



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

Desenvolvimento e Aplicação de um Protótipo para o Tratamento de Resíduos de Cortantes e Perfurantes

Carlos Filipe Osório Vasconcelos de Oliva Teles

Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores pela
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial
dos requisitos do grau de mestre em
Inovação e Empreendedorismo Tecnológico

Dissertação realizada sob a supervisão de
Prof. José Tinoco Cavalheiro
do Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto
Setembro 2010

Resumo

Os resíduos hospitalares constituem um provável e sério risco para profissionais de saúde, utentes e público em geral, podendo causar infecções e ameaçar a própria vida [A. Prüss 1999; Blenkharn and Odd 2008]. Para minimizar este risco torna-se necessário controlar e gerir a sua produção e o seu adequado tratamento [A. Prüss 1999; Abdulla et al. 2008; Chaerul et al. 2008; Yong et al. 2009; Zhao et al. 2009]. Incluídos nos resíduos hospitalares encontramos os resíduos provenientes de materiais cortantes e perfurantes, que em Portugal se encontram classificados no Grupo IV.

Com este estudo pretendeu-se em primeiro lugar desenvolver um protótipo existente na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para efectuar o tratamento de cortantes e perfurantes. O objectivo do desenvolvimento foi aumentar a capacidade de tratamento do protótipo e assegurar o tratamento de todas as emissões gasosas produzidas no processo, tendo-se ainda caracterizado a fase de arranque em termos de tempo e temperaturas. O método utilizado foi baseado em ensaios laboratoriais.

Em segundo lugar e aproveitando as características do protótipo propícias à sua utilização próximo dos produtores de resíduos, permitindo uma configuração descentralizada do sistema de tratamento, efectuou-se um estudo de dispersão das unidades de prestação de cuidados de saúde existentes em Portugal para saber se os custos de transporte num sistema descentralizado são inferiores aos existentes num sistema centralizado de tratamento de resíduos. O método utilizado foi baseado em simulações por computador.

Os resultados obtidos indicam que, ao nível do desenvolvimento do protótipo, a utilização de um alimentador assegura o aumento da produtividade do protótipo, passando o tempo médio de tratamento por embalagem de 8 para 5 minutos e que a alteração do circuito exterior de ar e da bomba de vácuo asseguram a correcta exaustão do ar produzido no interior do protótipo.

Ao nível de custos de transporte verificou-se que um sistema descentralizado apresenta custos de transporte inferiores ao de um sistema centralizado, podendo a redução chegar a 87,7% numa zona de elevada concentração de unidades de prestação de cuidados de saúde.

Abstract

Medical waste is a likely and serious risk to health professionals, patients and the general public, that may cause infections and threaten life itself [A. Prüss 1999; Blenkarn and Odd 2008]. To minimize this risk it becomes necessary to control and manage medical waste production and its appropriate treatment [A. Prüss 1999; Abdulla, Abu Qdais and Rabi 2008; Chaerul, Tanaka and Shekdar 2008; Yong, Gang, Guanxing, Tao and Dawei 2009; Zhao, Van Der Voet, Huppés and Zhang 2009]. Medical waste includes sharps waste that according to the Portuguese medical waste classification are classified in Group IV.

This study aimed in first place to develop a prototype, working in the Faculty of Engineering of Porto University, that performs the treatment of sharps waste. The objective was to increase the treatment capacity of the prototype and ensure the treatment of all gases emission produced in the treatment process. A time and temperature prototype start characterization was also done. The method used was based in laboratory tests.

Secondly, taking advantage of the favorable characteristics of the prototype to install it next to the producers of sharps waste, allowing a decentralized treatment system configuration, we conducted a dispersion study of health care unit providers in Portugal to know if the transport costs in a decentralized waste treatment system are lower than the ones we have in a centralized waste treatment system. The method used was based in software simulations.

The results indicate that using a feeder in the prototype we ensure an increased productivity by reducing the treatment time per containers from 8 to 5 minutes and that changing the external air circuit and vacuum pump we ensure a proper air exhaustion from inside the prototype.

In terms of transport costs it was found that the decentralized system has lower transport costs compared to the centralized system. In a high concentration area of health care unit providers the transport costs reduction may reach 87,7 %.

Em memória da minha Mãe

Ao meu Pai

À minha esposa Lisete

Às minhas filhas Alexandra Sofia e Ana Carolina

A todos os que desejam Paz e Bem

Agradecimentos

Começo por agradecer ao meu orientador, o Prof. José Tinoco Cavalheiro, pela orientação dada durante o trabalho e pelas ideias sugeridas para a resolução dos problemas que íamos encontrando.

Ao Sr. Ramiro do Departamento de Metalurgia e Materiais da Faculdade de Engenharia, pela simpatia, disponibilidade e espírito de cooperação que demonstrava.

À SUCH pela disponibilidade em cooperar com a realização deste trabalho e ao Eng.º Magalhães pela sua disponibilidade e pela forma com que ajudou a elaborar esta dissertação.

Aos meus professores, por me terem proporcionado a formação necessária para a realização desta dissertação.

Aos meus colegas e amigos, por proporcionarem momentos de alegria e descontração.

À minha família pelo suporte insubstituível.

Índice

Índice de Tabelas	vii
Índice de Figuras	viii
Abreviaturas.....	ix
1 Introdução.....	1
2 Tratamento de resíduos hospitalares	5
2.1 Definição e classificação de resíduos hospitalares	5
2.2 A gestão de resíduos hospitalares em Portugal.....	10
2.2.1 Produtores e produção de Resíduos Hospitalares.....	14
2.2.2 Operadores e instalações de gestão de resíduos hospitalares	18
3 Tecnologias de tratamento de resíduos hospitalares perigosos	22
3.1 Autoclavagem	24
3.2 Incineração.....	26
3.3 Desinfecção química.....	29
3.4 Desinfecção por microondas.....	31
3.5 Comparação das diferentes tecnologias	33
4 Protótipo.....	37
5 Metodologia do trabalho de investigação.....	40
5.1 Ensaios de laboratório.....	40
5.1.1 Caracterizar a fase de aquecimento do protótipo.....	41
5.1.2 Identificação de condicionantes na utilização do protótipo.....	41
5.1.3 Validação de melhorias	42
5.2 Estudo de dispersão	44
6 Resultados obtidos e discussão	47
6.1 Resultados das observações do Protótipo	47
6.2 Resultados das medições	49
6.2.1 Medições na fase de arranque.....	49
6.2.2 Medições de validação do alimentador	50
6.2.3 Resultados do estudo de dispersão	51
7 Conclusões e sugestões	59
Referências bibliográficas	61

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Códigos da LER mais relevantes para a classificação dos RH.....	8
Tabela 2 - Tabela com a correspondência entre os grupos de RH e os códigos da LER	10
Tabela 3 – Eixos estratégicos do PERH 2010-2016.....	11
Tabela 4 – Códigos de actividade económica dos produtores de RH	15
Tabela 5 – Número de UPCS em Portugal	15
Tabela 6 – Produção estimada de RH, por grupos.....	15
Tabela 7 – Produção de resíduos do grupo IV, por região	18
Tabela 8 – Comparação do desempenho de diferentes tecnologias na destruição de materiais cortantes e perfurantes	33
Tabela 9 – Comparação de custos para diferentes tecnologias de tratamento de RH	35
Tabela 10 – Resumo de vantagens e desvantagens das tecnologias de tratamento dos RH	36
Tabela 11 – Condicionantes na utilização do protótipo	48
Tabela 12 – Resultado da alteração do circuito exterior	48
Tabela 13 – Evolução do estado da fusão sem alimentador	50
Tabela 14 – Evolução do estado da fusão com alimentador	51
Tabela 15 – Concentração de UPCS por Distrito	52
Tabela 16 – Percursos e custos mensais para recolha de resíduos nas zonas do Porto e Bragança com sistema descentralizado	57
Tabela 17 - Percursos e custos mensais para recolha de resíduos nas zonas do Porto e Bragança com sistema centralizado.....	58

Índice de Figuras

Figura 1 – Classificação dos RH por grupos	7
Figura 2 – Etapas do processo de gestão de RH.....	13
Figura 3 – Distribuição da percentagem de RH produzidos, por grupos	17
Figura 4 – Distribuição da percentagem de resíduos do grupo IV produzidos, por UPCS	17
Figura 5 – Localização de instalações para gestão dos RH em Portugal	20
Figura 6 – Esquema de um sistema de autoclavagem	25
Figura 7 – Exemplo de um autoclave	25
Figura 8 – Exemplo de uma incineradora.....	26
Figura 9 – Esquema de um sistema de incineração	28
Figura 10 – Esquema da desinfecção química.....	31
Figura 11 – Esquema da desinfecção por microondas	32
Figura 12 – Imagem do Protótipo.....	37
Figura 13 – Tampa da entrada de resíduos e a ligação para saída do ar interior.....	37
Figura 14 – Interior do forno com o cone de descontaminação	37
Figura 15 – Esquema do tratamento efectuado com o protótipo.....	38
Figura 16 – Saída com o tubo de encapsulamento	38
Figura 17 – Desenho do protótipo	39
Figura 18 – Contentores utilizados nos ensaios.....	40
Figura 19 – Pontos de medição da temperatura.....	41
Figura 20 – Alimentador do protótipo.....	42
Figura 21 – Novo circuito de ar exterior	43
Figura 22 – Resíduos sólidos no interior do protótipo	47
Figura 23 – Gráfico temperatura vs tempo na fase de arranque do protótipo.....	48
Figura 24 – Mapa com a concentração de UPCS por distrito	52
Figura 25 – Concentração de UPCS no distrito do Porto	53
Figura 26 – Concentração de UPCS na cidade do Porto e seus arredores.....	54
Figura 27 – Local seleccionado na cidade do Porto	54
Figura 28 – Zona de influência na cidade do Porto	55
Figura 29 – Zona de influência no distrito de Bragança.....	56

Abreviaturas

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CAE Rev.3 – Classificação das Actividades Económicas – Revisão 3

DEMM – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

DGS – Direcção-Geral da Saúde

DGV – Direcção-Geral de Veterinária

FEP – Faculdade de Economia da Universidade do Porto

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FLUP – Faculdade de Letras da Universidade do Porto

FMUP – Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

HCWH – Health Care Without Harm

IR – Infrared

MAOTDR – Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

MS – Ministério da Saúde

OMS – Organização Mundial da Saúde

RH – Resíduos Hospitalares

SNS – Serviços Nacional de Saúde

t – Tonelada

UHF – Ultra High Frequency

UP – Universidade do Porto

UPCS – Unidade de Prestação de Cuidados de Saúde

USC – United States Congress

1 Introdução

No processo de cuidados de saúde prestados pelas diferentes unidades existentes para o efeito, são produzidas grandes quantidades de resíduos a que vulgarmente se designa resíduos hospitalares (RH). Em Portugal registou-se em 2005 a produção de perto de 55 mil toneladas de RH [DGS 2006]. No futuro prevê-se que estes valores aumentem, devido ao facto de assistirmos ao incremento da população, da quantidade e da dimensão das unidades de prestação de cuidados de saúde (UPCS) bem como ao aumento dos produtos médicos descartáveis [Mohee 2005].

Estes resíduos podem comportar em si diferentes riscos para o ambiente e para a saúde pública. Os RH, criados inevitavelmente pelos serviços de cuidados de saúde a pessoas ou animais, acarretam eles próprios um provável e sério risco de poderem infectar as pessoas, ameaçando a sua própria vida [A. Prüss 1999; Blenkarn and Odd 2008]. Como resultado surge a necessidade de controlar e gerir a sua produção e o seu adequado tratamento de forma a minimizar estes riscos. A ineficiente gestão dos resíduos pode levar à poluição ambiental, a originar cheiros desagradáveis, pode fomentar o aparecimento e desenvolvimento de insectos, roedores e parasitas, e pode originar a transmissão de doenças [A. Prüss 1999; Abdulla, Abu Qdais and Rabi 2008; Chaerul, Tanaka and Shekdar 2008; Yong, Gang, Guanxing, Tao and Dawei 2009; Zhao, Van Der Voet, Huppes and Zhang 2009]. Este é um campo sensível à opinião pública podendo, em caso de os RH não serem devidamente geridos, originar relações adversas com a comunidade [Studnicki 1992].

Uma das etapas que deve estar contemplada na gestão de RH é a existência de uma triagem apropriada [Chaerul, Tanaka and Shekdar 2008]. Desta forma os resíduos poderão ser encaminhados para diferentes tipos de tratamento de acordo com o seu potencial de risco. A definição de resíduos infectados originados pelas actividades hospitalares difere de país para país [Chaerul, Tanaka and Shekdar 2008]. Em Portugal existe legislação sobre o assunto que agrupa os resíduos em quatro grupos de acordo com o seu potencial de risco sendo os grupos designados por grupo I, grupo II, grupo III e grupo IV. Os resíduos considerados de risco são agrupados no grupo III e no grupo IV, sendo o caso particular dos cortantes e perfurantes incluídos no grupo IV [Saúde 1996].

Os cortantes e perfurantes, sendo um caso específico de RH, podem considerar-se como apresentando um risco potencial acrescido devido às suas características físicas. Um estudo realizado no Reino Unido chegou à conclusão que os cortantes e perfurantes são a principal causa de lesões nas pessoas que trabalham com RH, havendo uma ocorrência por cada 29000 horas de trabalho [Blenkarn and Odd 2008]. As lesões provocadas por

cortantes e perfurantes contaminadas com sangue são consideradas como causa de transmissão de doenças [Abdulla, Abu Qdais and Rabi 2008].

Uma vez efectuada a triagem torna-se necessário efectuar o tratamento dos RH conforme o seu grau de risco. Algumas das tecnologias que podem ser utilizadas para efectuar o tratamento dos RH infectados são identificadas como sendo a incineração, a desinfecção química, o tratamento térmico, que poderá ser com vapor e de que é exemplo a autoclavagem ou seco, e a radiação por micro-ondas [A. Prüss 1999; Chaerul, Tanaka and Shekdar 2008; Zhao, Van Der Voet, Huppel and Zhang 2009]. A incineração é uma das tecnologias mais populares em todos os países [A. Prüss 1999; Chaerul, Tanaka and Shekdar 2008; L. F. Diaz 2005; Lee et al. 2004; Park and Jeong 2001]. Apesar de ser a tecnologia mais adoptada, a incineração tem vindo a ser alvo de algumas críticas nos últimos anos [Yong, Gang, Guanxing, Tao and Dawei 2009].

A eficácia destas tecnologias no tratamento dos RH depende do tipo de tratamento pretendido, se desinfecção ou esterilização, e da categoria dos RH: agulhas e resíduos infecciosos, resíduos farmacêuticos, resíduos citotóxicos, resíduos químicos, resíduos com um elevado conteúdo de metais-pesados, contentores pressurizados ou resíduos radioactivos. Para o caso das agulhas e resíduos infecciosos praticamente todas estas tecnologias são adequadas para o seu tratamento, sendo apenas necessária a desinfecção. Quando temos resíduos provenientes de culturas de agentes infecciosos originados em trabalhos laboratoriais passamos a ter o único caso com necessidade de efectuar uma esterilização [P. Layne 1988].

Um aspecto importante na selecção de qualquer tecnologia para o tratamento de RH é o custo associado à sua utilização. Para uma mesma tecnologia pode-se considerar que o custo é variável, nomeadamente em função da capacidade e da automação incorporada. Os custos de utilização ou custos do ciclo de vida de uma dada tecnologia podem-se dividir em dois grupos [A. Prüss 1999]:

- Um primeiro grupo referente aos custos de investimento necessário na fase inicial de aquisição;
- Um segundo grupo referente aos custos operacionais onde se podem incluir os custos de operação e manutenção.

Em termos de custos de investimento temos a tecnologia de micro-ondas como sendo tendencialmente a mais cara e a desinfecção química como sendo tendencialmente a mais barata, havendo algumas tecnologias, como é o caso da incineração, com custos de investimento muito variável; em termos de custos operacionais a tecnologia tendencialmente mais barata é a desinfecção química e a que apresenta uma tendência mais cara é o tratamento térmico [A. Prüss 1999].

Para além dos custos reduzidos, sejam eles económicos ou de outra ordem, é absolutamente necessário que a tecnologia assegure um tratamento eficaz. A escolha final do sistema de tratamento deve por isso obedecer a critérios que assegurem que a

sua selecção seja efectuada de uma forma cuidadosa, tendo por base diversos factores, muitos deles condicionados localmente [A. Prüss 1999].

Com este estudo pretendemos em primeiro lugar desenvolver um protótipo existente na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) para o tratamento de resíduos provenientes de materiais cortantes e perfurantes. Pretendemos comprovar que com a introdução de um alimentador no protótipo a sua produtividade aumenta em termos de tempo médio de tratamento por embalagem tratada. Depois pretendemos comprovar que com a alteração do circuito externo de ar e com a utilização de uma bomba de vácuo se consegue efectuar a correcta exaustão do ar interior produzido no processo de tratamento e deste modo assegurar o seu tratamento através de um agente químico. Iremos ainda caracterizar a fase de arranque do protótipo em termos de tempo e temperatura.

Assumindo depois a sua utilização num sistema descentralizado de gestão de resíduos de materiais cortantes e perfurantes, iremos demonstrar que os custos de transporte existentes num sistema deste tipo são inferiores aos que se conseguem num sistema centralizado de gestão de resíduos de materiais cortantes e perfurantes.

A metodologia utilizada consistiu inicialmente num levantamento bibliográfico para compreender: 1 – os riscos e as necessidades de tratamento dos resíduos de materiais cortantes e perfurantes; 2 - a gestão que é feita dos resíduos de materiais cortantes e perfurantes em Portugal e nesse sentido procurar quantificar a produção de resíduos de materiais cortantes e perfurantes, identificar os intervenientes no processo de gestão e efectuar um levantamento da legislação portuguesa vigente mais relevante; 3 – as tecnologias disponíveis para efectuar o tratamento de resíduos provenientes de materiais cortantes e perfurantes e quais os seus princípios de funcionamento.

Iremos depois através de ensaios em laboratório quantificar variáveis de funcionamento, nomeadamente a temperatura e o tempo de fusão e identificar condicionantes próprias do seu funcionamento para validar as propostas de melhoria do protótipo. Com a ajuda de um estudo de dispersão das UPCS em Portugal iremos demonstrar que um sistema descentralizado acarreta custos de transporte inferiores aos que se obtêm num sistema centralizado de gestão de resíduos. No sentido de confirmar no terreno o processo de gestão dos RH em Portugal, foram ainda efectuadas duas reuniões com a SUCH.

Este estudo está estruturado em quatro partes, na primeira parte do texto faz-se um enquadramento da gestão de RH, com uma descrição da regulamentação existente, em especial a portuguesa, para o tratamento de RH, referenciando as quantidades de RH produzidos e identificando os principais operadores e produtores. Na segunda parte faz-se uma descrição e comparação de tecnologias actualmente disponíveis para efectuar o tratamento dos RH bem como uma breve descrição do funcionamento do protótipo alvo deste estudo.

Na terceira parte do texto faz-se uma apresentação da metodologia utilizada na componente de investigação do trabalho, incluindo pressupostos e critérios adoptados.

Na quarta e última parte do texto apresentam-se os resultados obtidos, faz-se uma breve discussão, apresentam-se as conclusões, os comentários e as sugestões.

2 Tratamento de resíduos hospitalares

2.1 Definição e classificação de resíduos hospitalares

Existem diversas designações para os resíduos provenientes dos cuidados de saúde, que podem tomar o nome de por ex. RH, resíduos médicos ou resíduos dos cuidados de saúde. Estas diferenças podem ocorrer entre diferentes países ou até mesmo entre diferentes regiões, como é o caso de Espanha [Gonçalves 2005].

A designação adoptada em Portugal é a de RH, cuja definição é dada como sendo os resíduos resultantes de actividades desenvolvidas em unidades de prestação de cuidados de saúde (UPCS), em actividades de prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação e investigação, relacionada com seres humanos ou animais, em farmácias, em actividades médico-legais, de ensino e em quaisquer outras que envolvam procedimentos invasivos, tais como acupunctura, piercings e tatuagens [Decreto-Lei_nº178/2006].

Outras definições existem, nomeadamente a da Organização Mundial da Saúde, que define resíduos de cuidados de saúde como sendo todos os resíduos provenientes de estabelecimentos de cuidados de saúde, instituições de investigação e laboratórios, considerando ainda resíduos de cuidados de saúde os resíduos que são provenientes de cuidados de saúde efectuados no domicílio, como é o caso das diálises e das injeções de insulina [A. Prüss 1999].

Os RH constituem actualmente um grande problema, podendo condicionar a qualidade de vida dos cidadãos. Carecem por isso de um adequado processo de tratamento que pela sua natureza, diversidade, perigosidade e grau de risco, obrigam a procedimentos específicos, tornando a sua gestão complexa e onerosa. O problema da gestão de RH agudiza-se em determinadas situações de epidemias ou pandemias [Levy et al. 2002].

Os RH não são no entanto, na sua maioria, muito diferentes daqueles que são produzidos a nível doméstico, excepção feita para a pequena percentagem de RH que estão potencialmente contaminados [Levy, Teles, Madeira and Pinela 2002].

No sentido de assegurar uma adequada selecção da tecnologia de tratamento e do circuito a efectuar pelos RH desde a origem até ao local de tratamento torna-se necessária a sua separação selectiva na origem [Levy, Teles, Madeira and Pinela 2002; Tavares and Pereira 2004]. Para efectuar a separação selectiva na origem os RH foram classificados em Portugal por grupos, de acordo com a sua perigosidade, existindo quatro grupos distintos designados por Grupo I, Grupo II, Grupo III e Grupo IV. Na base da classificação dos RH em Portugal estiveram os princípios que presidem à organização da gestão global dos RH como sejam os

riscos efectivos, a protecção dos trabalhadores do sector, a operacionalidade das diversas secções, os preceitos éticos e a percepção de risco pela opinião pública [Despacho_nº242/96].

De acordo com o Despacho 242/96, de 13 de Agosto, são considerados resíduos não perigosos os resíduos dos grupos I e II e resíduos perigosos os resíduos dos grupos III e IV, estando os cortantes e perfurantes enquadrados no grupo IV, de acordo com as seguintes definições:

Grupo I – são resíduos equiparados a urbanos e que por isso não apresentam exigências especiais no seu tratamento podendo ser misturados com os resíduos urbanos. Integram-se neste grupo:

- Resíduos provenientes de serviços gerais (de gabinetes, salas de reunião, salas de convívio, instalações sanitárias, vestiários, etc.);
- Resíduos provenientes de serviços de apoio (oficinas, jardins, armazéns e outros);
- Embalagens e invólucros comuns (papel, cartão, mangas mistas e outros de natureza idêntica);
- Resíduos provenientes da hotelaria resultantes da confecção e restos de alimentos servidos a doentes não incluídos no Grupo III.

Grupo II – são RH não perigosos que por não terem necessidade de tratamento específico podem também ser misturados com os resíduos urbanos por serem a eles equivalentes. Incluem-se neste grupo:

- Material ortopédico: talas, gessos e ligaduras gessadas não contaminados e sem vestígios de sangue;
- Fraldas e resguardos descartáveis não contaminados e sem vestígios de sangue;
- Material de protecção individual utilizado nos serviços gerais e de apoio, com excepção do utilizado na recolha de resíduos;
- Embalagens vazias de medicamentos ou de outros produtos de uso clínico/comum, com excepção dos incluídos nos Grupos III e IV;
- Frascos de soros não contaminados, com excepção dos do Grupo IV.

Grupo III – são RH de risco biológico que estão ou podem estar contaminados, tendo necessidade de um tratamento específico através de incineração ou outro que seja eficaz para o efeito, podendo posteriormente a este tratamento serem eliminados como resíduos urbanos. Inserem-se neste grupo:

- Todos os resíduos provenientes de quartos ou enfermarias de doentes infecciosos ou suspeitos, de unidades de hemodiálise, de blocos operatórios, de salas de tratamento, de salas de autópsia e de anatomia patológica, de patologia clínica e de laboratórios de investigação, com excepção dos do grupo IV;

- Todo o material utilizado em diálise;
- Peças anatómicas não identificáveis;
- Resíduos que resultam da administração de sangue e derivados;
- Sistemas utilizados na administração de soros e medicamentos, com excepção dos do grupo IV;
- Sacos colectores de fluidos orgânicos e respectivos sistemas;
- Material ortopédico: talas, gessos e ligaduras gessadas contaminadas ou com vestígios de sangue; material de prótese retirado a doentes;
- Fraldas e resguardos descartáveis contaminados ou com vestígios de sangue;
- Material de protecção individual utilizado em cuidados de saúde e serviços de apoio geral em que haja contacto com produtos contaminados (como luvas, mascaras, aventais e outros).

Grupo IV – são RH específicos que podem ser de vários tipos estando actualmente sujeitos a incineração obrigatória. Integram-se neste grupo:

- Peças anatómicas identificáveis, fetos e placentas, até publicação de legislação específica;
- Cadáveres de animais de experiência laboratorial;
- Materiais cortantes e perfurantes: agulhas, cateteres e todo o material invasivo;
- Produtos químicos e fármacos rejeitados, quando não sujeitos a legislação específica;
- Citostáticos e todo o material utilizado na sua manipulação e administração.



Figura 1 – Classificação dos RH por grupos

Fonte: Despacho nº 242/96, de 13 de Agosto

Paralelamente a União Europeia elaborou uma classificação de resíduos designada por Lista Europeia de Resíduos (LER) publicada em Diário da República através

da Portaria 209/2004, de 3 de Março. A LER classifica no seu capítulo 18 os resíduos que melhor correspondem aos grupos III e IV da classificação portuguesa [DGS and APA 2009]. A descrição dos códigos da LER incluídos no capítulo 18 é a indicada na Tabela 1 [Portaria_nº209/2004], sendo de notar que os resíduos considerados perigosos estão marcados com um (*). Foi ainda incluído o código 200301 por constar na tabela de correspondência da DGS:

Código	Descrição
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):
18 01	Resíduos de maternidades, diagnóstico, tratamento ou prevenção de doença em seres humanos:
18 01 01	Objectos cortantes e perfurantes (excepto 18 01 03).
18 01 02	Partes anatómicas e órgãos, incluindo sacos de sangue e sangue conservado (excepto 18 01 03).
18 01 03 (*)	Resíduos cujas recolha e eliminação estão sujeitas a requisitos específicos tendo em vista a prevenção de infeções.
18 01 04	Resíduos cujas recolha e eliminação não estão sujeitas a requisitos específicos tendo em vista a prevenção de infeções (por exemplo, pensos, compressas, ligaduras, gessos, roupas, vestuário descartável, fraldas).
18 01 06 (*)	Produtos químicos contendo ou compostos por substâncias perigosas.
18 01 07	Produtos químicos não abrangidos em 18 01 06.
18 01 08 (*)	Medicamentos citotóxicos e citostáticos.
18 01 09	Medicamentos não abrangidos em 18 01 08.
18 01 10 (*)	Resíduos de amálgamas de tratamentos dentários.
18 02	Resíduos da investigação, diagnóstico, tratamento ou prevenção de doenças em animais:
18 02 01	Objectos cortantes e perfurantes (excepto 18 02 02).
18 02 02 (*)	Resíduos cujas recolha e eliminação estão sujeitas a requisitos específicos tendo em vista a prevenção de infeções.
18 02 03	Resíduos cujas recolha e eliminação não estão sujeitas a requisitos específicos tendo em vista a prevenção de infeções.
18 02 05 (*)	Produtos químicos contendo ou compostos por substâncias perigosas.
18 02 06	Produtos químicos não abrangidos em 18 02 05.
18 02 07 (*)	Medicamentos citotóxicos e citostáticos.
18 02 08	Medicamentos não abrangidos em 18 02 07.
20 03 01	Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos.

Tabela 1 – Códigos da LER mais relevantes para a classificação dos RH

Fonte: Portaria nº 209/2004, de 3 de Março

Legenda: (*) Resíduos considerados perigosos.

No sentido de harmonizar e uniformizar as classificações dos resíduos e tendo em conta o papel essencial que a classificação dos resíduos assume ao nível da estatística, gestão e planeamento, a DGS e a APA elaboraram em conjunto uma tabela com a correspondência entre os grupos de RH, referidos no Despacho

242/96, de 13 de Agosto, e os códigos da LER, referidos na Portaria 209/2004, de 3 de Março [DGS and APA 2009]. Estes dados são reproduzidos na Tabela 2.

Grupos de Resíduos Hospitalares		Códigos da LER	
		Saúde Humana	Saúde Animal
Grupo I	Resíduos provenientes de serviços gerais (de gabinetes, salas de reunião, salas de convívio, instalações sanitárias, vestiários, etc.)	200301	200301
	Resíduos provenientes de serviços de apoio (oficinas, jardins, armazéns e outros)		
	Embalagens e invólucros comuns (papel, cartão, mangas mistas e outros de natureza idêntica)		
	Resíduos provenientes da hotelaria resultantes da confeção e restos de alimentos servidos a doentes não incluídos no Grupo III		
Grupo II	Material ortopédico: talas, gessos e ligaduras gessadas não contaminados e sem vestígios de sangue		
	Fraldas e resguardos descartáveis não contaminados e sem vestígios de sangue		
	Material de protecção individual utilizado nos serviços gerais e de apoio, com excepção do utilizado na recolha de resíduos		
	Embalagens vazias de medicamentos ou de outros produtos de uso clínico/comum, com excepção dos incluídos nos Grupos III e IV		
	Frascos de soros não contaminados, com excepção dos do Grupo IV		
Grupo III	Todos os resíduos provenientes de quartos ou enfermarias de doentes infecciosos ou suspeitos, de unidades de hemodiálise, de blocos operatórios, de salas de tratamento, de salas de autópsia e de anatomia patológica, de patologia clínica e de laboratórios de investigação, com excepção dos do grupo IV	180103(*)	180202(*)
	Todo o material utilizado em diálise		
	Peças anatómicas não identificáveis		
	Resíduos que resultam da administração de sangue e derivados		
	Sistemas utilizados na administração de soros e medicamentos, com excepção dos do grupo IV		
	Sacos colectores de fluidos orgânicos e respectivos sistemas		
	Material ortopédico: talas, gessos e ligaduras gessadas contaminadas ou com vestígios de sangue; material de prótese retirado a doentes		

	Fraldas e resguardos descartáveis contaminados ou com vestígios de sangue		
	Material de protecção individual utilizado em cuidados de saúde e serviços de apoio geral em que haja contacto com produtos contaminados (como luvas, mascaras, aventais e outros)		
	Pecas anatómicas identificáveis, fetos e placentas, até publicação de legislação específica	180102	180202(*)
	Cadáveres de animais de experiência laboratorial		
Grupo IV	Materiais cortantes e perfurantes: agulhas, cateteres e todo o material invasivo	180101	180201
	Produtos químicos e fármacos rejeitados, quando não sujeitos a legislação específica	Para produtos químicos: 180106(*)	Para produtos químicos: 180205(*)
		Para fármacos rejeitados: 180109	Para fármacos rejeitados: 180208
	Citostáticos e todo o material utilizado na sua manipulação e administração	180108(*)	180207(*)

Tabela 2 - Tabela com a correspondência entre os grupos de RH e os códigos da LER

Fonte: DGS (2009)

Verifica-se que os materiais cortantes e perfurantes se enquadram segundo o Despacho 242/96, de 3 de Março, no grupo IV e segundo a LER nos códigos 180101, no caso da saúde humana, e 180202, no caso de saúde animal, que no caso de estarem sujeitos a requisitos específicos de recolha e eliminação tendo em vista a prevenção de infecções passam para os códigos 180103, no caso de saúde humana, e 180202, no caso de saúde animal. Ao nível do tratamento a legislação portuguesa obriga a que os cortantes e perfurantes sejam obrigatoriamente incinerados. Verifica-se ainda que em Portugal o material cortante e perfurante é considerado na sua totalidade resíduo perigoso, mais restritivo do que a legislação europeia que considera poder ser perigoso ou não.

Apesar de os RH estarem devidamente classificados, como é o caso dos cortantes e perfurantes, verifica-se que as UPCS têm dificuldade em decidir quais os resíduos que são infecciosos e quais os que não o são, o que origina uma tendência em os classificar todos como infecciosos [Gonçalves 2005]. A situação tende ainda a piorar devido à atitude do público que assume os RH como sendo de elevado risco [Mühlich et al. 2003]. No entanto os conhecimentos médicos são suficientes para definir quais os resíduos infecciosos [Mühlich, Scherrer and Daschner 2003].

2.2 A gestão de resíduos hospitalares em Portugal

A gestão de resíduos em Portugal encontra-se regulamentada através do Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de Setembro, transpondo para a ordem jurídica interna a

Directiva n.º 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, e a Directiva n.º 91/689/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro. Este documento cria ainda o SIRER – Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos bem como a CAGER – Comissão de Acompanhamento da Gestão de Resíduos. Tem aplicação em todas as operações de gestão de resíduos como a recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos.

O Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, consagra no ordenamento jurídico nacional um conjunto de princípios da gestão de resíduos como é o caso da noção de auto-suficiência (art. 4º), a responsabilidade pela gestão ou o princípio do “poluidor-pagador” (art. 5º), o princípio da prevenção e redução (art. 6º), o princípio da hierarquia das operações (art. 7º), o princípio da responsabilidade do cidadão (art. 8º), o princípio da regulação (art. 9º) e o princípio da equivalência (art. 10º), havendo a preocupação da prevalência da valorização dos resíduos sobre a sua eliminação.

O caso particular da gestão dos RH encontra-se regulamentada essencialmente pelo Despacho n.º 242/96, de 13 de Agosto, pela Portaria n.º 174/97, de 10 de Março e pela Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio. O Despacho Conjunto n.º 761/99, de 31 de Agosto, aprovava o PERH – Plano Estratégico dos RH 1999-2005, que entretanto findou a sua vigência, mantendo-se no entanto a necessidade de assegurar uma gestão adequada deste tipo de resíduos, pelo que a APA, a DGS e a DGV procederam à sua revisão para o período 2010-2016 tendo dado origem a um documento cuja versão final irá ser submetida para aprovação por Resolução do Conselho de Ministros, tendo a consulta pública já sido efectuada entre 15 de Março e 26 de Abril de 2010 [APA]. Os resíduos radioactivos resultantes de exposições radiológicas médicas encontram-se regulamentados pelo Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto, e não se encontram abrangidos pelo PERH 2010-2016.

A estratégia do PERH 2010-2016 pressupõe o reforço e a convergência de sinergias por parte dos diferentes intervenientes no sentido de uma responsabilidade partilhada. Nele se definem cinco eixos estratégicos, conforme indicados na Tabela 3.

Eixo estratégico	Descrição
Eixo I	Prevenção
Eixo II	Informação, conhecimento e inovação
Eixo III	Sensibilização, formação e educação
Eixo IV	Operacionalização da gestão
Eixo V	Acompanhamento e controlo

Tabela 3 – Eixos estratégicos do PERH 2010-2016

Fonte: PERH 2010-2016

As normas de organização e gestão dos RH estão estabelecidas no Despacho nº 242/96, de 13 de Agosto [Gonçalves 2005]. Os elementos chave de gestão de RH fixados por este Despacho encontram-se resumidos a seguir [APA et al. 2010]:

1. Recolha e acondicionamento:

- Exige-se uma separação selectiva na origem.
- Os resíduos radioactivos devem ser separados na fonte, estando sujeitos a legislação específica.
- O acondicionamento deverá obedecer aos seguintes requisitos:
 - A triagem e o acondicionamento devem ter lugar junto do local de produção.
 - Os RH devem ser devidamente acondicionados de modo a permitir uma identificação clara da sua origem e do seu grupo:
 - Os resíduos dos Grupos I e II em recipientes de cor preta;
 - Os resíduos do Grupo III em recipientes de cor branca, com indicativo de risco biológico;
 - Os resíduos do Grupo IV em recipientes de cor vermelha com excepção dos materiais cortantes e perfurantes que devem ser acondicionados em recipientes, contentores imperfuráveis.
 - Os contentores utilizados para armazenagem e transporte dos resíduos dos Grupos III e IV devem ser facilmente manuseáveis, resistentes, estanques, mantendo-se hermeticamente fechados, laváveis e desinfectáveis, se forem de uso múltiplo.

2. Circuitos/Planos de resíduos:

- Cada unidade de saúde deve ter um plano adequado à sua dimensão, estrutura e à quantidade de resíduos que produz com vista a circulação destes, devendo os circuitos serem definidos segundo critérios de operacionalidade e de menor risco para doentes, trabalhadores e público em geral.

3. Armazenamento

- As condições de armazenamento deverão ser as seguintes:
 - Cada unidade de saúde deve ter um local de armazenamento específico para os resíduos dos Grupos I e II, separado dos resíduos dos Grupos III e IV, que deverão estar devidamente sinalizados.
 - O local de armazenamento deve ser dimensionado em função da periodicidade de recolha e ou da eliminação, devendo a sua capacidade mínima corresponder a três dias de produção.
 - Caso seja ultrapassado o prazo referido no número anterior e até um máximo de sete dias, deverá ter condições de refrigeração.
 - O local de armazenamento terá as condições estruturais e funcionais adequadas a acesso e limpeza fáceis.
 - Sempre que se justifique, devera existir um plano específico de emergência.

4. Valorização

- Para os resíduos dos Grupos I e II deve ser prevista a separação que permita a reciclagem ou reutilização, nomeadamente para cartão e papel, vidros, metais ferrosos e não ferrosos, películas de raios X, pilhas e bateria e mercúrio.

5. Incineração

- O Grupo IV engloba resíduos de vários tipos de incineração obrigatória.

6. Citostáticos

- Os citostáticos devem ser submetidos, na sua incineração, a uma temperatura mínima de 1100°C.

7. Responsabilidade do órgão de gestão

- Os órgãos de gestão de cada unidade de saúde são responsáveis:
 - Por dar cumprimento ao determinado no diploma;
 - Pela sensibilização e formação do pessoal em geral e daquele afecto ao sector em particular, nomeadamente nos aspectos relacionados com a protecção individual e os correctos procedimentos;
 - Por celebrar protocolos com outras unidades de saúde ou recorrer a entidades devidamente licenciadas, quando não dispuserem de capacidade de tratamento dos seus resíduos;
 - Por manter um registo actualizado dos resíduos produzidos, devendo enviar à Direcção-Geral da Saúde, até 31 de Janeiro de cada ano, relatório referente à produção dos mesmos no ano anterior, assim como a indicação do respectivo destino.

A gestão de RH contempla diferentes etapas desde a sua produção até à sua eliminação. A primeira etapa consiste naturalmente na produção dos RH seguindo-se a sua triagem na fonte; depois temos a recolha, o armazenamento e o transporte e por fim o tratamento, valorização e a deposição final [Gonçalves 2005]. Podemos esquematizar o processo de gestão de RH conforme indicado na Figura 2:

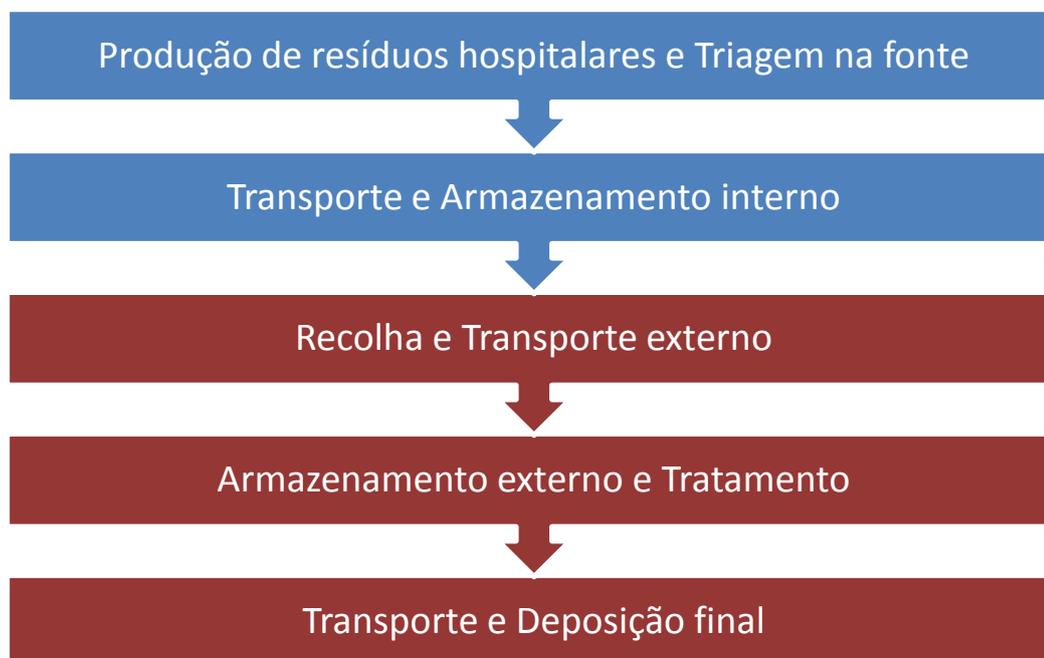


Figura 2 – Etapas do processo de gestão de RH

Fonte: adaptado de Gonçalves (2005)

Legenda: ■ Operações internas à UPCS, normalmente da sua responsabilidade
 ■ Operações externas à UPCS, normalmente da responsabilidade do Operador

2.2.1 Produtores e produção de Resíduos Hospitalares

De acordo com as definições dadas pelo Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de Setembro, são considerados produtores de RH as UPCS, em actividades de prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação e investigação, relacionada com seres humanos ou animais, em farmácias, em actividades médico-legais, de ensino e em quaisquer outras que envolvam procedimentos invasivos, tais como acupunctura, piercings e tatuagens.

Ainda ao nível de produtores, podemos considerar que as principais fontes de RH em Portugal são as a seguir indicadas [Levy, Teles, Madeira and Pinela 2002]:

- Hospitais;
- Maternidades;
- Institutos;
- Centros de Saúde;
- Clínicas privadas com e sem internamento;
- Centros de enfermagem;
- Centros de hemodiálise;
- Laboratórios de análises clínicas;
- Centros de desintoxicação de toxicodependentes;
- Consultórios médicos, com especial incidência nos de estomatologia;
- Lares de 3ª idade, com especial incidência dos que alojam idosos acamados;
- Farmácias que trocam Kits para toxicodependentes e fármacos fora de prazo;
- Domicílios privados onde vivam pessoas doentes e acamados, sujeitos a actos médicos diários;
- Sanitários femininos da indústria da restauração e similares.

Esta listagem foi publicada no ano de 2002, numa altura em que a legislação não contemplava a saúde animal na gestão dos resíduos hospitalares. Com o Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de Setembro, a definição de RH contempla a saúde humana e a saúde animal, pelo que esta lista se pode considerar incompleta sob a perspectiva da nova legislação por não incluir produtores de RH provenientes de cuidados de saúde animal.

Podemos ainda classificar os produtores de RH de acordo com a Classificação Portuguesa de Actividades Económicas (CAE). O PERH 2010-2016 indica um conjunto dos principais códigos com relevância para o tratamento de RH, com base na CAE estabelecida pelo Decreto-Lei nº 381/2007, de 14 de Novembro, onde já se inclui a saúde animal e que se apresentam na Tabela 4:

CAE Rev.3		Saúde humana	Saúde animal
Código	Designação		
47730	Comércio a retalho de produtos farmacêuticos, em estabelecimentos especializados ⁽¹⁾	X	
72110	Investigação e desenvolvimento em biotecnologia ⁽¹⁾	X	X
84230	Actividades de Justiça ⁽²⁾	X	
85420	Ensino superior ⁽¹⁾	X	X
86100	Actividades dos estabelecimentos de saúde com internamento	X	
86210 e 86220	Actividades de prática médica de clínica geral, em ambulatório e actividades de prática médica de clínica especializada, em ambulatório	X	
86230	Actividades de medicina dentária e odontologia	X	
86901	Laboratórios de análises clínicas	X	
86902	Actividades de ambulâncias	X	
86903	Actividades de enfermagem	X	
86904	Centros de recolha e bancos de órgãos	X	
86906	Outras actividades de saúde humana, n.e.	X	
87100	Actividades dos estabelecimentos de cuidados continuados integrados, com alojamento	X	
87200	Actividades dos estabelecimentos para pessoas com doença do foro mental e do abuso de drogas, com alojamento ⁽³⁾	X	
96091	Actividades de tatuagem e similares	X	
75000	Actividades veterinárias		X

Tabela 4 – Códigos de actividade económica dos produtores de RH

Fonte: PERH 2010-2016

- Legenda:** (1) Só se encontram incluídos os estabelecimentos com serviços que desenvolvam actividades de prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação e/ou investigação com seres humanos ou animais;
- (2) Só se encontram incluídos os estabelecimentos com serviços que desenvolvam actividades médico-legais;
- (3) Também tem correspondência com 86110 “Actividades dos estabelecimentos de saúde com internamento”.

Para identificar e quantificar o número de UPCS possíveis produtores de RH existentes em Portugal foi consultado o Portal do Ministério da Saúde (MS) onde se encontra uma base de dados dos serviços de saúde, tendo daí resultado os valores apresentados na Tabela 5 [MS 2010]:

Tipo de UPCS	Quantidade
Centros de Saúde	433
Centros Regionais	6
Convencionados	1234
Extensões de Saúde	1686
Farmácias	2712
Hospitais	104
Maternidades	4
Unidades de Saúde Familiar	275
Total	6454

Tabela 5 – Número de UPCS em Portugal

Fonte: Portal do MS

Consultado o Portal da Infarmed, constatou-se que o número de farmácias aí identificadas era de 2606 farmácias [Infarmed 2010], valor inferior ao indicado pelo MS. Esta divergência deve-se provavelmente ao facto da Infarmed apenas identificar as farmácias existentes em Portugal Continental enquanto o MS identifica as farmácias em todo o território nacional.

Quanto ao volume de RH produzidos em Portugal, as estatísticas mais recentes disponíveis são as referentes ao ano de 2006, tendo o registo da produção dos RH já sido efectuado pelo SIRER, sendo que o registo por esta via está sujeito à classificação conforme a LER e não conforme com a classificação em grupos. De referir que o registo de resíduos é obrigatório para produtores, operadores de gestão de resíduos e entidades responsáveis pelos sistemas de gestão [Decreto-Lei_nº178/2006]. Apesar desta obrigatoriedade verifica-se que a taxa de registo no SIRER é muito reduzida, andando na ordem dos 5% dos estabelecimentos existentes com códigos CAE identificados como sendo onde se incluem as entidades cujos resíduos produzidos são na totalidade RH [APA, DGS and DGV 2010]. Verifica-se ainda uma grande discrepância no SIRER entre os valores declarados pelos operadores e os valores declarados pelos produtores [APA, DGS and DGV 2010]. Os valores apresentados no PERH 2010-2016 são por isso estimativas, sendo no entanto as melhores que se conseguem obter. Os dados indicados na Tabela 6 referem-se todos ao ano de 2006.

	Grupos I e II [t]	Grupo III [t]	Grupo IV [t]	Total [t]
Hospitais públicos do SNS	50.711	11.992	1.326	64.029
Hospitais privados	16.052	3.800	416	20.268
Hospitais oficiais não públicos	2.441	587	54	3.082
Centros de saúde	2.143	637	55	2.835
Outros	15.522	3.702	402	19.626
Total	86.869	20.718	2.253	109.840

Tabela 6 – Produção estimada de RH, por grupos

Fonte: PERH 2010-2016

Com base nestes dados é possível determinar o peso que cada grupo tem no total da produção de RH em Portugal, conforme indicado na Figura 3:

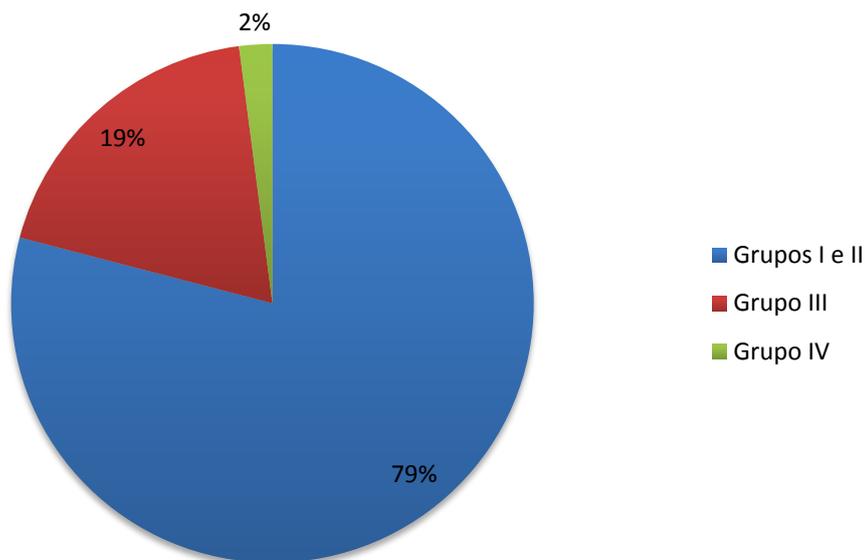


Figura 3 – Distribuição da percentagem de RH produzidos, por grupos

Fonte: PERH 2010-2016

Estando o material cortante e perfurante incluído no grupo IV, interessa perceber quais as UPCS que têm maior peso na sua produção, estando estes dados disponibilizados no PERH 2010-2016 e representados graficamente na Figura 4:

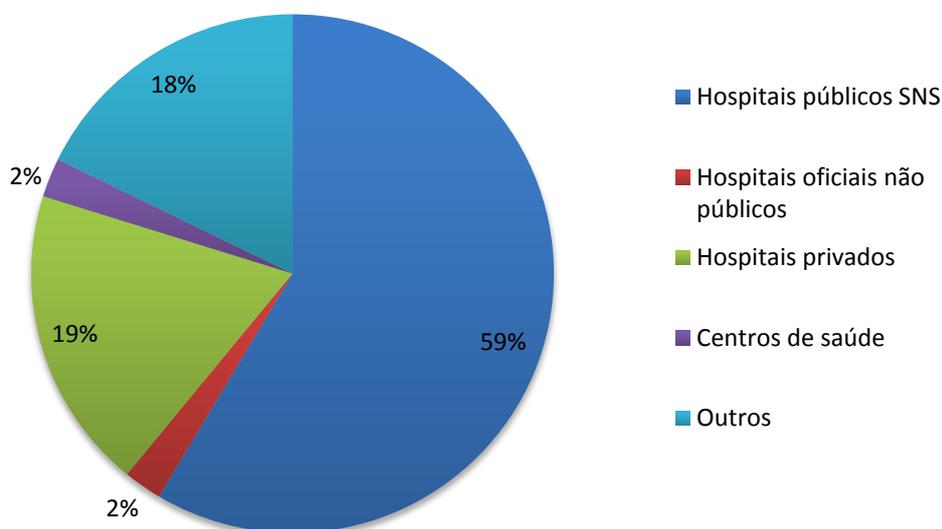


Figura 4 – Distribuição da percentagem de resíduos do grupo IV produzidos, por UPCS

Fonte: PERH 2010-2016

Não considerando os RH produzidos pelas UPCS do tipo “Outros”, que resulta em parte da divergência verificada entre os registos dos operados e os registos

dos produtores no SIRER, a produção de resíduos do grupo IV por regiões, de acordo com a nomenclatura NUTS II, fica ordenada conforme a Tabela 7.

Região	Produção de resíduos do grupo IV [t]
Lisboa e Vale do Tejo	761
Norte	672
Centro	340
Alentejo	39
Algarve	38

Tabela 7 – Produção de resíduos do grupo IV, por região

Fonte: PERH 2010-2016

Tendo em conta que os resíduos do grupo IV incluem, para além dos resíduos provenientes dos materiais cortantes e perfurantes, diversos outros tipos de RH perigosos, procuramos estimar o valor da produção de resíduos de materiais cortantes e perfurantes através da literatura existente. Segundo a OMS, 1% de todos os RH perigosos são agulhas [OMS 2004]. Noutro estudo é referido que as agulhas representam 0,45% de todos os RH produzidos, no universo dos hospitais analisados [Taghipour and Mosaféri 2009]. No entanto, este mesmo estudo refere que os resíduos perigosos, onde se incluem as agulhas, representam 29,89% do total dos RH produzidos, o que nos leva a poder concluir que aproximadamente 1,5% dos resíduos perigosos produzidos nos hospitais em estudo são agulhas.

Assumindo que não haverá grandes divergências na caracterização dos resíduos produzida no estudo de Taghipour e Mosaféri (2009) e nos valores indicados pela OMS para com a realidade portuguesa, utilizamos estes indicadores e os dados reportados no PERH 2010-2016 para obter uma ordem de grandeza da produção de resíduos de materiais cortantes e perfurantes em Portugal. Desta forma, utilizando estes três indicadores, obtemos os valores de 230 t/ano, 345 t/ano e 494 t/ano, respectivamente para 1% dos RH perigosos, 1,5% dos RH perigosos e 0,45% do total de RH. Estes valores são referentes ao ano de 2006.

Estas estimativas são no entanto bastante inferiores às estimativas provenientes das operações de tratamento existentes em Portugal. De acordo com os valores estimados pela central de incineração em Lisboa, a percentagem do peso dos resíduos de materiais cortantes e perfurantes no peso total dos resíduos do grupo IV deverá rondar entre os 30 e 40%. Com este indicador e com a produção indicada no PERH 2010-2016 para o ano de 2006 chegamos a valores de produção de resíduos de materiais cortantes e perfurantes entre 675,9 t/ano e 901,2 t/ano.

2.2.2 Operadores e instalações de gestão de resíduos hospitalares

Os operadores de gestão de resíduos hospitalares são empresas que se encontram licenciadas pela DGS e são responsáveis por instalações de armazenamento temporário, por instalações de tratamento ou por instalações de incineração, bem

como pelo adequado encaminhamento dos resíduos resultantes das operações de gestão [DGS 2009]. Estão identificadas cinco empresas para assegurar a gestão dos RH dos grupos III e IV em Portugal [APA, DGS and DGV 2010; DGS 2009], listadas a seguir [DGS 2009]:

- Ambimed – Gestão Ambiental, Lda.;
- Ambitral – Transporte de Resíduos, Lda.;
- Cannon Hygiene – Sociedade Produtora de Serviços de Higiene e Limpeza, Lda.;
- Tratospital – Tratamento de Resíduos Hospitalares, Lda.;
- SUCH – Serviço de Utilização Comum dos Hospitais.

Estas empresas são responsáveis pela gestão das seguintes instalações actualmente existentes em Portugal [APA, DGS and DGV 2010]:

- oito unidades de armazenamento temporário de RH;
- seis unidades de autoclavagem para o tratamento dos resíduos do grupo III;
- seis unidades de tratamento de resíduos do grupo III por germicida;
- uma unidade de incineração para o tratamento dos resíduos dos grupos III e IV.

A única central de incineração de resíduos hospitalares em Portugal, habilitada a tratar os resíduos do grupo IV, encontra-se situada em Lisboa, sendo a sua gestão da responsabilidade do SUCH [DGS 2009]. Como os resíduos do grupo IV têm que ser obrigatoriamente incinerados, leva a que estes resíduos perigosos tenham que ser transportados desde os diferentes locais de produção espalhados pelo País até ao local de tratamento em Lisboa.



Figura 5 – Localização de instalações para gestão dos RH em Portugal

Fonte: PERH 2010-2016

Legenda: A - Autoclavagem e armazenamento temporário de resíduos do Grupo IV e de outros RH perigosos.
B - Central de incineração de RH.
C - Armazenamento temporário de resíduos dos Grupos III e IV e de outros RH perigosos.
D - Reembalagem e armazenamento temporário de resíduos do Grupo IV e de outros RH perigosos.

A nível de capacidade de tratamento, verifica-se que a central de incineração existente em Portugal tem uma capacidade de tratamento de RH de 8 t/dia e de 2.000 t/ano. Tendo em conta que a produção de resíduos do grupo IV estimada para o ano de 2006 foi de 2.253 t/ano, verifica-se que a capacidade instalada não é suficiente para assegurar o tratamento de toda a quantidade de resíduos do grupo IV produzidos em Portugal Continental, o que origina a necessidade de exportar os resíduos de grupo IV excedentários para serem tratados noutros países.

3 Tecnologias de tratamento de resíduos hospitalares perigosos

Existem diversas disparidades internacionais na qualidade do tratamento dado aos RH, podendo-se classificar em três níveis: 1 – nível básico, onde se conseguem alguns melhoramentos na higiene e saúde pública; 2 – nível intermédio, onde existem sistemas de recolha e tratamento organizados; 3 – nível avançado, quando existem tratamentos de RH com requisitos apertados de emissões e requisitos legais na deposição [Rushbrook 1999]. De acordo com esta classificação, Portugal estará num nível avançado na qualidade do tratamento dos RH.

Actualmente existem no mercado diversas tecnologias para efectuar o tratamento dos RH. Todas elas têm como principal objectivo reduzir a perigosidade dos RH para a saúde pública e para o ambiente permitindo a sua posterior manipulação com menor risco, adicionalmente deve tornar os RH irreconhecíveis para minimizar o impacto visual e reduzir o seu volume [APA, DGS and DGV 2010; Diaz et al. 2005]. Algumas tecnologias permitem ainda a esterilização. Por esterilização entende-se a eliminação total de microrganismos e por desinfecção a redução do número de microrganismos patogénicos, até níveis em que da exposição não resulte ocorrência de doença [Gonçalves 2005].

A escolha da tecnologia de tratamento depende de diversos factores, muitos deles dependentes de condições locais. Alguns dos aspectos a ter em conta na selecção da tecnologia são as características dos RH e da UPCS, a região onde são produzidos, a eficácia e a eficiência da tecnologia de tratamento [APA, DGS and DGV 2010; Gonçalves 2005], sendo que a eficácia de uma determinada tecnologia de tratamento depende da sua capacidade em reduzir o número de organismos infecciosos para um nível seguro, ou seja, para um nível que não constitui perigo para a saúde humana [APA, DGS and DGV 2010]. Com base em diversos autores, apresenta-se a seguir uma listagem com alguns critérios a considerar na escolha do processo de tratamento [A. Prüss 1999; APA, DGS and DGV 2010; Gonçalves 2005; Rushbrook 1999]:

- eficácia e eficiência da desinfecção;
- considerações de saúde e ambiente;
- redução de massa e volume;
- emissões para o ar, água e solo, tanto na fase normal de funcionamento como noutras situações;
- quantidade de resíduos produzidos e capacidade de tratamento da tecnologia;
- tipos de resíduos;
- necessidades de infra-estruturas;
- considerações de manutenção e operação;
- tecnologias e opções de tratamento disponíveis localmente;

- opções disponíveis para a deposição final dos resíduos, sólidos e líquidos, resultantes do tratamento;
- custos de investimento e operacionais;
- aceitação pública;
- requisitos legais.

Apesar da necessidade de uma escolha criteriosa, não existe ainda um processo de tratamento que elimine por completo todos os riscos para a saúde pública e para o ambiente [Diaz et al. 2005; Gonçalves 2005].

No PERH 2010-2016 vem referido que as tecnologias de tratamento dos RH podem-se agrupar em função de se tratar de processos de desinfecção ou de incineração [Zhao, Van Der Voet, Huppel and Zhang 2009], podendo os processos de desinfecção serem depois classificados em função do princípio que está na sua origem: físico ou químico [APA, DGS and DGV 2010; Rushbrook 1999]. Já Gonçalves (2005) indica que uma das possibilidades para a classificação das tecnologias é esta se basear nos processos de descontaminação. A HCWH (2004) classifica os processos de descontaminação utilizados nas tecnologias de tratamento em processos térmicos, processos químicos, processos de irradiação e processos biológicos, podendo as tecnologias com processos térmicos serem divididas em processos de baixas, médias e altas temperaturas [HCWH 2004], embora os processos térmicos de altas temperaturas não os considere como sendo tecnologias de tratamento de RH. Diaz et al. (2005) considera apenas que os tratamentos podem ser térmicos, químicos e por irradiação.

Independentemente da sua classificação, as tecnologias colocadas ao serviço dos operadores e das UPCS para o tratamento dos RH são as seguintes [A. Prüss 1999; Diaz, Savage and Eggerth 2005; Rushbrook 1999]:

- autoclavagem;
- tratamento com vapor;
- desinfecção por microondas;
- desinfecção química;
- incineração;
- radiação ultravioleta;
- inertização;
- deposição.

De todas as tecnologias indicadas, aquelas que são mais abordadas nos diferentes artigos são a autoclavagem, a incineração, a desinfecção por microondas e a desinfecção química.

Os materiais cortantes e perfurantes têm um risco acrescido proveniente do facto de poderem com maior facilidade penetrar na pele e assim infectar a pessoa picada. No sentido de minimizar este risco adicional, é obrigatório em Portugal que os materiais cortantes e perfurantes sejam colocados na fonte num recipiente suficientemente

resistente à sua penetração, sendo posteriormente misturados com os restantes resíduos do grupo IV para serem incinerados [Despacho_nº242/96]. Diaz et al. (2005) indica as seguintes opções adicionais para a gestão dos materiais cortantes e perfurantes:

- depósito em recipientes específicos;
- encapsulamento através de imobilizadores, como argamassas e plásticos;
- tecnologias de destruição de agulhas;
- destruição mecânica, através da compactação ou redução do tamanho.

3.1 Autoclavagem

O início da utilização da autoclavagem em Portugal deve-se ao facto de as unidades de incineração existentes nas UPCS terem começado a fechar, em consequência dos custos de investimento necessários a que tinham que ser sujeitas para cumprirem os requisitos impostos relativamente às emissões atmosféricas [Gonçalves 2005].

A autoclavagem utiliza o vapor como meio de desinfecção dos RH. A caldeira para produzir o vapor poderá ser de utilização dedicada ou poderá também ser de utilização compartilhada com outros serviços das instalações onde se insere. Para assegurar um funcionamento óptimo, a água de entrada na caldeira deve estar devidamente tratada. A caldeira deve sempre assegurar o fornecimento de vapor em qualidade e quantidade suficientes para o tratamento em causa [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

Um autoclave é constituído normalmente por um tanque em metal, hermeticamente fechado com uma porta articulada e projectado para resistir a temperaturas e pressões elevadas [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

O processo de tratamento por autoclavagem é desencadeado por lotes, isto é, os RH são introduzidos no autoclave, são desinfectados e depois retirados antes que uma nova carga de RH possa ser introduzida no autoclave [Diaz, Savage and Eggerth 2005]. Cada ciclo de tratamento consiste no carregamento do autoclave com RH, no esmagamento do RH, na pressurização do tanque, no aquecimento através de vapor de elevada temperatura, na desinfecção dos RH mantendo a temperatura elevada por um período de tempo e na descarga do autoclave [Zhao, Van Der Voet, Huppés and Zhang 2009]. No final do processo os resíduos tratados podem-se misturar com os resíduos municipais [A. Prüss 1999]. A velocidade deste processo é um dos dados importantes que interessa saber por influenciar o tempo de ciclo [Zhao, Van Der Voet, Huppés and Zhang 2009].

Um esquema simplificado da desinfecção por autoclavagem é apresentado na Figura 6.

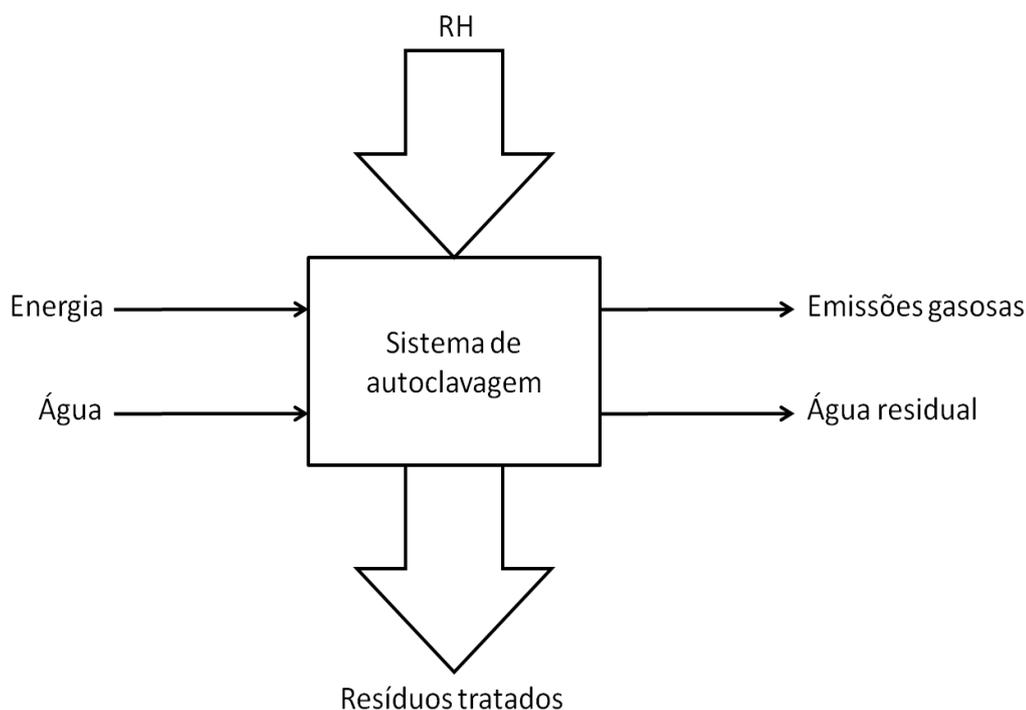


Figura 6 – Esquema de um sistema de autoclavagem

Fonte: Zhao et al. (2009); PERH 2010-2016 (2010)

Quando se utiliza este processo para o tratamento dos RH é importante assegurar que os invólucros onde vêm contidos os RH sejam feitos de um material resistente à temperatura elevada existente no interior do autoclave e simultaneamente permitam que o vapor penetre e actue nos RH neles contidos. Uma vez introduzidos os RH no interior do tanque a porta é fechada e selada. A partir deste momento o ar é removido do interior, através de uma bomba de vácuo ou pela simples injeção de vapor. O vapor vai sendo introduzido no tanque até que a temperatura pretendida seja atingida, podendo posteriormente ser injectado mais vapor para manter a temperatura pretendida [Diaz, Savage and Eggerth 2005].



Figura 7 – Exemplo de um autoclave

Fonte: OnSite Sterilization, LLC

Uma vez atingidos os requisitos de tempo-temperatura necessários, os respiradouros são abertos e o vapor é libertado através de um condensador, para que a água possa ser novamente utilizada. Uma vez atingida uma temperatura que permita manusear os resíduos, estes são retirados e enviados para deposição ou para tratamento mecânico no sentido de reduzir o

volume ou compactar os resíduos [Diaz, Savage and Eggerth 2005]. Em Portugal os resíduos uma vez tratados por autoclavagem são normalmente triturados no final do processo [APA, DGS and DGV 2010].

Existem valores teóricos para o tempo de duração do tratamento em função da temperatura e da pressão. Para assegurar a desinfecção é teoricamente necessária uma duração de contacto de 20 minutos com temperaturas superiores a 121 °C e uma pressão de 2 bar ou de 5 minutos com temperaturas superiores a 134 °C e à pressão de 3,1 bar. Estes valores mostram-se no entanto inferiores ao que na prática são necessários [A. Prüss 1999]. Em Portugal a pressão do vapor de água utilizada é de 3 a 3,5 bar, para uma duração do período de tempo de tratamento de 20 a 30 minutos sendo que a temperatura atinge valores na ordem dos 135 °C [APA, DGS and DGV 2010].

O tratamento por autoclavagem tem associado ao seu processo emissões atmosféricas não caracterizadas e emissão de odores desagradáveis, podendo gerar compostos orgânicos voláteis tóxicos e vapores de mercúrio [APA, DGS and DGV 2010].

3.2 Incineração

Muitos autores indicam a incineração como sendo a tecnologia mais utilizada para o tratamento dos RH [Chaerul, Tanaka and Shekdar 2008; Diaz, Savage and Eggerth 2005; Rushbrook 1999; Zhao, Van Der Voet, Huppel and Zhang 2009].

Os tratamentos dos RH por combustão, de que é exemplo a incineração, podem ser classificados em função das tecnologias de combustão utilizadas. Estas podem ser de baixa, média ou alta tecnologia [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

A combustão com baixa tecnologia é processada com relativa falta de controlo, não conseguindo que o processo atinja temperaturas superiores a 400 °C. Deste modo não se assegura a queima de todos os RH pelo que a destruição dos elementos patogénicos pode ficar comprometida [Diaz, Savage and Eggerth 2005], apesar de a temperatura mínima considerada necessária para inactivar elementos patogénicos humanos seja de aproximadamente 130 °C [Rushbrook 1999] e para eliminar muitos dos resíduos químicos e farmacêuticos ser de pelo menos 200 °C [A. Prüss 1999]. A recomendação é



Figura 8 – Exemplo de uma incineradora

Fonte: Global Healthcare Waste Project

a de que a temperatura de funcionamento das incineradoras desenvolvidas para o tratamento de RH deva estar compreendida entre os 900 e os 1200 °C [A. Prüss

1999]. Adicionalmente, na combustão com baixa tecnologia, não há controlo das emissões resultantes da combustão, emissões estas que acarretam potenciais perigos para a saúde humana e têm um impacto negativo no meio ambiente, podendo levar á produção de elevadas concentrações de compostos orgânicos tóxicos [Diaz, Savage and Eggerth 2005], de que são exemplo as dioxinas.

A combustão com média tecnologia já procura ter algum cuidado com as emissões, embora não inclua qualquer equipamento de controlo da poluição do ar [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

A combustão com alta tecnologia é definida como sendo a combustão de RH em condições controladas, assegurando temperaturas de operação na ordem dos 900 a 1000 °C e com controlo da poluição do ar. Normalmente estas unidades possuem uma segunda câmara onde os gases provenientes do primeiro forno são tratados a elevadas temperaturas. Neste caso as condições mínimas de temperatura, tempo e turbulência para garantir a combustão completa são asseguradas bem como a concentração mínima de compostos indesejáveis. Os sistemas de incineração podem funcionar por lotes ou em contínuo [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

Num sistema de incineração de RH perigosos incluem-se os processos de incineração dos RH, tratamento dos gases de combustão, tratamento de águas residuais e em alguns casos, quando existe, produção de electricidade. Os RH são transformados pelo sistema de incineração em cinzas que são depois depositadas. No caso de existir produção de electricidade esta irá re-alimentar os equipamentos existentes no processo, sendo o excesso colocado na rede de distribuição de energia. Este processo para além do combustível, como o gás natural, consome produtos auxiliares como a água, hidróxido de sódio (NaOH), ácido clorídrico (HCl), amoníaco (NH₃) e o cloreto de cálcio (CaCl₂), utilizados no tratamento dos gases de combustão e das águas residuais [Zhao, Van Der Voet, Huppés and Zhang 2009].

O esquema de um sistema de incineração pode ser representada conforme indicado na Figura 9.

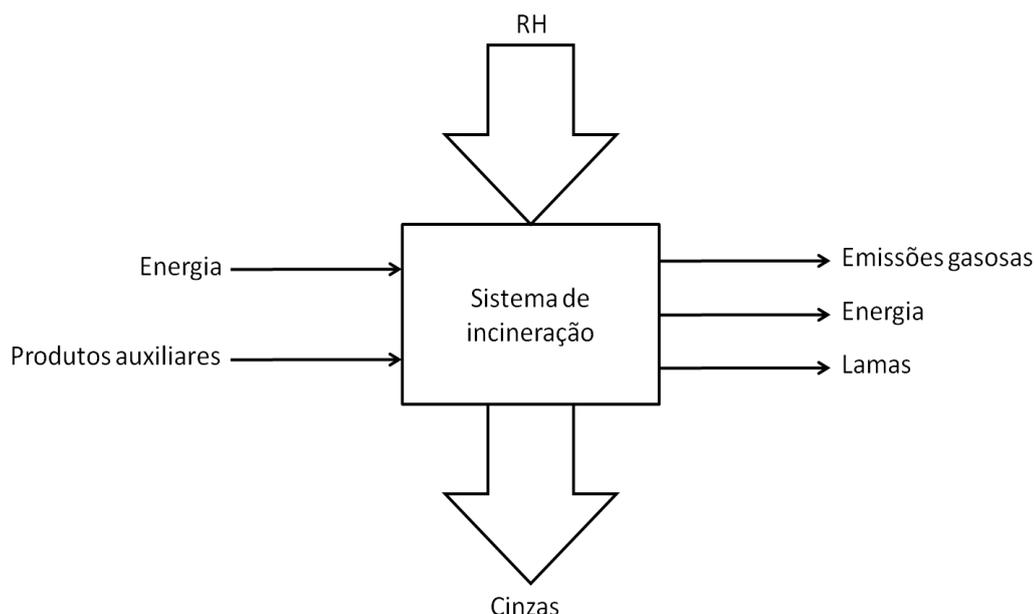


Figura 9 – Esquema de um sistema de incineração

Fonte: Zhao et al. (2009), Prüss (1999)

Um sistema de incineração moderno inclui normalmente os seguintes elementos [Rushbrook 1999]:

- sistema de carregamento mecânico;
- forno de combustão primário a funcionar a uma temperatura de aproximadamente 800 °C;
- forno de combustão secundário a funcionar a uma temperatura de aproximadamente 1200 °C;
- sistema de tratamento dos gases de combustão;
- caldeira com recuperador de calor, em opção;
- sistema de filtragem de partículas;
- sistema de filtragem de dioxinas e furano e monitorização em contínuo das emissões dos gases de combustão acompanhada, quando obrigatório, do envio da informação às entidades reguladoras.

Um sistema de incineração deve assegurar as condições óptimas de combustão para permitir a destruição quase total dos RH sem que haja produção de quantidades significativas de sólidos, líquidos ou gases prejudiciais, como dioxinas e furanos. Nesse sentido é importante assegurar os aspectos críticos de funcionamento como a temperatura de combustão, o tempo de permanência dos RH no forno, a turbulência do gás e as dimensões dos canais de entrada de ar [A. Prüss 1999]. Para, de alguma forma, garantir que as melhores condições de funcionamento das instalações de incineração são asseguradas, existe legislação que regulamenta o seu funcionamento.

O Decreto-Lei nº. 85/2005, de 28 de Abril, transpõe para o direito interno a Directiva nº 2000/76/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro, que estabelece requisitos mínimos para as instalações de incineração e co-incineração de resíduos, visando o estabelecimento e a manutenção rigorosa de condições de exploração, requisitos técnicos, valores limites de emissão e condições de monitorização. Para as dioxinas e furanos o valor limite de emissões referente à sua concentração total foi fixado em $0,1 \text{ ng/m}^3$ [Decreto-Lei_nº85/2005].

Um dado a ter em conta quando se utiliza a incineração para o tratamento de resíduos é o seu poder calorífico. Para que a opção da incineração seja praticável, o poder calorífico dos resíduos deve ser de pelo menos 2.000 kcal/kg, valor que é ultrapassado pelos resíduos infecciosos que ultrapassa as 4.000 kcal/kg [A. Prüss 1999].

3.3 Desinfecção química

A desinfecção química é utilizada no sector da saúde há muitos anos, desde a preparação de uma determinada área do corpo para receber uma injeção até à limpeza de superfícies de trabalho, passando pelo tratamento de RH. A desinfecção química baseia-se nas propriedades particulares de um agente químico para inactivar organismos patológicos. A eficácia de um determinado agente químico depende também da possível presença de outros compostos que possam ter um impacto negativo na sua eficácia. Para além disso, existem microrganismos mais resistentes do que outros à acção do agente químico [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

Os agentes antimicrobiais actuam ao nível celular e molecular. Alguns métodos químicos de controlo microbial incluem os antissépticos e os desinfectantes, que não são específicos para as células onde actuam [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

A esterilização pode ser conseguida utilizando diversos compostos químicos na forma gasosa, como o formaldeído e o óxido de etileno, sendo estes compostos considerados muito tóxicos [Diaz, Savage and Eggerth 2005]. Opinião aparentemente contrária tem a OMS que indica que esta tecnologia de tratamento de RH assegura apenas a desinfecção [A. Prüss 1999].

Existe uma variedade de químicos que podem ser utilizados para assegurar a desinfecção química, entre eles encontramos [Diaz, Savage and Eggerth 2005]:

- alcoóis;
- aldeídos;
- ácidos;
- bases;
- fenóis;
- halogéneos;

- compostos de metais pesados;
- detergentes;
- anti-metabólitos (anti-metabolites);
- peróxidos.

O desinfetante ideal deve ter as seguintes características [A. Prüss 1999; Diaz, Savage and Eggerth 2005]:

- capacidade de destruir todos os microrganismos e vírus pretendidos;
- possuir um elevado grau de estabilidade;
- não ser tóxico para as pessoas, o que pode obrigar as pessoas que os manuseiam a usar equipamento protector;
- não ser tóxico para os animais, podendo exigir cuidados ao nível de armazenamento e manuseamento;
- serem solúveis em água;
- não terem sabor;
- não terem odor, podendo ser necessário o tratamento dos gases libertados;
- serem relativamente económicos.

Alguns dos requisitos mais importantes para assegurar a eficácia e a rapidez da desinfecção química de RH são [A. Prüss 1999; Diaz, Savage and Eggerth 2005]:

- concentração suficientemente elevada do agente químico;
- tempo de contacto suficiente entre os RH e o agente químico;
- tipo de agente químico utilizado;
- superfície de contacto entre os RH e o agente químico, melhorada quando o RH está fragmentado ou é de pequenas dimensões;
- a carga orgânica dos RH;
- condições de temperatura, humidade, pH, etc.

Um esquema de um sistema de desinfecção química é apresentado na Figura 10.

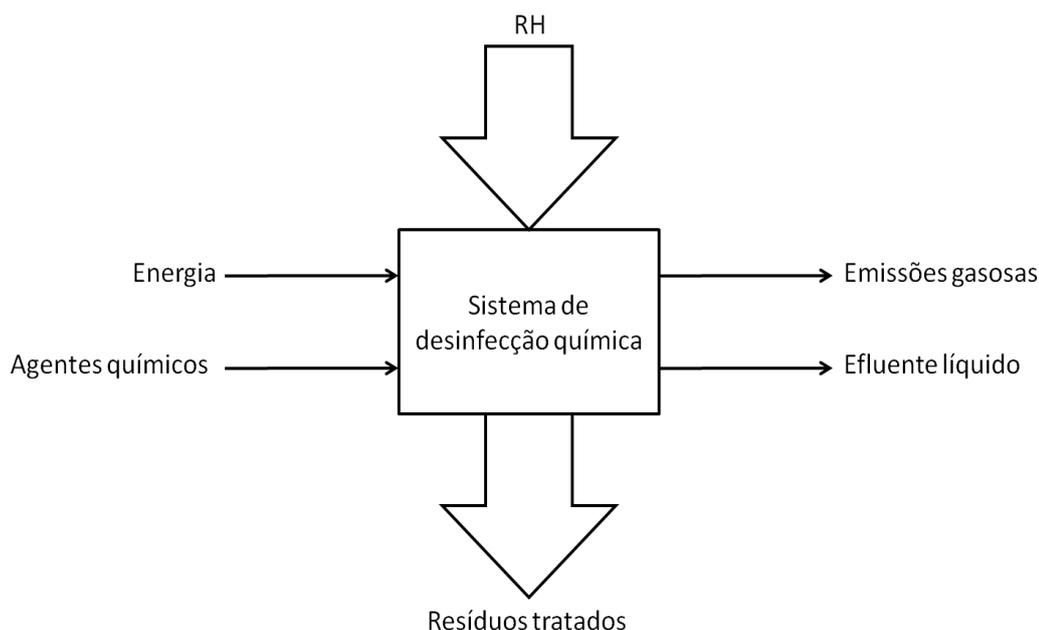


Figura 10 – Esquema da desinfecção química

O sistema de desinfecção química inclui normalmente um tratamento mecânico para redução do volume dos RH [Diaz, Savage and Eggerth 2005]. Esta redução de volume é aconselhável que seja por fragmentação antes da aplicação do agente químico. Desta forma, para além de reduzir o volume e tornar eventuais partes anatómicas irreconhecíveis, aumenta-se a superfície de contacto entre os RH e o agente químico. A redução de volume esperada nesta situação é de 60 a 90% [A. Prüss 1999].

O efluente líquido se contiver apenas pequenas quantidades de desinfectante pode ser encaminhado directamente para a rede de águas residuais sem pré-tratamento, desde que a rede pública tenha uma estação de tratamento adequada [A. Prüss 1999].

3.4 Desinfecção por microondas

As microondas são ondas muito curtas que se situam no espectro electromagnético na banda das rádio frequências. Têm comprimentos de onda com valores compreendidos entre as ondas de frequência muito elevada (UHF – ultra high frequency) e as ondas de infravermelho (IR – infrared) [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

Uma vez gerada a microonda, esta é guiada através de um canal metálico conhecido como “guia de onda”, que a direcciona para um determinado ponto. As microondas têm uma frequência muito elevada, à volta de 2,4 GHz, o que faz com que as moléculas no corpo receptor vibrem muito rapidamente, resultando em fricção, que por sua vez origina valores elevados de calor [A. Prüss 1999; Diaz, Savage and Eggerth 2005].

Está demonstrado que a desinfecção nas unidades de microondas não é um resultado da exposição directa dos RH às microondas. O vapor produzido pela humidade existente nos RH devido à energia das microondas origina a destruição da maior parte dos organismos patogénicos. Por esta razão, a desinfecção de RH através de microondas requer normalmente a adição de água aos RH durante o processo de tratamento [A. Prüss 1999; Diaz, Savage and Eggerth 2005].

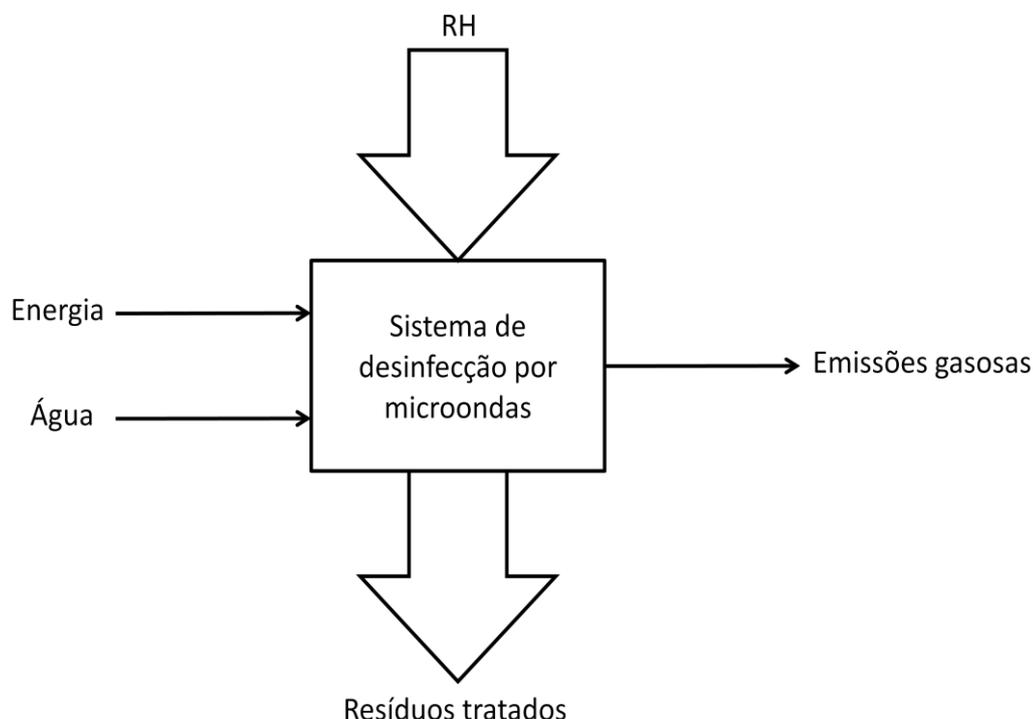


Figura 11 – Esquema da desinfecção por microondas

Um sistema de desinfecção por microondas contém normalmente três tipos de equipamento: 1 – equipamento para manusear os RH, 2 – equipamento de desinfecção e 3 – equipamento de controlo ambiental. A câmara onde é efectuada a desinfecção é hermeticamente fechada, sendo aqui que os RH são colocados para serem tratados e para onde as microondas são direccionadas. Os sistemas de desinfecção por microondas podem funcionar por lotes ou num sistema semi-contínuo [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

Um sistema típico de tratamento por microondas para grandes quantidades de RH tem uma porta de entrada que abre para que os RH entrem no sistema. Assim que os RH a tratar estejam no interior da unidade é injectado vapor sendo simultaneamente extraído o ar. O ar passa por uma unidade de filtragem de partículas de alta eficiência (HEPA – High Efficiency Particulate Air Filter) antes de ser extraído da unidade. Os RH são depois triturados e encaminhados para um “sem-fim” (rotating screw) onde são expostos novamente a vapor e onde são aquecidos para temperaturas compreendidas entre os 95 e os 100 °C através de microondas, por um período de tempo de cerca de 20 minutos. Os resíduos tratados podem passar por uma nova fase de trituração para obter uma maior

redução do volume. Esta trituração secundária é particularmente importante no caso de haver agulhas nos RH a tratar [A. Prüss 1999; Diaz, Savage and Eggerth 2005].

Os resíduos tratados por este método podem entrar directamente no circuito dos resíduos municipais [A. Prüss 1999].

3.5 Comparação das diferentes tecnologias

Qualquer uma das tecnologias descritas é capaz de efectuar o tratamento de materiais cortantes e perfurantes [A. Prüss 1999; Diaz, Savage and Eggerth 2005; Gonçalves 2005]. No entanto o desempenho qualitativo de cada uma delas não é idêntico. Na Tabela 8 é apresentada uma análise comparativa do desempenho qualitativo de cada uma delas na destruição dos objectos cortantes e perfurantes que tenham um perigo potencial de infecção [APA, DGS and DGV 2010].

	Autoclavagem	Desinfecção química	Microondas	Incineração
Destruição de objectos cortantes e perfurantes	Fraco a moderado	Moderado	Fraco a moderado	Muito bom

Tabela 8 – Comparação do desempenho de diferentes tecnologias na destruição de materiais cortantes e perfurantes

Fonte: PERH 2010-2016

De referir que os métodos de tratamento por autoclavagem e desinfecção química não permitem eliminar os perigos químicos associados aos materiais cortantes e perfurantes [APA, DGS and DGV 2010]. Os perigos químicos poderão estar por exemplo nos resíduos provenientes dos locais de tratamento por quimioterapia.

Para além das tecnologias referidas na Tabela 8, o material cortante e perfurante também pode ser tratado através do encapsulamento ou em aterro seguro na própria UPCS. Apesar da variedade de tecnologias possíveis para o tratamento dos materiais cortantes e perfurantes, estes devem, sempre que possível, serem incinerados, podendo para o efeito serem misturados com outros resíduos infecciosos [A. Prüss 1999].

Outro aspecto que se torna relevante, por diminuir as necessidades em termos de aterros, tem a ver com a capacidade que cada uma das tecnologias tem em reduzir o volume dos RH tratados. Neste aspecto a única que o faz em consequência do próprio processo de tratamento é a incineração. As outras tecnologias têm normalmente associado ao processo um tratamento mecânico que para além de reduzir o volume dos RH permite, em alguns casos, melhorar a eficácia do próprio tratamento.

Algumas destas tecnologias de tratamento de RH podem ser instaladas em centrais de tratamento ou junto das UPCS. A instalação feita junto das UPCS tem a vantagem de eliminar a necessidade do transporte exterior. Em qualquer dos

casos a responsabilidade pelo seu correcto funcionamento é do operador e não da UPCS [Gonçalves 2005].

Em termos de emissões para o ambiente verifica-se que todas elas produzem emissões que poderão de alguma forma ser prejudiciais às pessoas, animais ou meio ambiente. Os autoclaves e a desinfecção química produzem descargas líquidas e gasosas, tendo ambas que ser devidamente geridas antes de serem libertadas no meio ambiente. A incineração para além de poder produzir emissões líquidas e gasosas com necessidade de uma gestão adequada, produz sólidos que poderão também estar sujeitos a algum tipo de condicionamento legal em alguns países. Os sistemas por microondas produzem emissões gasosas que deverão estar sujeitas a tratamento [Diaz, Savage and Eggerth 2005].

Ao nível de custos estima-se que uma pequena incineradora tenha custos na ordem dos US\$ 380 por tonelada de RH incinerados. Ao nível do custo de investimento e com base em dados estimados para a Europa em 1996, uma incineradora sem recuperação de energia, sem tratamento das emissões gasosas e com capacidade para tratar 400 kg de RH por dia poderá custar US\$ 50.000. Para uma incineradora com recuperação de calor, com tratamento das emissões gasosas e com uma capacidade de tratamento de 8 t/dia de RH, poderá ter um custo de US\$ 780.000 [A. Prüss 1999]. De referir que a situação mais económica não pode ser utilizada em Portugal por impedimento legal. De acordo com o Decreto-Lei nº. 85/2005, de 28 de Abril, as instalações de incineração e co-incineração de resíduos devem ter o controlo e a monitorização das emissões asseguradas.

A desinfecção química tem custos de investimento na ordem dos US\$ 50.000 a US\$ 100.000, sendo os custos operacionais na ordem dos US\$ 100 a US\$ 120 por tonelada de RH tratada. Este custo está fortemente dependente dos custos dos desinfectantes utilizados [A. Prüss 1999].

Ao nível dos autoclaves as estimativas apontam para custos de investimento na ordem US\$ 50.000 a US\$ 200.000 e custos operacionais na ordem dos US\$ 400 por tonelada de RH tratada [A. Prüss 1999].

Uma unidade completa de desinfecção por microondas deverá custar à volta de US\$ 500.000, havendo sistemas compactos a preços bastante inferiores. A Tabela 9 apresenta um sumário destes custos [A. Prüss 1999].

Gonçalves (2005) considera que a deposição em aterro é normalmente a forma de tratamento mais económica. Rushbrook (1999) faz uma análise de custos comparativa entre a autoclavagem, a incineração e a desinfecção química com fragmentação. Tendo em conta as necessidades de capital, operação, manutenção, tempo de serviço e pessoal chegou à conclusão que a incineração é a tecnologia mais cara, seguida da desinfecção química e por fim, a mais económica, a autoclavagem [Rushbrook 1999].

	Custos de investimento [US\$]	Custos operacionais [US\$/t/ano]
Incineração	50.000 – 780.000	380
Desinfecção química	50.000 – 100.000	100 – 120
Autoclavagem	50.000 – 200.000	400
Microondas	500.000	Sem informação

Tabela 9 – Comparação de custos para diferentes tecnologias de tratamento de RH

Fonte: Pruss et al. (1999)

Os custos associados ao tratamento dos RH envolve não só a escolha da tecnologia a utilizar como também as restantes variáveis do ciclo da gestão dos RH. Uma separação dos resíduos na fonte mais efectiva tem um impacto grande nos custos de tratamento. Com base num estudo efectuado em cinco hospitais europeus, verificou-se que se os hospitais com menor eficiência conseguissem atingir o nível de eficiência do melhor hospital na triagem dos RH podiam conseguir poupanças entre os 200.000 € e os 290.000 € por ano [Gonçalves 2005].

De uma forma resumida, os aspectos da gestão de RH que influenciam os custos de tratamento são os seguintes [A. Prüss 1999]:

- gestão local eficaz, com triagem adequada, tendo em conta o tipo de RH produzidos;
- planeamento do processo e da estratégia de gestão dos RH;
- documentação com registo de custos;
- escolha da tecnologia de tratamento;
- formação e segurança no trabalho.

No PERH 2010-2016 vêm sintetizadas as vantagens e desvantagens das tecnologias de tratamento de RH, indicadas na Tabela 10 para as tecnologias de autoclavagem, desinfecção química, microondas e incineração.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Autoclavagem	<ul style="list-style-type: none"> • Simples de operar; • redução de volume associada à etapa de trituração; • custos de investimento e de exploração baixos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aparência do resíduo após tratamento e massa dos resíduos inalteradas; • não aplicável a todos os tipos de resíduos; • emissões atmosféricas não caracterizadas; • emissão de odores.
Desinfecção química	<ul style="list-style-type: none"> • Processamento rápido; • ausência de odores; • custo relativamente baixo de alguns desinfectantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de investimento moderados a elevados; • não aplicável a todos os tipos de resíduos; • armazenagem e utilização dos produtos químicos • emissões atmosféricas não caracterizadas; • reduzida redução do volume

		<ul style="list-style-type: none"> • dos resíduos; • produção de efluentes líquidos associados ao processo.
Microondas	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de volume significativa associada à etapa de trituração; • resíduo irreconhecível após tratamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de investimento elevados; • aumento da massa do resíduo; • não aplicável a todos os tipos de resíduos; • emissões atmosféricas não caracterizadas; • produção de efluentes líquidos associados ao processo.
Incineração	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da massa e volume do resíduo; • resíduo não identificável após tratamento; • eficaz no tratamento de todos os tipos de resíduos; • potencial para recuperação de energia ou produção de energia ou ambas; • ausência de odores; • controlo e monitorização das emissões. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de investimento e exploração elevados; • emissão de poluentes atmosféricos em caso de má operação.

Tabela 10 – Resumo de vantagens e desvantagens das tecnologias de tratamento dos RH

Fonte: PERH 2010-2016

4 Protótipo

O Protótipo alvo deste estudo encontra-se a ser desenvolvido e a funcionar no Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (DEMM) na FEUP. O objectivo subjacente à sua construção foi o de desenvolver um sistema de tratamento alternativo para os resíduos de Grupo IV, transformando-os em resíduos equivalentes a resíduos urbanos podendo desta forma serem misturados com os resíduos não perigosos. Nesta dissertação iremos considerar a utilização do protótipo apenas para o tratamento dos resíduos de materiais cortantes e perfurantes.

Na sua concepção procurou-se obter um equipamento suficientemente pequeno e de fácil instalação, operação e manutenção que permitisse a sua utilização próximo dos locais de produção.

O processo de tratamento assenta nos conceitos de descontaminação térmica a seco e descontaminação química. Com a descontaminação térmica pretende-se obter a inactivação de agentes patogénicos eventualmente existente nos resíduos de materiais cortantes e perfurantes. A fonte de calor utilizada é um conjunto de resistências eléctricas comandadas por um controlo de temperatura “tudo ou nada”. A descontaminação química pretende



Figura 14 – Interior do forno com o cone de descontaminação

assegurar o tratamento do ar que circula no interior do protótipo, em consequência da possibilidade de este poder conter algum elemento patogénico libertado dos materiais cortantes e perfurantes a serem tratados. O agente químico utilizado para assegurar a descontaminação química é uma solução aquosa de hipoclorito de sódio (NaClO).

Uma vez introduzida a embalagem que contem os materiais cortantes e perfurantes no alimentador da máquina, o tratamento começa a ser efectuado através do calor que é transmitido através do ar quente existente no interior da máquina e pelo que é transmitido através das paredes do cone de descontaminação. A acção do calor faz com que a embalagem comece a derreter, envolvendo os materiais cortantes e perfurantes existentes no seu interior, formando



Figura 12 – Imagem do Protótipo



Figura 13 – Tampa da entrada de resíduos e a ligação para saída do ar interior

um objecto que pela acção da gravidade e do vácuo produzido no fundo do cone irá cair no cilindro de recolha e encapsulamento dos resíduos. Este cilindro, feito de cartão, é depois manualmente retirado e tapado com uma tampa de plástico. O cone de descontaminação, com a parte mais estreita no fundo, obriga a que a embalagem fique mais compacta, reduzindo o seu volume substancialmente.

Paralelamente existe um circuito de ar accionado por um sistema de vácuo “venturi” que força o ar existente no interior do forno a passar por uma solução aquosa de hipoclorito de sódio antes de ser libertado para o exterior. A Figura 15 apresenta um esquema do tratamento com este protótipo.

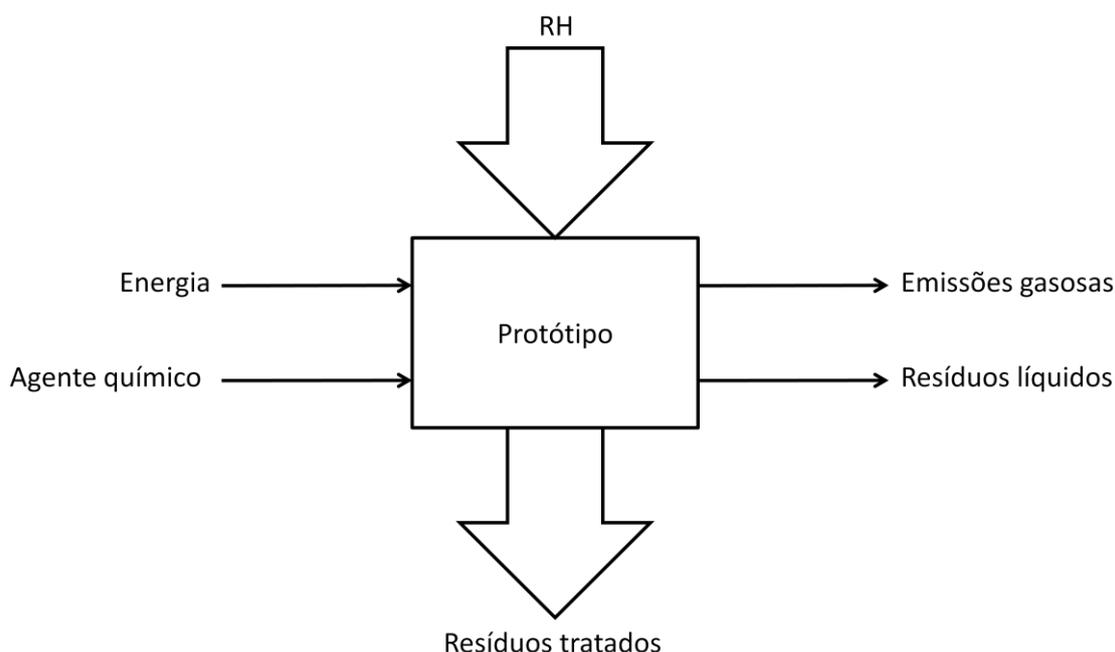


Figura 15 – Esquema do tratamento efectuado com o protótipo

O protótipo foi construído com base num forno de cozinha convencional, a partir do qual se fizeram modificações para incorporar a entrada, o cone de desinfecção e a saída



Figura 16 – Saída com o tubo de encapsulamento

com o tubo de encapsulamento. No exterior do forno foi criado um circuito aberto para a extracção do ar existente no interior do protótipo, onde estão intercalados um depósito, com a solução aquosa de hipoclorito de sódio, um vacuómetro e um sistema de vácuo “venturi”. O sistema de controlo da temperatura é o original do forno. Trata-se de um sistema de controlo “tudo ou nada” com realimentação da variável controlada através de um sensor colocado no interior do forno. Os comandos do forno permitem ajustar a temperatura até valores de 250 °C, seleccionar entre uma ou duas resistências a funcionar, seleccionar a opção “turbo”, a

que corresponde a circulação forçada de ar quente e o tempo de funcionamento do forno. A Figura 17 mostra um desenho do protótipo.

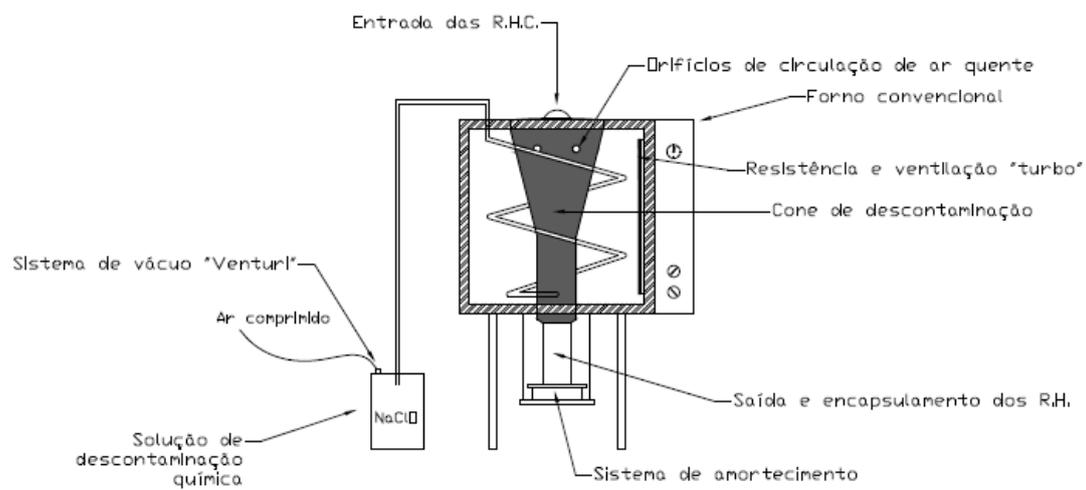


Figura 17 – Desenho do protótipo

Fonte: Rodrigues (2008)

5 Metodologia do trabalho de investigação

Para a realização desta dissertação foram efectuados ensaios laboratoriais e estudos de dispersão das UPCS, centrados no desenvolvimento e na avaliação da hipotética aplicação de um protótipo para o tratamento de resíduos provenientes de materiais cortantes e perfurantes. Este protótipo já tinha sido alvo de um estudo no âmbito de uma dissertação de mestrado realizado em 2008 na FEUP. Os métodos e os processos utilizados para a sua elaboração encontram-se descritos com maior pormenor nos capítulos seguintes.

5.1 Ensaios de laboratório

O anterior estudo sobre este protótipo abordou o tema da eficácia da sua utilização na descontaminação de RH do grupo IV, tendo chegado à conclusão que o protótipo elimina qualquer agente patogénico presente ao fim de doze minutos no seu interior [Rodrigues 2008]. Importa agora desenvolver o protótipo no sentido de o tornar mais produtivo e de eliminar algumas condicionantes à sua utilização prática, próprias do seu funcionamento.

Com os ensaios agora realizados procuramos atingir os seguintes objectivos:

- a) Caracterização do funcionamento do protótipo na fase de aquecimento, através da medição da temperatura e do tempo.
- b) Identificar possíveis condicionantes existentes na aplicação do protótipo numa situação real, através da observação do seu funcionamento.
- c) Validar a introdução de um alimentador no protótipo como forma de aumentar a sua produtividade.
- d) Validar a introdução de um novo circuito de ar externo como forma de assegurar o tratamento das emissões gasosas libertadas pelo protótipo.

Para efectuar os ensaios foram utilizados contentores próprios para materiais cortantes e perfurantes, com duas capacidades diferentes. O contentor grande possui a capacidade de 2 litros e o contentor pequeno a capacidade de 0,5 litros. Estes contentores são fabricados em polipropileno, resistentes à penetração por



Figura 18 – Contentores utilizados nos ensaios

materiais cortantes e perfurantes e com um sistema de fecho de segurança. A resistência do polipropileno ao calor é limitada, sendo a sua temperatura de amolecimento situada entre os 165 e os 177 °C [Rodrigues 2008].

Na impossibilidade de adquirir agulhas, os ensaios com carga foram realizados simulando as agulhas através de arame cortado que era introduzido na

embalagem. Foram utilizados arames com dois diâmetros diferentes, tendo sido cortados em troços que variavam entre aproximadamente 15 mm e 35 mm, por serem os comprimentos com maior probabilidade de serem encontrados nas UPCS. A quantidade de arame introduzido na embalagem era aleatória, situando-se na ordem de grandeza das dezenas.

5.1.1 Caracterizar a fase de aquecimento do protótipo

Para caracterizar o funcionamento do protótipo na fase de aquecimento foram efectuadas medições em três pontos distintos do cone de descontaminação. O aparelho de medida utilizado para efectuar as medições de temperatura foi um pirómetro de infravermelhos, nos pontos indicados na Figura 19. Para a

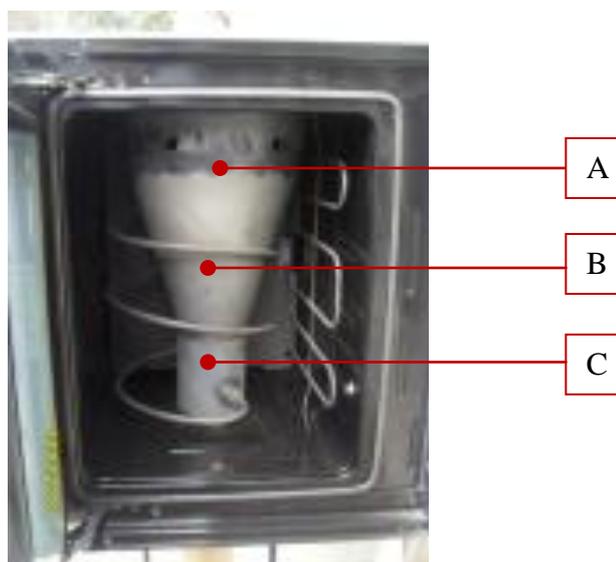


Figura 19 – Pontos de medição da temperatura

medição do tempo foi utilizado um cronómetro analógico convencional. O procedimento utilizado foi o indicado a seguir, tendo sido efectuado com o protótipo sem carga:

1. ligar o sistema de vácuo;
2. efectuar o primeiro conjunto de medições de temperatura;
3. regular o termostato do forno para a temperatura máxima de 250 °C;
4. ligar as duas resistências;
5. ligar o temporizador sem limite de tempo;
6. começar a contagem do tempo;
7. efectuar um conjunto de medições, minuto a minuto e sempre na mesma ordem,
8. efectuar a última medição de temperatura após o termostato do forno desligar.

5.1.2 Identificação de condicionantes na utilização do protótipo

Este ensaio foi efectuado através da observação do funcionamento do protótipo durante o processo de tratamento de materiais cortantes e perfurantes.

Com base no conhecimento adquirido durante a fase do levantamento bibliográfico podemos considerar que uma das preocupações com as tecnologias

de tratamento de RH está na perigosidade dos resíduos provenientes do tratamento em si. Esta observação centrou-se por isso em verificar a existência ou não de emissões ou resíduos, nas suas formas gasosas, líquidas ou sólidas, provenientes do protótipo em consequência do processo de tratamento por ele efectuado aos materiais cortantes e perfurantes.

As embalagens que eram colocadas no protótipo durante as observações estavam todas com carga no seu interior.

5.1.3 Validação de melhorias

Aumento de produtividade

A primeira alteração de que este protótipo foi alvo, consistiu em introduzir um alimentador na entrada do protótipo com o propósito de aumentar a sua produtividade. O alimentador, na forma de um cilindro, aumenta a capacidade da entrada, permitindo colocar uma maior quantidade de embalagens no seu interior. Com o alimentador é possível colocar em simultâneo três embalagens grandes na máquina, enquanto sem o alimentador é apenas possível colocar uma embalagem grande. O propósito desta alteração consiste em aproveitar o



Figura 20 – Alimentador do protótipo

ar quente existente nesta zona para efectuar um pré-aquecimento e assim diminuir o tempo médio de tratamento por embalagem. Para além disso, ao permitir introduzir uma maior quantidade de embalagens em simultâneo, diminui potencialmente o número de cargas a fazer.

O procedimento de validação desta alteração consistiu na execução de dois ensaios, um sem o alimentador e outro com o alimentador, com o objectivo de contabilizar o tempo gasto pelo protótipo na fusão de todas as embalagens colocadas no seu interior. As embalagens utilizadas nos ensaios foram as grandes e eram colocadas no interior do protótipo com carga e seladas.

Uma vez obtidos os valores do tempo de fusão, calculou-se o tempo médio de fusão por embalagem, efectuando depois a comparação desses valores no sentido de saber se o tempo de fusão por embalagem diminui com a existência do alimentador. Cada um dos ensaios foi executando da seguinte forma:

1. ligar o sistema de vácuo;
2. regular o termostato do forno para a temperatura máxima de 250 °C;
3. ligar as duas resistências;

4. ligar o temporizador sem limite de tempo;
5. aguardar até que a temperatura seleccionada seja atingida;
6. carregar totalmente o protótipo com as embalagens;
7. começar a contagem do tempo;
8. controlar o estado da fusão através de visualizações;
9. medir o tempo de fusão para a totalidade das embalagens colocadas no protótipo.

Para controlar o estado da fusão, as visualizações eram efectuadas através da entrada do protótipo, retirando a tampa para as efectuar. Estas visualizações não obedeceram a um período de tempo regular porque o seu objectivo era determinar apenas o tempo necessário para que as embalagens fossem fundidas.

Assegurar o tratamento das emissões gasosas

A segunda alteração consistiu em alterar o circuito de ar exterior ao protótipo. Durante o período de observação para identificação de condicionantes do protótipo, verificou-se a existência de emissões gasosas resultantes da decomposição do polímero da embalagem durante o processo de tratamento. Uma vez que estas emissões podiam ter algum nível de perigosidade, para além de possuírem um odor intenso desagradável que as caracterizava, tornava-se necessário encontrar uma forma de assegurar o seu tratamento e consequentemente eliminar o odor. Esta alteração consistiu em melhorar o sistema de evacuação do ar do interior do protótipo para assegurar a sua exaustão integral através da tubagem exterior existente para o efeito.

As melhorias introduzidas consistiram em utilizar uma bomba de vácuo com maior capacidade de caudal, associada a uma maior secção da tubagem e a um circuito diferente. A bomba de vácuo utilizada foi a de um pequeno aspirador com uma potência de 800 W.

A alteração do circuito deveu-se à impossibilidade de alterar a secção da tubagem e manter o ponto de ligação do circuito antigo, situado no fundo do cone de descontaminação. O novo ponto de ligação passou a ficar situado na tampa do alimentador. Esta nova disposição tem ainda a vantagem adicional de apresentar uma menor perda de carga.

A validação desta alteração foi efectuada por observação. Depois de terem sido efectuadas as alterações ao circuito externo de ar, o protótipo foi colocado a funcionar nas mesmas condições em que tinham sido efectuadas as observações



Figura 21 – Novo circuito de ar exterior

anteriores e que tinham detectado o problema. Foram depois colocadas embalagens no interior do protótipo para iniciar o processo de tratamento, tendo-se então observado a existência ou não de emissões gasosas não encaminhadas pelo circuito exterior de ar.

5.2 Estudo de dispersão

O estudo de dispersão consistiu, numa fase inicial, em obter uma ideia da concentração das UPCS existentes em Portugal, avançando depois para o seu principal objectivo que consiste em validar a hipótese da utilização de um sistema de tratamento descentralizado de resíduos de materiais cortantes e perfurantes ser mais vantajosa do que a utilização de um sistema centralizado, numa perspectiva de custos de transporte. Deste modo avalia-se a possível utilização deste protótipo por comparação com o que é actualmente praticado em Portugal.

Para a realização do estudo de dispersão das UPCS existentes em Portugal foram inicialmente contactados alguns docentes da Universidade do Porto, nomeadamente da Faculdade de Letras e da Faculdade de Medicina, no sentido de averiguar a existência de algum estudo já efectuado nesta área. Tendo a resposta sido negativa optou-se por utilizar uma ferramenta informática da Microsoft designada por MapPoint 2010, na sua versão europeia. Esta ferramenta permite visualizar dados referenciados geograficamente, calcular itinerários entre locais previamente escolhidos pelo utilizador e os custos associados, servindo para o propósito deste trabalho. A introdução de dados pode ser efectuada de forma automática ou manual. Para ser efectuada de forma automática é necessário obedecer a um pequeno conjunto de regras simples, podendo os dados ser carregados a partir de uma folha excel.

Para carregar a informação no MapPoint utilizamos a base de dados das UPCS existentes em Portugal disponibilizada pelo SNS. Esta base de dados está disponível através da Internet no portal do MS, permitindo pesquisar através do tipo de UPCS, de selecção obrigatória, e depois por distrito, concelho e freguesia, de selecção facultativa. Esta base de dados permite, uma vez efectuada a pesquisa para as escolhas definidas, exportar os dados para uma folha excel, o que no nosso caso facilita o trabalho de adaptação.

Depois de estarem definidas a ferramenta informática e a fonte de dados a utilizar definiu-se o seguinte procedimento:

1. Preparar a informação:
 - 1.1. criar uma base de dados integrada de UPCS em Portugal;
 - 1.2. adaptar a base de dados para poder ser carregada automaticamente no MapPoint,
 - 1.3. carregar a base de dados no MapPoint.
2. Criar duas zonas de influência:

- 2.1. criar um mapa de Portugal com a visualização da dispersão das UPCS por distrito;
- 2.2. seleccionar uma área de elevada concentração de UPCS;
- 2.3. seleccionar uma área de baixa concentração de UPCS;
- 2.4. identificar um local estratégico em cada área seleccionada;
- 2.5. criar uma zona de influência para cada um dos locais estratégicos identificados;
3. Calcular o custo do trajecto a fazer com um sistema de tratamento descentralizado:
 - 3.1. definir os locais estratégicos identificados como sendo os locais de tratamento;
 - 3.2. determinar a distância a percorrer por mês em cada zona de influência criada;
 - 3.3. calcular o custo associado à distância a percorrer.
4. Calcular o custo do trajecto a fazer com um sistema de tratamento centralizado:
 - 4.1. definir os locais estratégicos identificados como sendo os locais de armazenamento temporário;
 - 4.2. definir o local central onde irá ficar o sistema de tratamento centralizado;
 - 4.3. determinar a distância a percorrer por mês para cada zona de influência criada;
 - 4.4. calcular o custo associado à distância a percorrer.
5. Comparar os custos de transporte calculados

Na selecção do tipo de serviço de saúde existente na base de dados do MS foram escolhidas oito das vinte e três hipóteses disponíveis, por serem as que apresentam a possibilidade de terem produção de resíduos de materiais cortantes e perfurantes. Os tipos de serviço de saúde seleccionados foram os centros de saúde, os centros regionais, os convencionados, as extensões de saúde, as farmácias, os hospitais, as maternidades e as unidades de saúde familiar.

Excluíram-se as unidades locais de saúde, os agrupamentos de centros de saúde e os centros hospitalares por se tratar de agrupamentos de UPCS já representadas nos outros tipos seleccionados. Os restantes tipos de serviços de saúde referiam-se a entidades sem produção de RH, como por exemplo a serviços administrativos.

No universo das farmácias nem todos os estabelecimentos produzem resíduos de cortantes e perfurantes, no entanto a base de dados disponibilizada pelo SNS não as discrimina sobre esse aspecto pelo que se optou por as incluir na totalidade.

Uma vez obtidos os dados para cada tipo de UPCS, estes foram integrados num só documento excel tendo-se procedido posteriormente à sua adaptação para que os dados pudessem ser carregados de forma automática no MapPoint. As adaptações procuraram seguir as recomendações dadas no MapPoint. Para cada coluna de informação foi dado um título em inglês em função do tipo de informação nela

contida. Eliminou-se o campo “Código Postal” existente na base de dados do SNS tendo em sua substituição sido criados dois campos adicionais, o primeiro contendo apenas os números do código postal a que se deu o nome de “Postalcode” e o segundo com nome da localidade a que se deu o nome de “City”. Criou-se um campo “Country/Region” para o País, que neste caso era Portugal em todos os registos. Apesar de facultativo, criou-se uma chave primária única para cada registo, que só é realmente necessária quando a importação de dados é efectuada por “link”.

De acordo com o Despacho nº. 242/96, de 13 de Agosto, as UPCS só podem armazenar RH por um período máximo de três dias, extensível a sete dias se o local de armazenamento tiver refrigeração. Para o cálculo dos percursos a efectuar teve-se em conta este despacho e assumiu-se que as UPCS não tinham armazenamento com refrigeração, pelo que é necessário efectuar uma recolha em cada UPCS por períodos máximos de três dias.

No cálculo dos custos não se teve em conta possíveis economias de escala conseguidas com o transporte em simultâneo de outros tipos de resíduos. Assume-se portanto que os sistemas de tratamento em análise, descentralizado e centralizado, utilizam veículos de transporte dedicados aos resíduos de materiais cortantes e perfurantes.

6 Resultados obtidos e discussão

Depois de concluídos os ensaios laboratoriais e o estudo de dispersão, obtivemos resultados de ordem qualitativa e de ordem quantitativa. Os primeiros referem-se essencialmente aos resultados obtidos com a observação directa enquanto os segundos referem-se aos dados recolhidos nas medições e no estudo de dispersão.

Vamos começar por analisar os resultados qualitativos dos ensaios e depois os quantitativos.

6.1 Resultados das observações do Protótipo

Com base nas observações efectuadas para identificar possíveis condicionantes na utilização do protótipo no tratamento de resíduos provenientes de materiais cortantes e perfurantes, observou-se a existência de uma condicionante importante na sua utilização.

Verificou-se a existência de emissões gasosas, na forma de fumo, que não eram extraídas do interior do protótipo através do circuito exterior de ar. Este fumo ao não passar pelo circuito exterior não era tratado pelo que não se podia garantir a sua inocuidade. O fumo libertado tinha como características uma cor branca e um odor intenso e desagradável.



Figura 22 – Resíduos sólidos no interior do protótipo

No final do processo de tratamento verificou-se haver resíduos sólidos no interior do protótipo que não entravam no tubo de encapsulamento. Retirando esses resíduos foi possível identificar a existência neles de papel, que ao não poder derreter, ficava no interior do protótipo, acumulando à sua volta restos das embalagens tratadas. Esta situação não compromete o tratamento e é natural que as cargas seguintes arrastem os restos das embalagens anteriores. Este problema deixaria de existir com a utilização de embalagens sem papel ou, no caso de tal não ser possível, de retirar o papel antes de as submeter ao processo de tratamento.

Não foram identificadas formas de efluentes líquidos durante os ensaios. Apenas e em consequência do tratamento do ar com um agente químico, se verifica a existência de um resíduo líquido.

Em resumo, o resultado das primeiras observações foi o que consta na Tabela 11.

	Existência	Cor	Odor	
			Existência	Intensidade
Resíduos sólidos	Sim	Amarelo com traços de vermelho	Não	-
Efluentes líquidos	Não	-	-	-
Resíduos líquidos	Sim	Não	Não	-
Emissões gasosas	Sim	Branco	Sim	Forte

Tabela 11 – Condicionantes na utilização do protótipo

A utilização do protótipo nestas condições torna-se difícil porque as emissões gasosas condicionam fortemente o ambiente onde se encontra instalado o protótipo. Para não comprometer a sua utilização prática torna-se necessário proceder a alterações no protótipo com o objectivo de eliminar este problema.

Durante os processos de tratamento efectuados verificou-se que a tampa do alimentador aquecia substancialmente. Esta situação não influenciando a eficácia do tratamento, dificulta o manuseamento do protótipo.

Como sugestão para a eliminação do problema verificado na tampa do alimentador, fica a hipótese de colocar um isolante térmico na asa da tampa ou, em alternativa, construir uma tampa nova num material de fraca condutividade térmica. Esta última alternativa tem a vantagem adicional de poder construir uma tampa ligeiramente mais larga para se poder ajustar melhor ao alimentador.

Validação do novo circuito de ar exterior

Depois de verificada a existência de emissões gasosas durante o processo de tratamento, procedeu-se às alterações do circuito exterior de ar. A observação do comportamento do protótipo com a alteração efectuada verificou que os fumos brancos e com odor desapareceram por completo. O ar existente no interior do protótipo passou a ser extraído totalmente pelo circuito exterior. Desta forma, o fumo era forçado a passar pela solução aquosa de hipoclorito de sódio, sendo visível e audível o borbulhar da solução provocado pela passagem do ar. Desta forma confirmou-se que as alterações introduzidas no circuito de ar exterior do protótipo asseguravam o tratamento do ar, produzido no interior do protótipo durante o processo de tratamento.

	Antes da alteração da bomba de vácuo e tubagem	Depois da alteração da bomba de vácuo e tubagem
Existência de fumos com odor	Sim	Não

Tabela 12 – Resultado da alteração do circuito exterior

No futuro, poderemos pensar em colocar o ponto de ligação do circuito de ar exterior ao protótipo no alimentador, já que a actual disposição do ponto de ligação dificulta o manuseio da tampa. Outra alternativa seria a de cortar a tampa no sentido de permitir que a parte onde se encontra o ponto de ligação permaneça fixa. Esta última solução poderia ter a vantagem de evitar que o ponto de ligação

fique perto da zona de amolecimento das embalagens não havendo por isso o risco de serem aspirados resíduos.

6.2 Resultados das medições

Foram efectuados dois ensaios para obter medições. Um para caracterizar a fase de arranque do protótipo e outro para validar a introdução do alimentador no protótipo.

6.2.1 Medições na fase de arranque

No primeiro ensaio com medições, para caracterizar a fase de arranque do protótipo, mediu-se a temperatura e o tempo. O registo de temperaturas foi efectuado até ao minuto trinta e um ou seja, no minuto seguinte ao termóstato do forno desligar as resistências. Nesta altura deixou de haver uma fonte de calor externa, pelo que as temperaturas teriam tendência a não subir mais. Na Figura 23 estão representados os valores de uma forma gráfica.

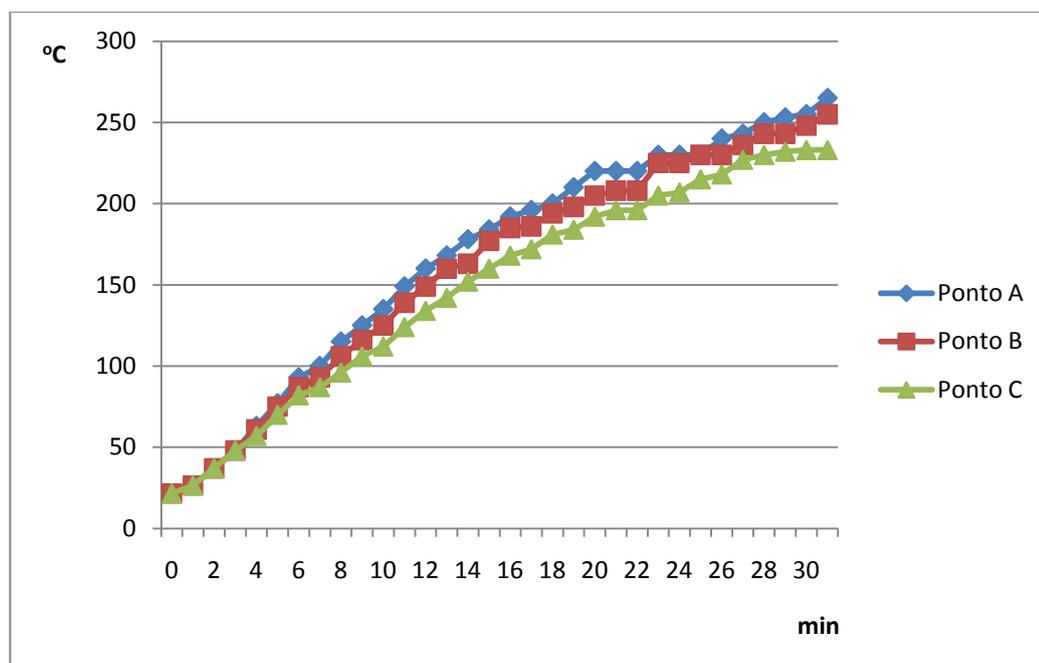


Figura 23 – Gráfico temperatura vs tempo na fase de arranque do protótipo

Verifica-se que o regime estacionário deste protótipo é atingido ao fim de pouco mais de 30 minutos tendo a temperatura máxima atingido sido de 265 °C no ponto A. O tempo necessário para estabilizar poderá sofrer alguma influência da temperatura inicial, condicionada pela temperatura ambiente verificada no local.

Observando o gráfico das temperaturas verifica-se que os gradientes de temperatura nos diferentes pontos são próximos, havendo uma pequena distanciação no final da contagem, tendendo as temperaturas no Ponto C a subir menos que as restantes. Em qualquer caso a temperatura atingida nos três pontos é superior à temperatura de amolecimento do polipropileno. O diferencial

máximo verificado entre os diferentes pontos de medição foi atingido no minuto 31 entre o ponto A e o ponto C, tendo sido registada uma diferença de temperatura com um valor de 32 °C.

Pelos valores registados verifica-se que o ponto A é o que apresenta os valores de temperatura mais elevados, o que seria de esperar já que este ponto é o que se encontra mais próximo do topo do forno, sendo por isso o que aquece mais depressa.

6.2.2 Medições de validação do alimentador

As medições para validar o alimentador como uma alteração capaz de aumentar a produtividade do protótipo consistiu em determinar o tempo de fusão antes e depois de colocado o alimentador com a sua máxima carga.

Os ensaios foram efectuados com as embalagens de maior capacidade. Verificou-se que a entrada do protótipo sem o alimentador tinha capacidade para uma única embalagem. Com a aplicação do alimentador o protótipo passou a ter a capacidade de receber de uma só vez até três embalagens. Durante este processo foram tiradas fotos para documentar o processo de fusão. Os resultados do primeiro ensaio encontram-se na Tabela 13.

Tempo [min]	Estado da fusão
0	
3	
5	
6	
7	
8	

Tabela 13 – Evolução do estado da fusão sem alimentador

A Tabela 14 mostra a evolução da fusão quando já está instalado o alimentador no protótipo e com três embalagens no seu interior para serem tratadas.

Tempo [min]	Estado da fusão
0	
3	
7	
13	
15	

Tabela 14 – Evolução do estado da fusão com alimentador

Verificou-se que no primeiro ensaio a fusão total se deu a cerca de 8 minutos após o início do processo de tratamento, enquanto no segundo ensaio se verificou que a fusão total das três embalagens se deu após 15 minutos desde o início do tratamento. Daqui resulta que o tempo médio gasto por embalagem no segundo caso é de aproximadamente 5 minutos, inferior aos 8 minutos gastos no primeiro ensaio. Desta forma confirma-se que a produtividade máxima do protótipo, medida pelo número de embalagens tratadas por unidade de tempo, aumenta com a utilização do alimentador.

6.2.3 Resultados do estudo de dispersão

Uma vez integrada a base de dados numa só folha de cálculo excel foi efectuado o carregamento dos dados no MapPoint. Consideraram-se apenas as UPCS existentes no continente e eliminaram-se alguns registos que estavam duplicados ou com informação incompleta. No final, as simulações no MapPoint foram efectuadas com base no registo de 5612 UPCS.

O passo seguinte foi o de criar o mapa de Portugal representativo da concentração de UPCS por distrito. O resultado obtido foi o da Figura 24 a partir da qual podemos verificar que existe uma concentração maior de UPCS no litoral de Portugal, desde o distrito de Braga até ao distrito de Setúbal.

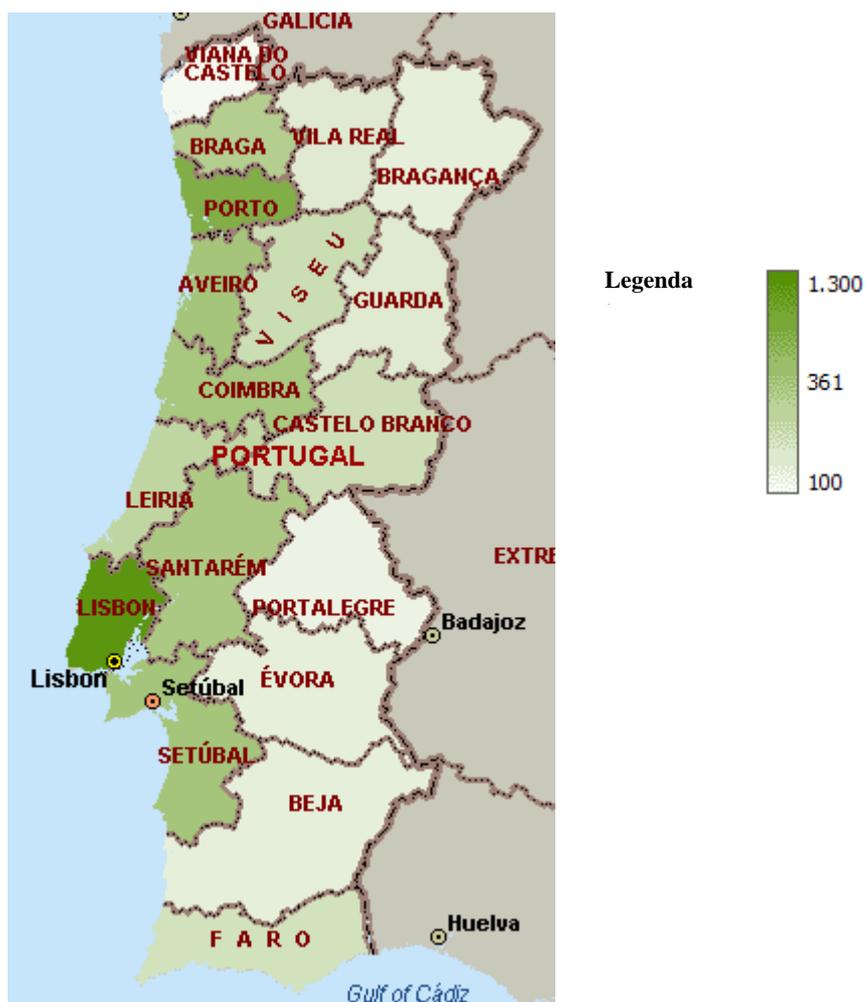


Figura 24 – Mapa com a concentração de UPCS por distrito

A partir deste mapa o MapPoint permite ainda quantificar o número de UPCS por distrito, tendo o resultado obtido sido o que se encontra na Tabela 15.

Distrito	Nº de UPCS
Viana do Castelo	119
Braga	324
Vila Real	162
Bragança	145
Porto	673
Aveiro	395
Viseu	218
Guarda	164
Coimbra	378
Leiria	259

Castelo Branco	206
Santarém	357
Lisboa	1201
Portalegre	128
Setúbal	394
Évora	145
Beja	146
Faro	198

Tabela 15 – Concentração de UPCS por Distrito

Passando à fase de selecção das áreas onde irão ficar implementadas as zonas de influência, optou-se por seleccionar a área do distrito do Porto para representar a

área com uma elevada concentração de UPCS e a área do distrito de Bragança para representar a área com uma baixa concentração de UPCS.

Uma vez seleccionadas as áreas, procuramos agora seleccionar um local estratégico em cada uma das áreas. Começando pelo distrito do Porto, foi elaborado um mapa do distrito com a visualização das UPCS por morada. Desta forma foi possível identificar a zona do distrito com maior concentração de UPCS e definir nela um local estratégico.

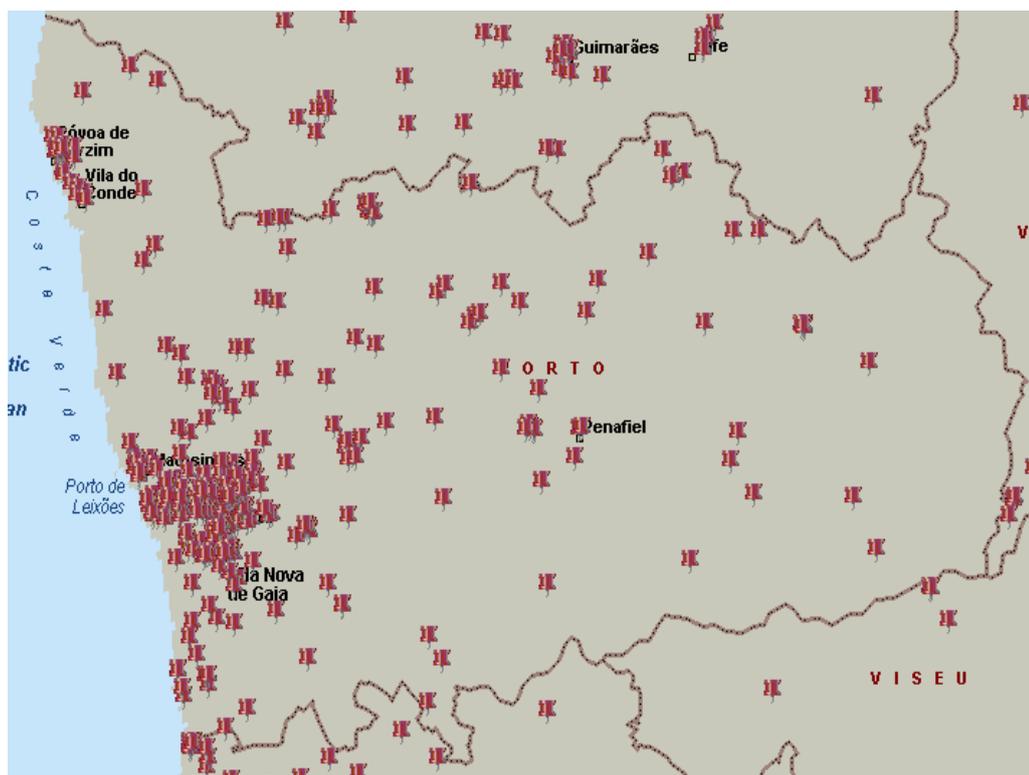


Figura 25 – Concentração de UPCS no distrito do Porto

Através da Figura 25 é possível verificar que a zona da cidade do Porto e as zonas limítrofes são as que apresentam a maior concentração de UPCS. Continuando a ampliar as zonas de maior concentração no sentido de encontrar e seleccionar um local estratégico, chega-se á conclusão que é o centro da cidade do Porto que apresenta a maior densidade de UPCS, visível na Figura 26.

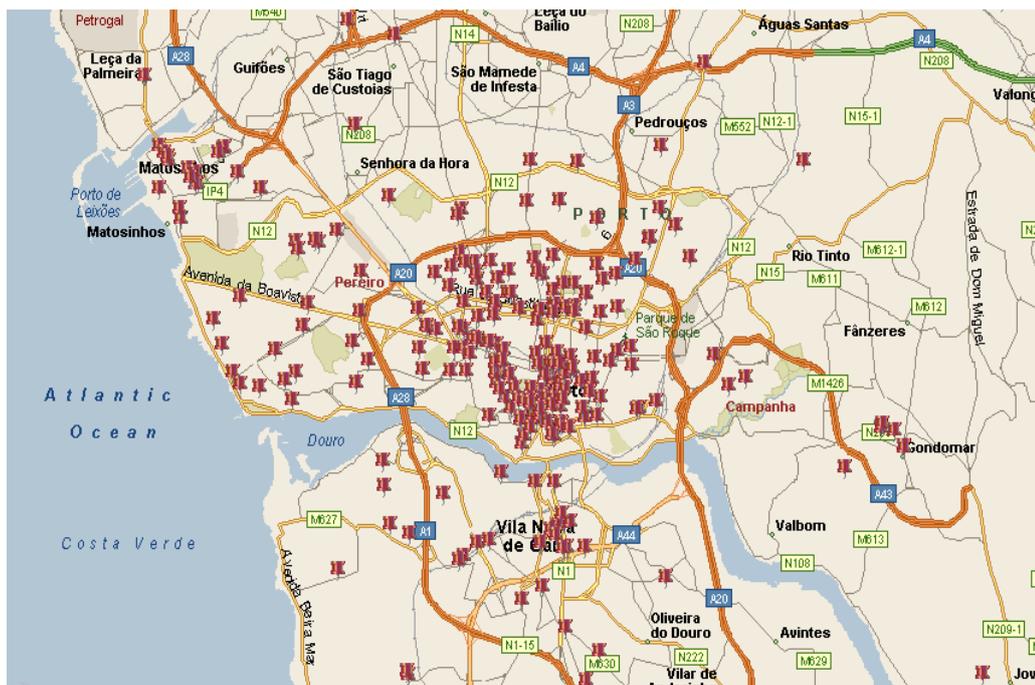


Figura 26 – Concentração de UPSCs na cidade do Porto e seus arredores

O local estratégico seleccionado foi a Rua do Estêvão por estar situada centralmente numa zona de elevada concentração de UPSCs, conforme se pode ver na Figura 27. Para o cálculo da zona de influência foi considerado que este local estratégico é onde fica situado o local de tratamento, responsável por tratar todos os resíduos de materiais cortantes e perfurantes das UPSCs incluídas na sua zona de influência.

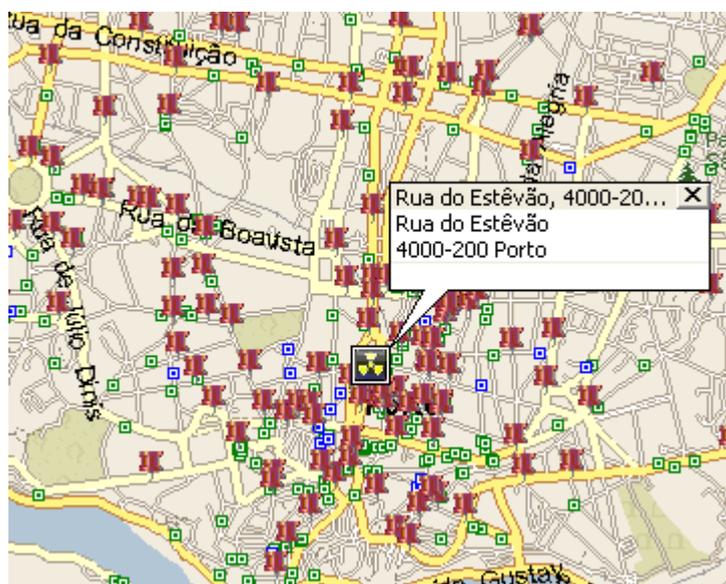


Figura 27 – Local seleccionado na cidade do Porto

A zona de influência foi criada com base na necessidade de percorrer todas as UPSCs nela incluídas num período máximo de 3 dias. Para calcular o tempo necessário foi assumido um tempo médio de paragem em cada UPSC de 10

minutos, a disponibilidade de veículo e motorista de 8 horas por dia, um tempo de deslocamentos para o centro de tratamento de 30 minutos por dia e que o veículo de transporte tem capacidade suficiente para transportar todos os resíduos recolhidos no trajeto diário. Nestas condições foi possível criar uma zona de influência em que as UPCS mais distantes do centro de tratamento ficam no máximo a 4 minutos de distância.

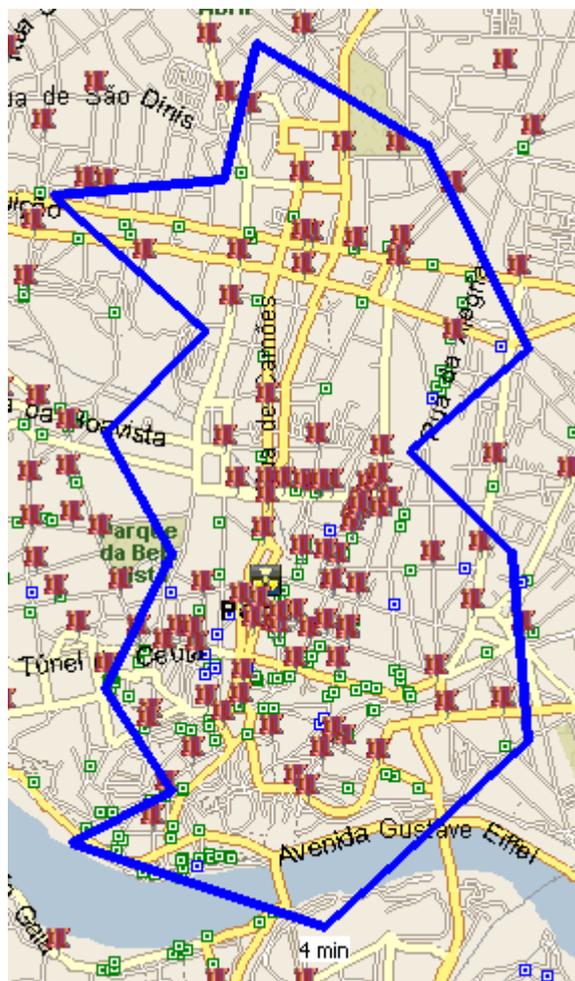


Figura 28 – Zona de influência na cidade do Porto

No distrito de Bragança verifica-se que a dispersão das UPCS é superior à verificada no distrito do Porto, havendo apenas uma ligeira concentração nas principais localidades. Neste caso optou-se por criar uma zona de influência que assegure a gestão dos resíduos das UPCS mais isoladas, situadas em Miranda do Douro. Para calcular a zona de influência assumiram-se os mesmos pressupostos utilizados anteriormente para o distrito do Porto, com exceção para o tempo gasto com a deslocação ao centro de tratamento, que neste caso foi considerado como sendo de 1 hora e 45 minutos por dia, atendendo às maiores distâncias a percorrer. O local escolhido para instalar o centro de tratamento foi a localidade de Carção por ser a hipótese que assegurava a maior cobertura de UPCS incluindo as de Miranda do Douro. A zona de influência encontrada tem um

perímetro que fica a 50 minutos do centro de tratamento conforme se pode ver na Figura 29.

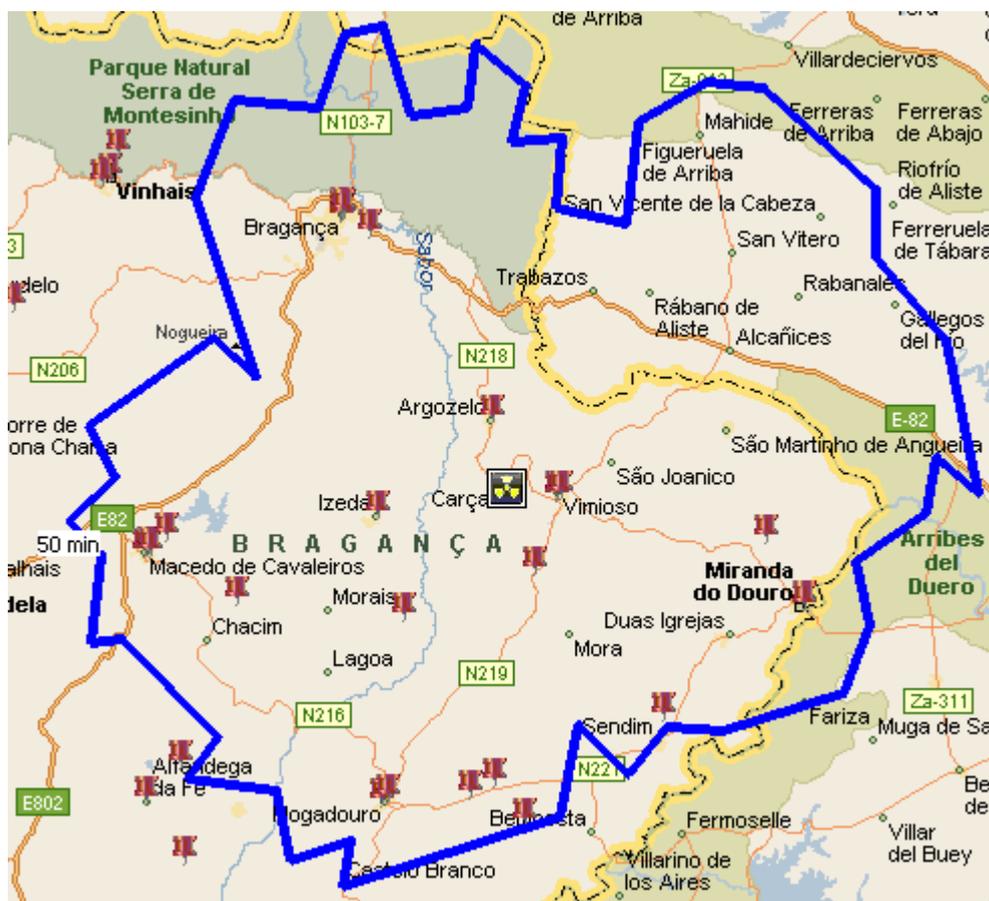


Figura 29 – Zona de influência no distrito de Bragança

Cálculo dos custos mensais

Depois de calculado o percurso mínimo a fazer em cada zona de influência, calculou-se a distância mensal a percorrer. Para calcular a distância percorrida por mês assumiu-se que cada mês tem 21 dias úteis, pelo que a distância mensal a percorrer obtem-se multiplicando por 7 a distância percorrida em 3 dias. Para o cálculo dos custos assume-se que o veículo de transporte tem um consumo em zona urbana de 10 l / 100 km e em estrada de 7 l / 100 km e que o preço do litro de gasóleo é de 1,2 €, não sendo contabilizados eventuais custos com portagens.

Para a zona do Porto a distância calculada para 3 dias foi de 36,8 km, sendo necessário 1 hora e 37 minutos para a percorrer com um custo associado de 4,41 €. Para um mês de trabalho passamos a ter um percurso de 257,6 km e um custo de 30,87 €. Num percurso de 3 dias são recolhidos resíduos de 111 UPCS, pelo que o custo médio por UPCS é de 28 cêntimos por mês.

Para a zona de Bragança, a distância calculada para 3 dias foi de 401,2 km, o que leva 6 horas e 54 minutos a percorrer, com um custo de 36,45 €. Para um mês temos um percurso de 2.808,4 km e um custo de 255,15 €. O percurso de 3 dias

recolhe os resíduos de 82 UPCS o que dá um custo médio por UPCS de 3,11 € mensais.

Na Tabela 16 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos.

Zona	Percurso efectuado [km]	Custo total [€]	Custo por UPCS [€]
Porto	257,6	30,87	0,28
Bragança	2.808,4	255,15	3,11

Tabela 16 – Percursos e custos mensais para recolha de resíduos nas zonas do Porto e Bragança com sistema descentralizado

Considerando agora uma situação de sistema de tratamento centralizado, passamos a ter nos locais estratégicos um armazém para aí efectuar o armazenamento temporário dos resíduos recolhidos diariamente. Supõe-se que este armazém tem capacidade e condições suficientes para poder armazenar os resíduos durante uma semana, o que obriga à instalação de um sistema de refrigeração de grande capacidade com os inerentes custos de investimento e manutenção. Nestas condições assumimos que o transporte de resíduos do armazém para o centro de tratamento é efectuado uma vez por semana.

O local do centro de tratamento considera-se como sendo a Avenida do Brasil em Lisboa por ser onde se encontra a actual central de incineração de RH existente em Portugal. O custo com a recolha dos resíduos nas diferentes UPCS da zona de influência considera-se ser igual ao que se obteve com o sistema de tratamento descentralizado.

Nestas condições foi calculada a distância entre cada um dos armazéns e a central de tratamento. Numa semana este trajecto é efectuado duas vezes, uma de ida e outra de volta e num mês é efectuado oito vezes, assumindo que cada mês tem quatro semanas.

Para o caso do Porto a distância entre o armazém e o centro de tratamento é de 309,9 km, sendo necessárias 2 horas e 51 minutos para a percorrer com um custo de 27,48 €. Para um mês de actividade a distância a percorrer é de 2.479,2 km, num tempo de 22 horas e 48 minutos e com um custo de 219,84 €.

No caso de Bragança passamos a ter uma distância de 500,1 km, percorridos em 5 horas e 15 minutos e um custo de 43,51 €. Durante um mês percorremos 4.000,8 km, em 42 horas com um custo de 348,08 €.

Os valores totais são os indicados na Tabela 17.

Zona	Percurso efectuado [km]	Custo total [€]	Custo por UPCS [€]
Porto	2.736,8	250,71	2,26
Bragança	6.809,2	603,23	7,36

Tabela 17 - Percursos e custos mensais para recolha de resíduos nas zonas do Porto e Bragança com sistema centralizado

Verifica-se assim que o sistema de tratamento descentralizado apresenta custos de transporte mais reduzidos que o sistema de tratamento centralizado. Na zona de elevada concentração o custo total passa de 30,87 € mensais num sistema descentralizado para 250,71 € mensais num sistema centralizado, representando um acréscimo superior a 8 vezes mais, ou seja, num sistema descentralizado os custos de transporte são 87,7% inferiores aos custos de transporte existentes num sistema centralizado.

Na zona de baixa concentração a diferença é menos significativa mas ainda assim importante, sendo o custo num sistema centralizado de 603,23 €, superior em mais do que 2 vezes o custo num sistema descentralizado que é de 255,15 €. Isto significa que temos uma redução dos custos de transporte num sistema descentralizado de 57,7% relativamente aos custos de transporte num sistema centralizado.

Para uma configuração idêntica à utilizada neste estudo pode-se ainda verificar que a diferença de custos entre um sistema descentralizado e um sistema centralizado é devida exclusivamente aos custos com o transporte decorrentes da necessidade de transportar semanalmente os resíduos para o centro de tratamento.

Comparando agora as duas zonas entre si, verificamos que num sistema descentralizado o custo por UPCS na zona de baixa concentração é cerca de 11 vezes superior ao custo por UPCS na zona de elevada concentração. No caso do sistema centralizado a diferença diminui para cerca de 3 vezes, continuando desfavorável para a zona de baixa concentração. Esta diferença era expectável tendo em conta a diferença de quilometragem necessária e o número de UPCS existentes em cada zona de influência.

7 Conclusões e sugestões

Com os ensaios em laboratório foi possível validar as alterações propostas para o protótipo e assim confirmar que é possível aumentar em potencial a sua produtividade e assegurar o tratamento das emissões gasosas produzidas durante o processo de tratamento dos resíduos de materiais cortantes e perfurantes. Desta forma o protótipo passou para um novo estágio de desenvolvimento.

A introdução do alimentador veio garantir o potencial aumento de produtividade ao permitir colocar de uma só vez três embalagens de materiais cortantes e perfurantes no interior do protótipo quando antes desta alteração só era possível colocar uma embalagem. O tempo médio por embalagem do processo de tratamento diminuiu de aproximadamente 8 para cerca de 5 minutos.

A alteração efectuada no circuito exterior de ar associada à utilização de uma nova bomba de vácuo veio garantir a correcta exaustão do fumo produzido no interior do protótipo durante o processo de tratamento, garantindo assim a sua passagem pelo agente químico existente num depósito intercalado no circuito exterior de ar que efectua o seu tratamento.

Com o estudo da fase de arranque do protótipo foi possível verificar que este leva cerca de 30 minutos para atingir o seu regime estacionário de funcionamento. A temperatura máxima foi conseguida na parte superior do cone de descontaminação, tendo atingido um valor de 265 °C.

Com o estudo de dispersão foi possível demonstrar que os custos de transporte num sistema descentralizado de gestão de resíduos de materiais cortantes e perfurantes são inferiores aos verificados num sistema centralizado. A redução de custos pode atingir os 87,7% numa zona de elevada concentração de UPCS, como a que se verifica na cidade do Porto. Para uma zona de baixa concentração de UPCS, como a do distrito de Bragança, a redução conseguida foi de 57,7%.

Ao comparar a zona de baixa concentração de UPCS com a zona de elevada concentração de UPCS, foi possível verificar que num período de 3 dias de actividade o número de recolhas em UPCS de resíduos de materiais cortantes e perfurantes é inferior na zona de baixa densidade e que os custos associados são superiores. No distrito de Bragança o número de recolhas de resíduos foi de 82 enquanto na cidade do Porto obtivemos o valor de 111. Os custos de recolha calculados por UPCS foram para a zona de baixa concentração de 7,36 € no caso de utilizarmos um sistema centralizado e de 3,11 € para o caso de se utilizar um sistema descentralizado. Quando calculamos os custos de recolha por UPCS na zona de elevada concentração obtivemos os valores de 2,26 € no caso do sistema centralizado e de 0,28 € para o caso do sistema descentralizado.

As características próprias do protótipo permitem que este seja utilizado numa configuração descentralizada do sistema de gestão de resíduos, permitindo assim beneficiar com a redução dos custos de transporte para além de diminuir os riscos associados ao transporte de resíduos perigosos.

Actualmente verifica-se que em Portugal é obrigatório incinerar todos os RH classificados no grupo IV. Esta obrigatoriedade, associada ao facto de só haver uma central de incineração existente em Portugal, leva a que haja a necessidade de transportar este tipo de resíduos para Lisboa ou em alternativa exportá-los, para aí poderem ser incinerados.

Apesar do protótipo não poder ser utilizado legalmente em Portugal como forma de tratamento de resíduos provenientes de materiais cortantes e perfurantes, tendo em conta a sua capacidade em garantir a descontaminação dos agentes patogénicos, a sua utilização poderá ainda assim ser considerada benéfica numa perspectiva de redução dos riscos associados à manipulação deste tipo de resíduos e à redução do volume dos resíduos.

Como sugestões finais fica a de estudar a influência que a alteração efectuada no circuito exterior de ar tem no processo de tratamento, devido ao facto de ter deixado de haver vácuo no fundo do cone para passar a haver vácuo na entrada do protótipo, estudar a capacidade de tratamento do protótipo, determinar os custos de tratamento e a viabilidade de utilizar este protótipo num veículo móvel.

Referências bibliográficas

- A. PRÜSS, E.G., P. RUSHBROOK. Safe management of wastes from health-care activities. In OMS. 1999.
- ABDULLA, F., ABU QDAIS, H. AND RABI, A. Site investigation on medical waste management practices in northern Jordan. *Waste Management*, 2008, vol. 28, no. 2, p. 450-458.
- APA. Portal da Agência Portuguesa do Ambiente. In.
- APA, DGS AND DGV. PERH - Plano Estratégico dos Resíduos Hospitalares 2010-2016. In., 2010.
- BLENKHARN, J.I. AND ODD, C. Sharps injuries in healthcare waste handlers. *ANNALS OF OCCUPATIONAL HYGIENE*, 2008, vol. 52, no. 4, p. 281-286.
- CHAERUL, M., TANAKA, M. AND SHEKDAR, A.V. A system dynamics approach for hospital waste management. *Waste Management*, 2008, vol. 28, no. 2, p. 442-449.
- DECRETO-LEI_ Nº85/2005. Decreto-Lei nº 85/2005. In. Diário da República: I Série-A, vol. 82, p. 3214-3234.
- DECRETO-LEI_ Nº178/2006. Decreto-Lei nº 178/2006 In. Diário da República: I série, vol. 171, p. 6526-6545.
- DESPACHO_ Nº242/96. Despacho nº 242/96. In. Diário da República: II série, vol. 187, p. 11380-11381.
- DGS. Relatório dos resíduos hospitalares 2005. In., 2006.
- DGS. Resíduos Hospitalares. 2009. Available from Internet:<<http://www.dgs.pt/>>.
- DGS AND APA. Tabela de Correspondência entre os Grupos de Resíduos Hospitalares e os Códigos da Lista Europeia de Resíduos. In., 2009.
- DIAZ, L.F., SAVAGE, G.M. AND EGGERTH, L.L. Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries. *Waste Management*, 2005, vol. 25, p. 626-637.
- DIAZ, L.F., SAVAGE, G.M. AND EGGERTH, L.L. Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries. *Waste Management*, 2005, vol. 25, no. 6, p. 626-637.
- GONÇALVES, M.G.P. Gestão de resíduos hospitalares: conhecimentos, opções e percepções dos profissionais de saúde. In. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2005, vol. Doutoramento, p. 380.
- HCWH *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies in Europe*. Edtion ed., 2004.
- INFARMED. Portal do Infarmed. In., 2010.
- L. F. DIAZ, G.M.S., L. L. EGGERTH Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries. *Waste Management*, 2005, vol. 25, p. 626-637.
- LEE, B.K., ELLENBECKER, M.J. AND RAFAEL, M.E. Alternatives for treatment and disposal cost reduction of regulated medical wastes. *Waste Management*, 2004, vol. 24, p. 143-151.
- LEVY, J.D.Q., TELES, M., MADEIRA, L. AND PINELA, A. *O Mercado dos Resíduos em Portugal*. Edtion ed.: AEPSA - Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente, 2002. 269 p. ISBN 972 9027 57 9.
- MOHEE, R. Medical wastes characterisation in healthcare institutions in Mauritius. *Waste Management*, 2005, vol. 25, no. 6, p. 575-581.
- MS. Portal do Ministério da Saúde. In.: Ministério da Saúde, 2010.
- MÜHLICH, M., SCHERRER, M. AND DASCHNER, F.D. Comparison of infectious waste management in European hospitals. *Journal of Hospital Infection*, 2003, vol. 55, no. 4, p. 260-268.
- OMS. Safe health-care waste management - Policy paper. 2004. Available from Internet.

- P. LAYNE, W.W., K. HENDRY, T. PIERSON. Review and Evaluation of Existing Literature on Generation, Management and Potential Health Effects of Medical Waste. In. Washinton D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1988.
- PARK, H.S. AND JEONG, J.W. Recent trends on disposal technologies of medical waste. J Korean Solid Wastes Engineering Soc, 2001, vol. 18, no. 1, p. 18-27.
- PORTARIA_Nº209/2004. Portaria nº 209/2004. In. Diário da República: I série, vol. 53, p. 1188-1206.
- RODRIGUES, S.A.G.N. Desenvolvimento de um Processo de Descontaminação de Resíduos Hospitalares do Grupo IV. In.: Universidade do Porto, 2008, vol. Master, p. 73.
- RUSHBROOK, P. Healthcare Wastes: A World Health Organization Perspective on Waste Treatment and Disposal Options (Abridged). Water and Environment Journal, 1999, vol. 13, no. 2, p. 137-140.
- SAÚDE, M.D. Despacho 242/96. In.: Diário da República, 1996, vol. 187, p. 2.
- STUDNICKI, J. The management of hospital medical waste. Hospital Topics, 1992, vol. 70, no. 2, p. p11, 10p.
- TAGHIPOUR, H. AND MOSAFERI, M. Characterization of medical waste from hospitals in Tabriz, Iran. Science of the Total Environment, 2009, vol. 407, no. 5, p. 1527-1535.
- TAVARES, A. AND PEREIRA, I.A. Análise comparativa da designação, definição e classificação de resíduos hospitalares em legislações da União Europeia. Resíduos Hospitalares, 2004, vol. 23, no. 1.
- YONG, Z., GANG, X., GUANXING, W., TAO, Z. AND DAWEI, J. Medical waste management in China: A case study of Nanjing. Waste Management, 2009, vol. 29, no. 4, p. 1376-1382.
- ZHAO, W., VAN DER VOET, E., HUPPES, G. AND ZHANG, Y. Comparative life cycle assessments of incineration and non-incineration treatments for medical waste. International Journal of Life Cycle Assessment, 2009, vol. 14, no. 2, p. 114-121.