area. *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 390–399.
- Franchetti, M. J. (2009). *Solid waste analysis and minimization: a systems approach*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Garg, P., Gupta, A. & Satya, S. (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97, 391–395.
- Glazyrina, I., Glazyrin, V. & Vinnichenko, S. (2006). The polluter pays principle and potential conflicts in society. *Ecological Economics*, 59, 324 – 330.
- Goto, M. (2009). Chemical recycling of plastics using sub- and supercritical fluids. *The Journal of Supercritical Fluids*, 47, 500–507.
- Guardia, A., Mallard, P., Teglia, C., Marin, A., Pape, C., Launay, M., Benoist, J.C. & Petiot, C. (2010). Comparison of five organic wastes regarding their behaviour during composting: Part 1, biodegradability, stabilization kinetics and temperature rise. *Waste Management*, 30, 402–414.
- Guiqina, W., Li, Q., Guoxuea, L. & Lijun, C. (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, 90, 2414–2421.
- Hao, Y., Wu, W., Wu, S., Sun, H. & Chen, Y. (2008). Municipal solid waste decomposition under oversaturated condition in comparison with leachate recirculation. *Process Biochemistry*, 43, 108–112.
- Hester, R. E. & Harrison, R. M. (2002). *Environmental and Health Impact of Solid Waste Management Activities*. Great Britain: Royal Society of Chemistry.
- Jördening, H. & Winter, J. (2005). *Environmental Biotechnology: Concepts and Applications*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Kamavaram, V., Mantha, D. & Reddy, R.G. (2005). Recycling of aluminum metal matrix composite using ionic liquids: Effect of process variables on current efficiency and deposit characteristics. *Electrochimica Acta*, 50, 3286–3295.
- Karagiannidis, A. & Perkoulidis, G. (2009). A multi-criteria ranking of different technologies for the anaerobic digestion for energy recovery of the organic fraction of municipal solid wastes. *Bioresource Technology*, 100, 2355–2360.

Kargi, F. & Pamukoglu, M. Y. (2003). Aerobic biological treatment of pre-treated landfill leachate by fed-batch operation. *Enzyme and Microbial Technology*, 33, 588–595.

Kikuchi, R. & Gerardo, R. (2009). More than a decade of conflict between hazardous waste management and public resistance: A case study of NIMBY syndrome in Souselas (Portugal). *Journal of Hazardous Materials*, 172, 1681–1685.

Koerner, R.M. & Soong, T. Y. (2000). Leachate in landfills: the stability issues. *Geotextiles and Geomembranes*, 18, 293-309.

Kolanowski, B. F. (2008). *Small-scale cogeneration handbook*. (3rd ed.). Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Kolikkathara, N., Feng, H. & Stern, E. (2009). A purview of waste management evolution: special emphasis on USA. *Waste Management*, 29, 974–985.

Kulikowska, D. & Klimiuk, E. (2008). The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Bioresource Technology*, 99, 5981–5985.

Kwon, S. & Lee, D. (2004). Evaluation of Korean food waste composting with fed-batch operations I: using water extractable total organic carbon contents (TOC_w). *Process Biochemistry*, 39, 1183–1194.

Lee, J., Song, H. T. & Yoo, J. (2007). Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, 50, 380–397.

Levy, J. Q. Teles, M. Madeira, L. & Pinela, A. (2002). *O Mercado de Resíduos em Portugal*. Lisboa: AEPSA.

Liang, L., Sun, R., Fei, J., Wu, S., Liu, X., Dai, K. & Yao, N. (2008). Experimental study on effects of moisture content on combustion characteristics of simulated municipal solid wastes in a fixed bed. *Bioresource Technology*, 99, 7238–7246.

Lilja, R. (2009). From waste prevention to promotion of material efficiency: change of discourse in the waste policy of Finland. *Journal of Cleaner Production*, 17, 129–136.

Lim, P., Lim, S., Seng, C. & Noor, A. (2010). Treatment of landfill leachate in sequencing batch reactor supplemented with activated rice husk as adsorbent. *Chemical Engineering Journal*, 159, 123–128.

Lina, C., Huangb, C. & Shern, C. (2008), Recycling waste tire powder for the recovery of oil spills. *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 1162–1166.

Lipor (2009). *Guia para uma Gestão Sustentável dos Resíduos: Edição para Autarcas – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto*. Santa Maria da Feira: Rainho e Neves.

Lu, C., Tseng, H., Wey, M., Chuang, K. & Kuo, J. (2009). Evaluating the potential of CNT-supported Co catalyst used for gas pollution removal in the incineration flue gas. *Journal of Environmental Management*, 90, 1884–1892.

- Luken, R. A. (2009). Equivocating on the polluter-pays principle: The consequences for Pakistan. *Journal of Environmental Management*, 90, 3479–3484.
- Luo, S., Xiao, B., Hu, Z. & Liu, S. (2010). Effect of particle size on pyrolysis of single-component municipal solid waste in fixed bed reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35, 93–97.
- Maczulak, A. (2010). *Waste Treatment: Reducing Global Waste*. New York: Facts On File.
- Martinho, M. G. & Gonçalves, M. G. (2000). *Gestão de Resíduos*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Mazzanti, M. & Zoboli, R. (2008). Waste generation, waste disposal and policy effectiveness: Evidence on decoupling from the European Union. *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 1221–1234.
- Mbuligwe, S. E. & Kassenga, G. R. (2004). Feasibility and strategies for anaerobic digestion of solid waste for energy production in Dar es Salaam city, Tanzania. *Resources, Conservation and Recycling*, 42, 183–203.
- McLeod, F. & Cherrett, T. (2008). Quantifying the transport impacts of domestic waste collection strategies. *Waste Management*, 28, 2271–2278.
- Mehmood, M.K., Adetutu, E., Nedwell, D.B. & Ball, A.S. (2009). In situ microbial treatment of landfill leachate using aerated lagoons. *Bioresource Technology*, 100, 2741–2744.
- Mei, M. & Mauro, M. (2006). Study of some characteristic Mediterranean vegetation species best suited for renaturalization of terminal-phase municipal solid waste (MSW) landfills in Puglia (Southern Italy). *Acta Oeologica*, 30, 78 – 87.
- Merrild, H., Damgaard, A. & Christensen, T. H. (2008). Life cycle assessment of waste paper management: The importance of technology data and system boundaries in assessing recycling and incineration. *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 1391–1398.
- Misgav, A., Perl, N. & Avnimelech, Y. (2001). Selecting a compatible open space use for a close landfill site. *Landscape and Urban Planning*, 55, 95-111.
- Moberg, Á., Finnveden, G., Johansson, J. & Lind, P. (2005). Life cycle assessment of energy from solid waste - part 2: landfilling compared to other treatment methods. *Journal of Cleaner Production*, 13, 231–240.
- Mohee, R. (2005). Medical wastes characterization in healthcare institutions in Mauritius. *Waste Management*, 25, 575–581.
- Musee, N., Lorenzen, L. & Aldrich, C. (2008). New methodology for hazardous waste classification using fuzzy set theory. Part I. Knowledge acquisition. *Journal of Hazardous Materials*, 154, 1040–1051.
- Nag, A. & Vizayakumar, K. (2005). *Environmental Education and Solid Waste Management*. New Delhi: New Age International.

- Nair, J., Sekiozoic, V. & Anda, M. (2006). Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology*, 97, 2091–2095.
- Niu, X. & Li, Y. (2007). Treatment of waste printed wire boards in electronic waste for safe disposal. *Journal of Hazardous Materials*, 145, 410–416.
- Núñez-Regueira, L. N., Proupín-Castiñeiras, J. & Rodríguez-Añón, J.A. (2002). Energy evaluation of forest residues originated from *Eucalyptus globulus* Labill in Galicia. *Bioresource Technology*, 82, 5-13.
- Oliveira, J.F. (2005). *Gestão ambiental*. Lisboa: Lidel.
- Pagans, E., Barrena, R., Font, X. & Sánchez, A. (2006). Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. *Chemosphere*, 62, 1534–1542.
- Phan, A. N., Ryu, C., Sharifi, V. N. & Swithenbank, J. (2008). Characterization of slow pyrolysis products from segregated wastes for energy production. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 81, 65–71.
- Philippe, F. & Culot, M. (2009). Household solid waste generation and characteristics in Cape Haitian city, Republic of Haiti. *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 73–78.
- Phillips, P. S., Pratt, R. M. & Pike, K. (2001). An analysis of UK waste minimization clubs: key requirements for future cost effective developments. *Waste Management*, 21, 389-404.
- Pichtel, J. (2005). *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Pol, E., Masso, A. D., Castrechini, A., Bonet, M. R. & Vidal, T. (2006). Psychological parameters to understand and manage the NIMBY effect. *Revue européenne de psychologie appliquée*, 56, 43–51.
- Portaria n.º209/2004, de 03 de Março. Diário da República n.º53 – 1ª Série-B. Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente.
- Portaria n.º335/97, de 16 de Maio. Diário da República n.º113 – 1ª Série-B. Ministérios da Administração Interna, do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território, da Saúde e do Ambiente.
- Puna, J. F. & Baptista, B. S. (2008). A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos – perspectiva ambiental e económico-energética. *Quim. Nova*, 31. (3), 645-654.
- Regulamento (CE) n° 1774/2002, de 03 de Outubro. Jornal Oficial das Comunidades Europeias L 273 de 10 de Outubro de 2002, PT. Parlamento Europeu e Conselho Europeu. Bruxelas: CE.
- Ritzkowski, M. & Stegmann, R. (2007). Controlling greenhouse gas emissions through landfill in situ aeration. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 1, 281–288.

- Rodríguez, G., Alegre, F. J. & Martínez, G. (2007). The contribution of environmental management systems to the management of construction and demolition waste: The case of the Autonomous Community of Madrid (Spain). *Resources, Conservation and Recycling*, 50, 334–349.
- Schmidt, J. H., Holm, P., Merrild, A. & Christensen, P. (2007). Life cycle assessment of the waste hierarchy – A Danish case study on waste paper. *Waste Management*, 27, 1519–1530.
- Sharma, M. & McBean, E. (2007). A methodology for solid waste characterization based on diminishing marginal returns. *Waste Management*, 27, 337–344.
- Shrestha, S. O. B. & Narayanan, G. (2008). Landfill gas with hydrogen addition: A fuel for SI engines. *Fuel*, 87, 3616–3626.
- Simon, F. & Müller, W. W. (2004). Standard and alternative landfill capping design in Germany. *Environmental Science & Policy*, 7, 277–290.
- Smith, P. G. & Scott, J. S. (2005). *Dictionary of Water and Waste Management*. (2nd ed.). London: IWA Publishing.
- Sponza, D. T. & Ağdağ, O. N. (2004). Impact of leachate recirculation and recirculation volume on stabilization of municipal solid wastes in simulated anaerobic bioreactors. *Process Biochemistry*, 39, 2157–2165.
- Suthar, S. (2007). Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials. *Bioresource Technology*, 98, 1231–1237.
- Taghipour, H. & Mosaferi, M. (2009). Characterization of medical waste from hospitals in Tabriz, Iran. *Science of the Total Environment*, 407, 1527 – 1535.
- Tatsi, A. A. & Zouboulis, A. I. (2002). A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate (Thessaloniki, Greece). *Advances in Environmental Research*, 6, 207-219.
- Tchobanoglous, G. & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. (2nd ed.). USA: McGraw-Hill.
- Tsukada, M., Kawashima, K., Yamada, H., Yao, Y. & Kamiya, H. (2008). Analysis of adhesion behavior of waste combustion ash at high temperatures and its control by the addition of coarse particles. *Powder Technology*, 180, 259–264.
- Vega, C. A., Benítez, S. O. & Barreto, M. E. R. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Management*, 28, 21–26.
- VanGulcka, J. M. & Rowe, R. K. (2004). Evolution of clog formation with time in columns permeated with synthetic landfill leachate. *Journal of Contaminant Hydrology*, 75, 115– 139.
- Vellini, M. & Savioli, M. (2009). Energy and environmental analysis of glass container production and recycling. *Energy*, 34, 2137–2143.
- Waldron, K. (2009). *Handbook of waste management and co-product recovery in food processing*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- Wei, M. & Huang, K. (2001). Recycling and reuse of industrial wastes in Taiwan. *Waste Management*, 21, 93-97.
- Williams, P. T. (2005). *Waste Treatment and Disposal*. (2nd ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- Yu, L., Batlle, F., Carrera, J. & Lloret, A. (2009). Gas flow to a vertical gas extraction well in deformable MSW landfills. *Journal of Hazardous Materials*, 168, 1404–1416.
- Zanetti, M.C. & Genon, G. (1999). Physical properties of industrial wastes: laboratory tests. *Resources, Conservation and Recycling*, 25, 195-213.
- Zarate, M.A., Slotnick, J. & Ramos, M. (2008). Capacity building in rural Guatemala by implementing a solid waste management program. *Waste Management*, 28, 2542–2551.
- Zhang, R., El-Mashad, H. M., Hartman, K., Wang, F., Liu, G., Choate, C. & Gamble, P. (2007). Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 98, 929–935.
- Zhu, N. (2007). Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresource Technology*, 98, 9–13.
- Ziyang, L., Bin, D., Xiaoli, C., Yu, S., Youcai, Z. & Nanwen, Z. (2009a). Characterization of refuse landfill leachates of three different stages in landfill stabilization process. *Journal of Environmental Sciences*, 21, 1309–1314.
- Ziyang, L., Youcai, Z., Tao, Y., Yu, S., Huili, C., Nanwen, Z. & Renhua, H. (2009b). Natural attenuation and characterization of contaminants composition in landfill leachate under different disposing ages. *Science of the Total Environment*, 407, 3385–3391.

VII. Anexos

Anexo 1 – Capítulos da Lista Europeia de Resíduos (Portaria n.º209/2004, de 03 de Março).

- 01** – Resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas.
- 02** – Resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares.
- 03** – Resíduos da transformação de madeira e do fabrico de painéis, mobiliário, pasta para papel, papel e cartão.
- 04** – Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil.
- 05** – Resíduos da refinação de petróleo, da purificação de gás natural e do tratamento pirolítico de carvão.
- 06** – Resíduos de processos químicos inorgânicos.
- 07** – Resíduos de processos químicos orgânicos.
- 08** – Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de impressão.
- 09** – Resíduos da indústria fotográfica.
- 10** – Resíduos de processos térmicos.
- 11** – Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos.
- 12** – Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos.
- 13** – Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (excepto óleos alimentares, 05, 12 e 19).
- 14** – Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores orgânicos (excepto 07 e 08).
- 15** – Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de protecção não anteriormente especificados.
- 16** – Resíduos não especificados em outros capítulos desta lista.
- 17** – Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados).
- 18** – Resíduos da prestação de cuidados de saúde a seres humanos ou animais e ou investigação relacionada (excepto resíduos de cozinha e restauração não provenientes directamente da prestação de cuidados de saúde).
- 19** – Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e água para consumo industrial.
- 20** – Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as fracções recolhidas selectivamente.

Anexo 2 – Características de perigo (hazard) atribuíveis aos resíduos (Portaria n.º209/2004, de 03 de Março).

H1 «Explosivos» – substâncias e preparações que possam explodir sob o efeito de uma chama ou que sejam mais sensíveis aos choques e aos atritos que o dinitrobenzeno.

H2 «Combustíveis» – substâncias e preparações que, em contacto com outras substâncias, nomeadamente com substâncias inflamáveis, apresentam uma reacção fortemente exotérmica.

H3-A «Facilmente inflamável» – substâncias e preparações:

- Em estado líquido, cujo ponto de inflamação seja inferior a 21°C (incluindo os líquidos extremamente inflamáveis); ou
- Que possam aquecer e inflamar-se ao ar, a uma temperatura normal, sem contributo de energia externa; ou
- Sólidas que possam inflamar-se facilmente por uma breve acção de uma fonte de inflamação e que continuem a arder ou a consumir-se depois de afastada essa fonte; ou
- Gasosas que sejam inflamáveis ao ar a uma pressão normal; ou
- Que em contacto com a água ou o ar húmido desenvolvam gases facilmente inflamáveis em quantidades perigosas.

H3-B «Inflamáveis» – substâncias e preparações líquidas cujo ponto de inflamação seja igual ou superior a 21°C e inferior ou igual a 55°C.

H4 «Irritantes» – substâncias e preparações não corrosivas que por contacto imediato, prolongado ou repetido com a pele ou as mucosas possam provocar uma reacção inflamatória.

H5 «Nocivos» – substâncias e preparações cuja inalação, ingestão ou penetração cutânea possam ocasionar efeitos de gravidade limitada.

H6 «Tóxicos» – substâncias e preparações cuja inalação, ingestão ou penetração cutânea possam acarretar riscos graves, agudos ou crónicos e inclusivamente a morte (incluindo as substâncias e preparações muito tóxicas).

H7 «Cancerígenos» – substâncias e preparações cuja inalação, ingestão ou penetração cutânea possam provocar o cancro ou aumentar a sua frequência.

H8 «Corrosivos» – substâncias e preparações que, em contacto com tecidos vivos, possam exercer uma acção destrutiva sobre estes últimos.

H9 «Infecciosos» – matérias que contenham microrganismos viáveis ou suas toxinas, em relação aos quais se saiba ou haja boas razões para crer que causam doenças no Homem ou noutros organismos vivos.

H10 «Tóxicos para a reprodução» – substâncias e preparações cujas inalação, ingestão ou penetração cutânea possam induzir deformações congénitas não hereditárias ou aumentar a respectiva frequência.

H11 «Mutagénicos» – substâncias e preparações cujas inalação, ingestão ou penetração cutânea possam provocar defeitos genéticos hereditários ou aumentar a respectiva frequência.

H12 – Substâncias e preparações que em contacto com a água, o ar ou um ácido libertem gases tóxicos ou muito tóxicos.

H13 – Substâncias susceptíveis de, após eliminação, darem origem, por qualquer meio, a uma outra substância, por exemplo um produto de lixiviação que possua uma das características atrás enumeradas.

H14 «Ecotóxicos» – substâncias e preparações que apresentem ou possam apresentar riscos imediatos ou diferidos para um ou vários sectores do ambiente.

Anexo 3 – Operações de eliminação (disposal) e valorização (recovery) dos resíduos (Portaria n.º209/2004, de 03 de Março).

- D1** – Deposição sobre o solo ou no seu interior (por exemplo, aterro sanitário, etc.).
 - D2** – Tratamento no solo (por exemplo, biodegradação de efluentes líquidos ou de lamas de depuração nos solos, etc.).
 - D3** – Injecção em profundidade (por exemplo, injecção de resíduos por bombagem em poços, cúpulas salinas ou depósitos naturais, etc.).
 - D4** – Lagunagem (por exemplo, descarga de resíduos líquidos ou de lamas de depuração em poços, lagos naturais ou artificiais, etc.).
 - D5** – Depósitos subterrâneos especialmente concebidos (por exemplo, deposição em alinhamentos de células que são seladas e isoladas umas das outras e do ambiente, etc.).
 - D6** – Descarga para massas de águas, com excepção dos mares e dos oceanos.
 - D7** – Descarga para os mares e ou oceanos, incluindo inserção nos fundos marinhos.
 - D8** – Tratamento biológico não especificado em qualquer outra parte do presente Anexo que produz compostos ou misturas finais que são rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D1 a D12.
 - D9** – Tratamento físico-químico não especificado em qualquer outra parte do presente Anexo que produz compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D1 a D12 (por exemplo, evaporação, secagem, calcinação, etc.).
 - D10** – Incineração em terra.
 - D11** – Incineração no mar.
 - D12** – Armazenagem permanente (por exemplo, armazenagem de contentores numa mina, etc.).
 - D13** – Mistura anterior à execução de uma das operações enumeradas de D1 a D12.
 - D14** – Reembalagem anterior a uma das operações enumeradas de D1 a D13.
 - D15** – Armazenagem enquanto se aguarda a execução de uma das operações enumeradas de D1 a D14 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efectuada).
-
- R1** – Utilização principal como combustível ou outros meios de produção de energia.
 - R2** – Recuperação/regeneração de solventes.
 - R3** – Reciclagem/recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solventes (incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas).
 - R4** – Reciclagem/recuperação de metais e de ligas.
 - R5** – Reciclagem/recuperação de outras matérias inorgânicas.
 - R6** – Regeneração de ácidos ou de bases.
 - R7** – Recuperação de produtos utilizados na luta contra a poluição.
 - R8** – Recuperação de componentes de catalisadores.
 - R9** – Refinação de óleos e outras reutilizações de óleos.
 - R10** – Tratamento no solo em benefício da agricultura ou para melhorar o ambiente.
 - R11** – Utilização de resíduos obtidos em virtude das operações enumeradas de R1 a R10.
 - R12** – Troca de resíduos com vista a submetê-los a uma das operações enumeradas de R1 a R11.
 - R13** – Acumulação de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R1 a R12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efectuada).

Anexo 4 – Produção de resíduos de papel e cartão na empresa de catering de aviação, durante o ano de 2009 (fonte: dados em arquivo da empresa).

DATA	Kg	DATA	Kg	DATA	Kg	DATA	Kg
08-Jan	1240	06-Abr	1070	07-Jul	1180	12-Out	1500
22-Jan	1690	15-Abr	1210	21-Jul	1020	20-Out	700
06-Fev	1450	29-Abr	1020	04-Ago	1290	27-Out	600
19-Fev	1330	12-Mai	1140	18-Ago	1230	09-Nov	960
05-Mar	1010	27-Mai	1050	02-Set	1100	27-Nov	1290
19-Mar	990	09-Jun	810	15-Set	1000	09-Dez	940
03-Abr	1060	23-Jun	870	28-Set	1000	23-Dez	1200

TOTAL ANO 2009		MÉDIA MÊS	
Kg	Toneladas	Kg	Toneladas
30950	30.95	2579.17	2.58

Anexo 5 – Produção total de resíduos, com exceção do papel e cartão, da empresa de catering de aviação, durante o ano de 2009 (fonte: dados em arquivo da empresa).

DATA	Kg	DATA	Kg	DATA	Kg	DATA	Kg
06-Jan	2300	08-Abr	4460	07-Jul	3860	06-Out	4380
13-Jan	4240	15-Abr	4120	14-Jul	4220	13-Out	4480
20-Jan	4620	22-Abr	4900	21-Jul	4140	20-Out	3360
28-Jan	4960	29-Abr	4200	28-Jul	4540	27-Out	3880
05-Fev	4840	06-Mai	4200	04-Ago	4860	03-Nov	3760
13-Fev	4300	13-Mai	4360	11-Ago	4220	06-Nov	1500
19-Fev	3360	20-Mai	4460	18-Ago	4920	12-Nov	3120
26-Fev	4740	27-Mai	4160	25-Ago	4180	19-Nov	3040
05-Mar	4080	02-Jun	3400	01-Set	4060	26-Nov	3140
12-Mar	3780	09-Jun	4540	08-Set	4100	02-Dez	2840
19-Mar	4380	16-Jun	3560	15-Set	4860	15-Dez	6240
26-Mar	4160	23-Jun	4160	22-Set	4100	23-Dez	4800
01-Abr	4180	30-Jun	4440	28-Set	3880	30-Dez	3060

TOTAL ANO 2009		MÉDIA MÊS	
Kg	Toneladas	Kg	Toneladas
212440	212.44	17703.33	17.70