



DO LIXO À LUZ: SÍNTESE SOBRE A VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Autores:

Alcindo Queirós, aluno nº 17697 ¹

Carla Carreira, aluna nº 17449 ¹

Nuno Magalhães, aluno nº 6366 ¹

¹ Alunos Universidade Fernando Pessoa

Maio de 2010



Índice Geral

1. Sumário executivo	2
2. Introdução	2
3. Princípios, estratégia e hierarquia na Gestão de Resíduos Sólidos.....	3
4. Valorização e enquadramento legal dos resíduos sólidos.....	3
5. Os resíduos sólidos e a valorização energética em Portugal.....	4
6. Processos térmicos de valorização energética dos resíduos e os CDR.....	5
8. Conclusão.....	6
9. Bibliografia	7
10. Anexos.....	8

Índice de Figuras:

Figura 1 – Hierarquia de opções de gestão dos resíduos definida pela União Europeia	8
Figura 2: Balanço da produção doméstica nacional de energia renovável no ano de 2008	5
Figura 3: Produção RSU (kg por pessoa / ano) na Europa no ano de 2008 (Dados Eurostat)..	9
Figura 4: Comparação das opções de aterro e incineração dos RSU na Europa em 2008	10
Figura 5: Resíduos urbanos produzidos em Portugal: total por tipo operação e destino.....	11
Figura 6: Energia produzida por tipologia e número de famílias abastecidas	12

Índice de tabelas:

Tabela 1: Produção doméstica nacional de energia renovável no ano de 2008 (dados da DGE).

1. Sumário executivo

A problemática dos resíduos é, actualmente, indissociável do conceito de desenvolvimento sustentável, quer pela relação com o consumo de matérias – primas e energia fóssil e o crescente aumento da produção de resíduos, quer pelas emissões de gases de efeito de estufa, inerentes aos aterros, e consequências na saúde humana e ambientais que transportam. Neste contexto, a produção de energia através da valorização energética dos resíduos surge como uma opção vantajosa, pois permite a redução do consumo de combustíveis fósseis e, ao desviar os resíduos do aterro, destino final ainda comum, nomeadamente em Portugal, das emissões de gases de efeito de estufa, como exemplo o CH₄ e CO₂.

2. Introdução

A produção de energia representa actualmente uma fonte de enorme preocupação global, quer pelo aumento do consumo, quer pelo previsível esgotamento dos recursos não renováveis, tais como o petróleo, carvão, urânio, entre outros, quer pelas consequências ambientais e saúde humana que a emissão de poluentes atmosféricos acarreta em todo o globo terrestre.

O aumento exponencial da quantidade de resíduos configura, também, uma enorme preocupação nas sociedades actuais, pelo que a interligação destes dois factores, num contexto de desenvolvimento sustentável, pode e deve implicar uma conjugação de políticas de gestão de resíduos e valorização energética dos mesmos.

A energia produzida a partir dos resíduos é cada vez mais valorizada, fazendo parte dos objectivos da Estratégia Nacional da Energia, onde, por exemplo, se estipula a meta, para a Biomassa, de 250 MW até 2020 de potência instalada.

A gestão dos resíduos baseada em elevados padrões de sustentabilidade (Despacho nº 3227/2010 do MAOT) transporta um desafio que urge perseguir e alcançar e abarca, entre outros âmbitos, a gestão dos recursos naturais, a gestão de resíduos perigosos, a gestão do espaço e a emissão de gases de efeito de estufa, uma vez que se estima que a deposição em aterro contribuirá com 60% do total de GEE (Gases de efeito de Estufa) emitidos em 2020 e a



contribuição da reciclagem e incineração será cerca de cerca de 20% cada (Despacho nº 3227/2010 do MAOT).

Neste trabalho elabora-se uma síntese sobre a temática da valorização energética de resíduos sólidos em Portugal, com abordagens ao sistema integrado da gestão de resíduos sólidos, ao enquadramento legal dos resíduos e aos processos térmicos actuais da valorização energética e utilização do Combustível Derivado de Resíduos (CDR).

3. Princípios, estratégia e hierarquia na Gestão de Resíduos Sólidos

Actualmente o conceito de gestão de resíduos sólidos transporta os princípios básicos / fundamentais identificados na legislação comunitária, designadamente: o princípio da garantia de um elevado nível de protecção, o princípio da precaução, o princípio da prevenção, o princípio da correcção na fonte e o princípio da redução / minimização, tendo em conta que a eliminação (redução a zero) não é possível (Santos Oliveira). Na gestão integrada dos resíduos sólidos co-existem diversas áreas multidisciplinares desde o controlo, à recolha, ao transporte, ao armazenamento, até ao tratamento, à valorização e aterro. À necessária interligação entre as diversas áreas multidisciplinares da gestão integrada dos resíduos sólidos devem estar associadas as melhores práticas e tecnologias, à luz do conhecimento actual, nas vertentes da engenharia, ambiente, saúde humana, ordenamento do território, etc (Russo, M.).

A estratégia europeia actual para a gestão de resíduos tem por base um sistema integrado, fundado numa hierarquia de opções e tratamentos que privilegia, essencialmente, a prevenção, a redução e a reutilização e, quando estas opções não são possíveis, a selecção deverá recair sobre a reciclagem e, numa fase posterior, sobre a valorização e, por último, o aterro; esta última opção deverá ser reduzida ao mínimo indispensável. A figura 1 (anexos) mostra a hierarquia de opções para a gestão de resíduos, baseada na estratégia europeia actual; apesar da hierarquia actual estabelecida a opção mais utilizada em Portugal e na Europa é o aterro, segundo dados da Eurostat (figura 4 - anexos).

Actualmente a estratégia da gestão dos resíduos em Portugal abarca um plano Nacional (PNGR), baseado na Directiva Quadro “Resíduos” (Directiva nº 2008/98/CE), e quatro sectoriais, para cada categoria de resíduos, designadamente: Plano Estratégico de Resíduos Urbanos 2007 – 2016 (PERSU II), Plano Estratégico de Resíduos Industriais (PESGRI), Plano Estratégico dos Resíduos Hospitalares 2010 – 2016 (PERH) e o Plano Estratégico dos resíduos agrícolas (PERAGRI); recentemente foi criado o Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos (PPRU).

4. Valorização e enquadramento legal dos resíduos sólidos

De acordo com o Decreto - Lei 178/2006 de 5 de Setembro os resíduos são substâncias, produtos ou objectos que foram utilizados, ou consumidos, ou cujo detentor se desfaz ou tem obrigação de se desfazer, obrigação que consta nas alíneas i) a xvi) do referido decreto-lei, ou, numa definição complementar, segundo Santos Oliveira, pode ser considerado como o co-produto que não se pode, ou não se pretende, ou não se sabe, utilizar, num determinado momento e local.

No contexto legal a especificação dos tipos de resíduos abrange: os resíduos agrícolas, os resíduos de construção e demolição, os resíduos hospitalares, os resíduos industriais, os resíduos inertes, os resíduos perigosos e os resíduos urbanos. No que concerne aos resíduos urbanos o conceito, vulgarmente, utilizado está ainda associado ao Decreto – Lei 239/97 de 9 de Setembro e corresponde a: resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, que de acordo com a sua natureza ou composição são provenientes do sector de serviços, ou de estabelecimentos comerciais, industriais ou de unidades prestadoras de cuidados de saúde, mas desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda os 1100 L por produtor; neste contexto a terminologia mais utilizada é a RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), cujo âmbito abarca as seguintes “fontes”: origem doméstica, origem comercial, origem industrial, origem hospitalar, origem agrícola, os monstros (colchões, sofás, electrodomésticos, etc), limpeza pública e resíduos verdes urbanos. Desta definição ressalta a heterogeneidade deste



tipo de resíduos, a sua variabilidade de acordo com o modo de vida das comunidades, do clima, da época do ano, entre outros (Santos Oliveira).

Quanto ao tratamento, a definição legal corresponde ao processo manual, mecânico, físico, químico ou biológico que altera as características dos resíduos, de forma a reduzir o seu volume, ou perigosidade, e a facilitar a movimentação, valorização ou eliminação após as operações de recolha (DL 178/2006).

A valorização dos resíduos corresponde à operação de reaproveitamento dos mesmos e as vias principais de conversão são: uso como matérias-primas, uso como carburante, como material de construção e como substrato orgânico e pode distinguir-se pela valorização orgânica e energética. Na valorização energética, por exemplo, dos RSU torna-se necessário analisar a sua composição, que pode separar-se em 3 fracções principais: a fracção biodegradável, que é constituída por matéria orgânica que é facilmente destruída pela actividade microbiana, a fracção combustível, constituída pela matéria orgânica de difícil ou prolongada digestão e a fracção inerte, constituída por pedras, areia, etc; estas fracções são, também, variáveis de país para país e de região para região (Santos Oliveira). A fracção digerível dos RSU, mesmo com toda a variabilidade qualitativa e quantitativa intrínseca, corresponde a cerca de 50% e pode ser biologicamente valorizada por via anaeróbica para produção de biogás, por exemplo, ou por via aeróbia por compostagem.

A valorização energética pode ocorrer directamente por incineração e troca térmica ou indirectamente por pirogenisação e por destruição molecular, efectuada por via catalítica (Santos Oliveira).

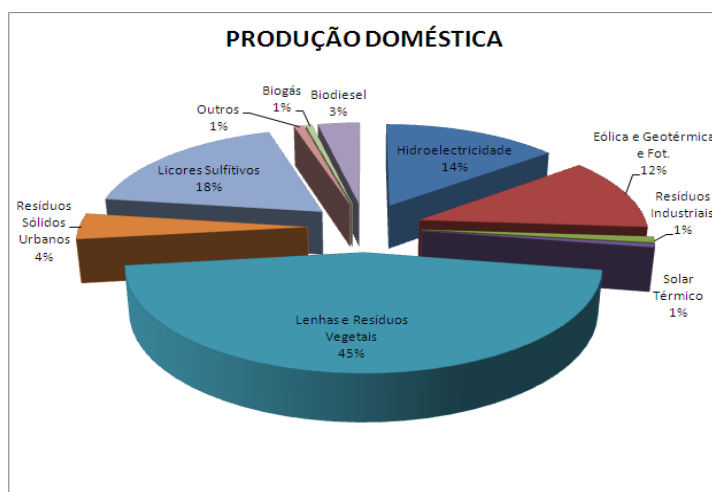
5. Os resíduos sólidos e a valorização energética em Portugal

A produção de resíduos tem aumentado e, em média cada europeu, produz cerca de 524 kg RSU/ano, valor que é inferior à média Portuguesa e que ascendeu, em 2008, a 477 kg RSU por pessoa / ano; na figura 3 (anexos) observa-se a produção de resíduos em kg / pessoa em alguns países da Europa, segundo o Eurostat.

A valorização energética dos resíduos é hoje uma opção importante na recuperação e aproveitamento energético, que permite, entre outros benefícios, a redução da quantidade total de resíduos, que pode ser estimada em cerca de 60% até 90%, e a diminuição da necessidade de procura de terrenos para aterros.

A importância deste tipo de aproveitamento energético é evidenciada nos dados da Direcção Geral de Energia e Geologia, relativos ao ano de 2008, onde o contributo da valorização energética dos Resíduos Sólidos, no conjunto das energias renováveis, foi de 182.756 tep, correspondendo a 4% da produção doméstica, e das Lenhas e Resíduos Vegetais que ascendeu a 1.985.559 tep, representando este elemento 45% da produção de energia doméstica renovável (tabela 1 – anexos). Na figura 2 pode observar-se o balanço da produção doméstica nacional e o respectivo contributo dos resíduos no ano de 2008.

Figura 2: Balanço da produção doméstica nacional de energia renovável no ano de em 2008 (dados da DGEG).



Apesar das políticas e directrizes actuais constata-se, através dos dados do Eurostat (figura 4), que o aterro é, ainda, a opção mais praticada em toda a Europa, situação que acarreta preocupações ambientais, uma vez que os materiais de natureza biodegradável depositados em aterro são geradores de metano, gás de efeito de estufa, que tem 20 vezes mais impacto que o CO₂ (Despacho nº 3227/2010 do MAOT).

Em Portugal a opção seguinte ao aterro é a valorização energética (Figura 5 – anexos), sendo o processo mais vulgar a incineração, cuja percentagem do total da produção de resíduos, por tipo de opção, é de cerca de 19% (figura 4).

Segundo dados do grupo EGF, a energia produzida por este grupo em 2009 (figura 6 - anexos) por valorização energética foi suficiente para abastecer cerca de 100 mil famílias portuguesas (valor de referência: agregados de 3 pessoas, considerando um consumo médio de 3,11 MWh - censos 2001).

6. Processos térmicos de valorização energética dos resíduos e os CDR

A energia latente dos resíduos sólidos pode ser recuperada através de processos térmicos e químicos, basicamente por dois métodos: conversão termoquímica, processo que envolve a decomposição térmica para produzir energia calorífica, ou óleo, ou combustível ou gás e a conversão bioquímica, que é baseada na decomposição enzimática da matéria orgânica por acção microbiana para produzir gás metano ou álcool.

Os processos de conversão termoquímica são úteis para os resíduos que contêm alto teor de matéria orgânica não biodegradável e baixa humidade. As principais opções tecnológicas nesta categoria incluem a incineração, co-incineração, pirólise e gaseificação.

Os parâmetros principais que determinam o potencial da valorização energética dos resíduos são: a quantidade de resíduos e as características físicas e químicas dos mesmos; os parâmetros físicos com maior relevância são o tamanho dos constituintes dos resíduos, a densidade e a presença de humidade nos mesmos; os constituintes com menor tamanho contribuem para uma decomposição mais rápida dos resíduos e os de elevada densidade reflectem uma elevada proporção de matéria orgânica biodegradável e os de baixa densidade indicam uma elevada proporção de papel, plásticos, entre outros. O elevado teor de humidade dos resíduos dificulta a conversão termoquímica, pois o calor tem de ser fornecido para se conseguir retirar primeiro a humidade e só depois se recupera energia.

Nas tecnologias da valorização energética dos resíduos destaca-se, essencialmente, a Incineração, que representa um processo de tratamento por oxidação aeróbia de materiais orgânicos realizado a elevadas temperaturas. Este tratamento tem vindo a ser aplicado em diversos resíduos, nomeadamente: municipais, hospitalares e até mesmo, noutros países, em resíduos tóxicos e perigosos (Santos Oliveira). Nas incineradoras podem ser utilizados



combustíveis fósseis ou os próprios resíduos como combustível e a queima pode ser feita de dois modos distintos: utilização directa dos resíduos como combustível ou através dos denominados RDF (*refuse deriving fuel*), que em português se denominam de CDR (combustível derivado de resíduos). Os CDR resultam de um processo que recorre a meios mecânicos, onde os RS são sujeitos a tratamentos de trituração, separação magnética, crivagem etc, de modo a remover os componentes não orgânicos, seguindo-se a compactação; no final deste processo é gerado um produto mais homogéneo e com maior poder calorífico, que pode ser quase o dobro e próximo do carvão (Santos Oliveira); este combustível pode ser transportado e armazenado. Este tipo de combustível é preparado a partir de resíduos não perigosos.

Os tipos de CDR produzidos são: *fluff*, que correspondem a material solto, de baixa densidade, *pellets*, que são constituídos por aglomeração de material em cubo, disco ou cilindro com diâmetro <25 mm e *briquette*, que são blocos ou cilindros > 25 mm; as tecnologias disponíveis na produção dos CDR são: combustão em suspensão, em grelha e em leito fluidizado e gaseificação (Instituto Superior Técnico).

O CDR também pode ser utilizado na co-incineração em cimenteiras. Quer na incineração, quer na co-incineração é fundamental respeitar os princípios da selecção prévia, da análise dos resíduos, controlo e monitorização do processo para, assim, reduzir as emissões de poluentes, tais como as dioxinas, furanos, etc.

Actualmente existem alternativas à oxidação clássica dos resíduos, que engloba a incineração dedicada e co-incineração, e que estão associadas aos processos de pirólise, onde se opera em anaerobiose com recurso a reactores fechados nos quais os gases residuais são tratados antes da sua libertação, e gaseificação, processo de conversão termoquímica, através do qual se transforma um combustível (carvão, biomassa, resíduos, etc), num produto gasoso, por acção da temperatura

No processo de pirólise destaca-se: a pirólise a baixa e média temperaturas, a pirólise a alta temperatura, a pirólise no estado de plasma (estado típico da matéria a altas temperaturas) sem vitrificação ou com vitrificação (PPV) e a pirólise – gaseificação; os processos de pirólise/gaseificação permitem a minimização do volume de efluentes gasosos produzidos e a obtenção de gases que podem ser utilizados como combustíveis (Santos Oliveira);

A valorização energética dos resíduos pode ser, também, efectuada em aterros energéticos através do biogás, que é gerado devido à decomposição anaeróbica controlada dos resíduos orgânicos ou resíduos sólidos urbanos. Os componentes principais do biogás são o metano ou o dióxido de carbono. Os aterros sanitários são utilizados em grande escala para geração do biogás dos RSU e a quantidade de biogás gerada depende da composição dos resíduos, da idade dos aterros e das operações de engenharia dos aterros sanitários.

A par da evolução tecnológica dos processos convencionais de valorização energética, surgem na comunidade científica alguns estudos que indicam novas alternativas, das quais destacamos o Bio – Hidrogénio, produzido partir de biomassa e/ou fracção biodegradável, que pode representar mais um processo de valorização energética dos resíduos.

8. Conclusão

A valorização energética dos resíduos sólidos é hoje uma importante alternativa ao aterro e apresenta vantagens, quer na vertente económica da produção de energia e decréscimo da utilização de combustíveis fósseis, quer na diminuição da necessidade da procura de espaço para aterros, quer no impacto que pode ter na redução das emissões de gases de efeito de estufa ao desviar os resíduos do aterro.

A valorização energética dos resíduos sólidos será cada vez mais adoptada e/ou reconhecida à medida que as tecnologias associadas conduzam a uma maior eficiência na produção deste tipo de energia ao aumento do poder calorífico, por exemplo, dos CDR e à redução da poluição atmosférica, associada aos processos de valorização energética dos resíduos sólidos.



9. Bibliografia

1. Decreto – Lei 239 / 1997 de 9 Setembro;
2. Decreto – Lei 178/ 2006 de 5 Setembro;
3. Decreto – Lei 183/ 2009 de 10 Agosto;
4. Despacho nº 3227/2010 do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território;
5. Barros, N. (2010). *Apontamentos cadeira de Poluição Atmosférica e Sonora*.
6. Barros, N. (2010). *Apontamentos da cadeira de Energias e Meio Ambiente*.
7. RCM nº 29/2010 de 15 de Abril de 2010;
8. Russo, M. (2003). *Tratamento de Resíduos Sólidos*. Departamento da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra;
9. Dias, M. (2006). *Formação de NH₃ e HCl durante a Co - Gaseificação de carvão com CDR*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
10. Brenhas, M. (2009). *Co-incineração em fornos de cimenteiras*. Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa;
11. Gamito, I. (2008). *Quantificação da fracção de carbono neutro nos resíduos com potencial para valorização energética*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa;
12. Abreu, A. Alves, Madalena. *Produção de hidrogénio a partir de resíduos*. Universidade do Minho;
13. CEWEP (2004) - Confederation of European Waste-to-Energy Plants.
14. LIPOR. (2009). Guia para uma gestão sustentável de resíduos.
15. Estratégia Nacional de energia ENE 2020;
16. Direcção Geral de Energia e Geologia. Balanço energético Nacional (2008).
17. Instituto Superior Técnico.(2006). *Avaliação do potencial de produção e utilização de CDR em Portugal*.
18. EEA Briefing. (2008). *Better management of municipal waste will reduce greenhouse gas emissions*;
19. Eurostat. [Em linha]. Disponível em http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database. [Consultado em 02.05.2010].
20. Plano Estratégico Resíduos Urbanos. [Em linha]. Disponível em <http://www.netresiduos.com/pt/?id=1552&mid=253>. [Consultado em 06.05.2010];
21. Valorização Resíduos. Disponível em <http://www.egf.pt/>. [Consultado em 06.05.2010];
22. Pordata. Disponível em http://www.pordata.pt/azap_runtime/. [Consultado em 05.05.2010];
23. Agência Portuguesa Ambiente. Disponível em <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/gestaoresiduos/rsectoriais/Paginas/default.aspx> . [Consultado em 04.05.2010];
24. Berardino, S. (2009). Energia da biomassa em Portugal: Potencialidades. INETI;
25. A Prevenção de Resíduos. Disponível em <http://ewwr.eu/pt-pt/prevencao-de-residuos> [Consultado em 05.05.2010];
26. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Disponível em <http://www.ersar.pt/website/>. [Consultado em 05.05.2010];

10. Anexos

Figura 1 – Hierarquia de opções de gestão dos resíduos definida pela União Europeia (LIPOR)

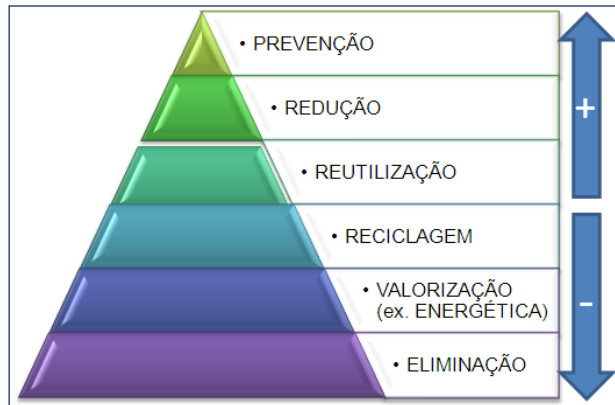


Tabela 1: Produção doméstica nacional de energia renovável no ano de em 2008 (dados da DGEG).

BALANÇO ENERGÉTICO tep	Hidroelectricidade	Eólica e Geotérmica e Fot.	Termoelectricidade	Total de Electricidade	Calor	Resíduos Industriais	Solar Térmico	Lenhas e Resíduos Vegetais	Resíduos Sólidos Urbanos	Licores Sulfitivos	Outros	Biogás	Biodiesel	Renováveis Sem Hídrica	TOTAL GERAL
2008 (provisório)	31	32	33	34=31+33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	43=37+43	45=4+22+23+30+34+35+36+43
PRODUÇÃO DOMÉSTICA	627 456	514 882		1 142 338		41 030	25 336	1 985 559	182 765	789 311	34 793	22 799	149 003	3 169 566	4 372 934

Figura 3: Produção RSU (kg por pessoa / ano) na Europa no ano de 2008 (Dados Eurostat)

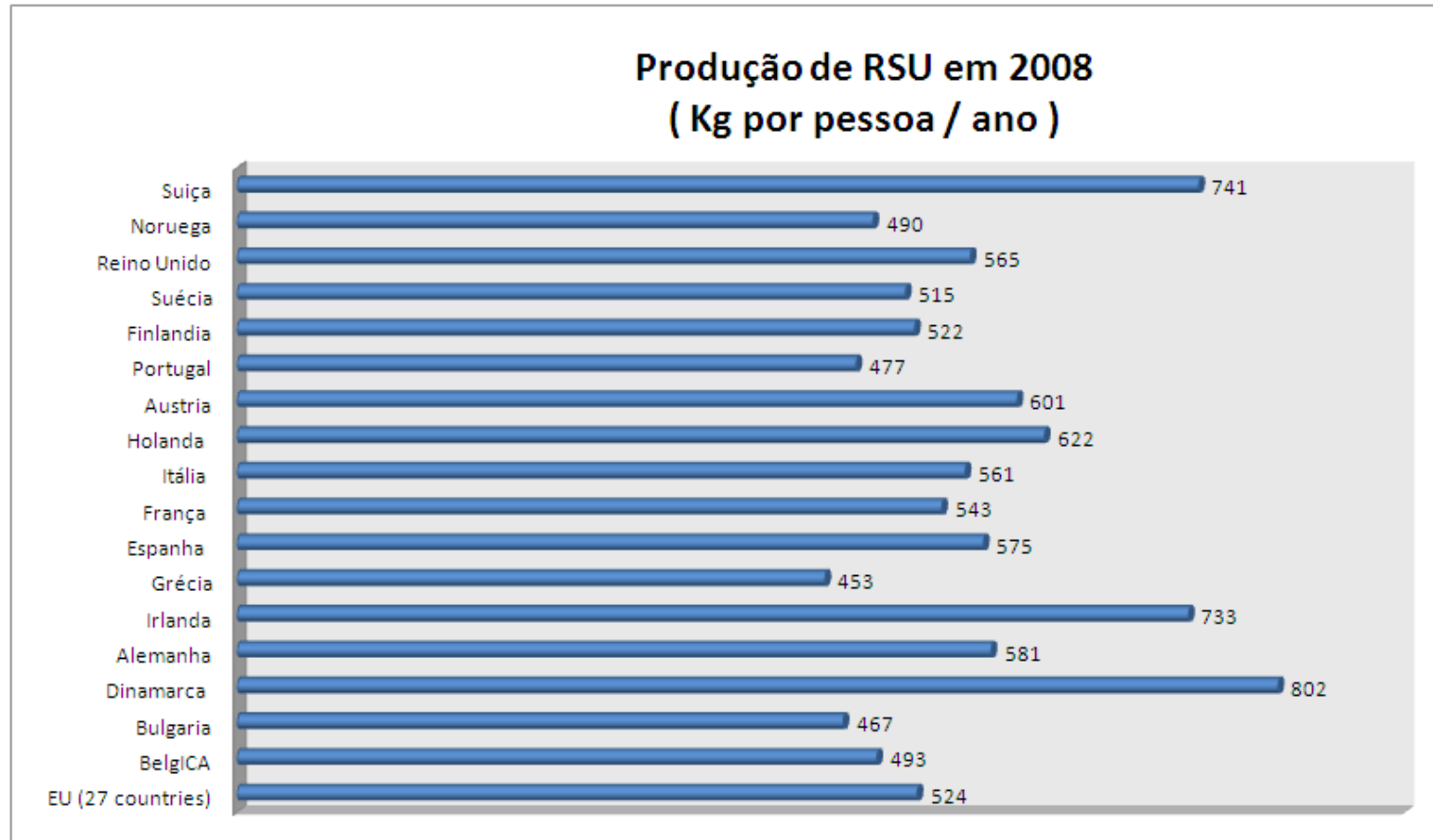


Figura 4: Comparação das opções de aterro e incineração dos RSU na Europa em 2008 (Dados Eurostat)

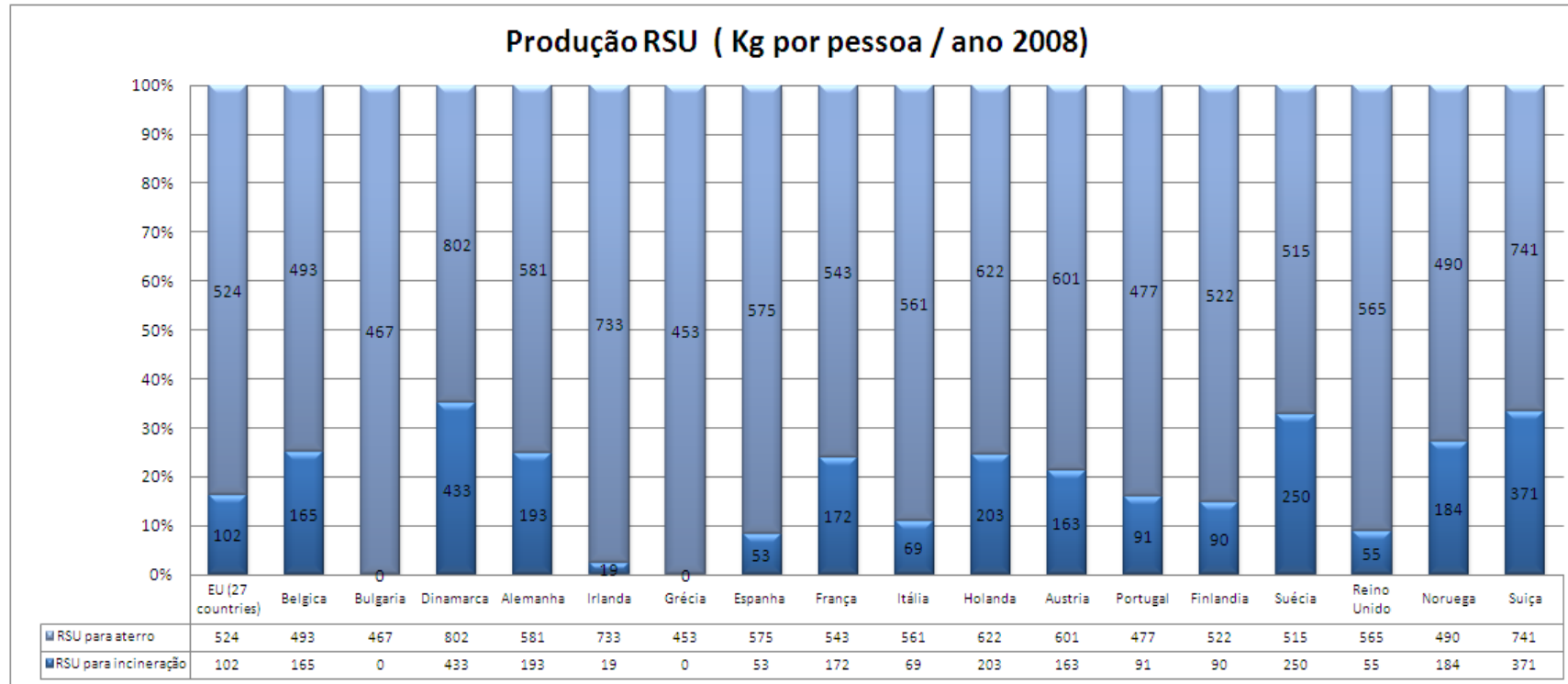


Figura 5: Resíduos urbanos produzidos em Portugal: total e por tipo de operação de destino (Fonte: PORDATA)

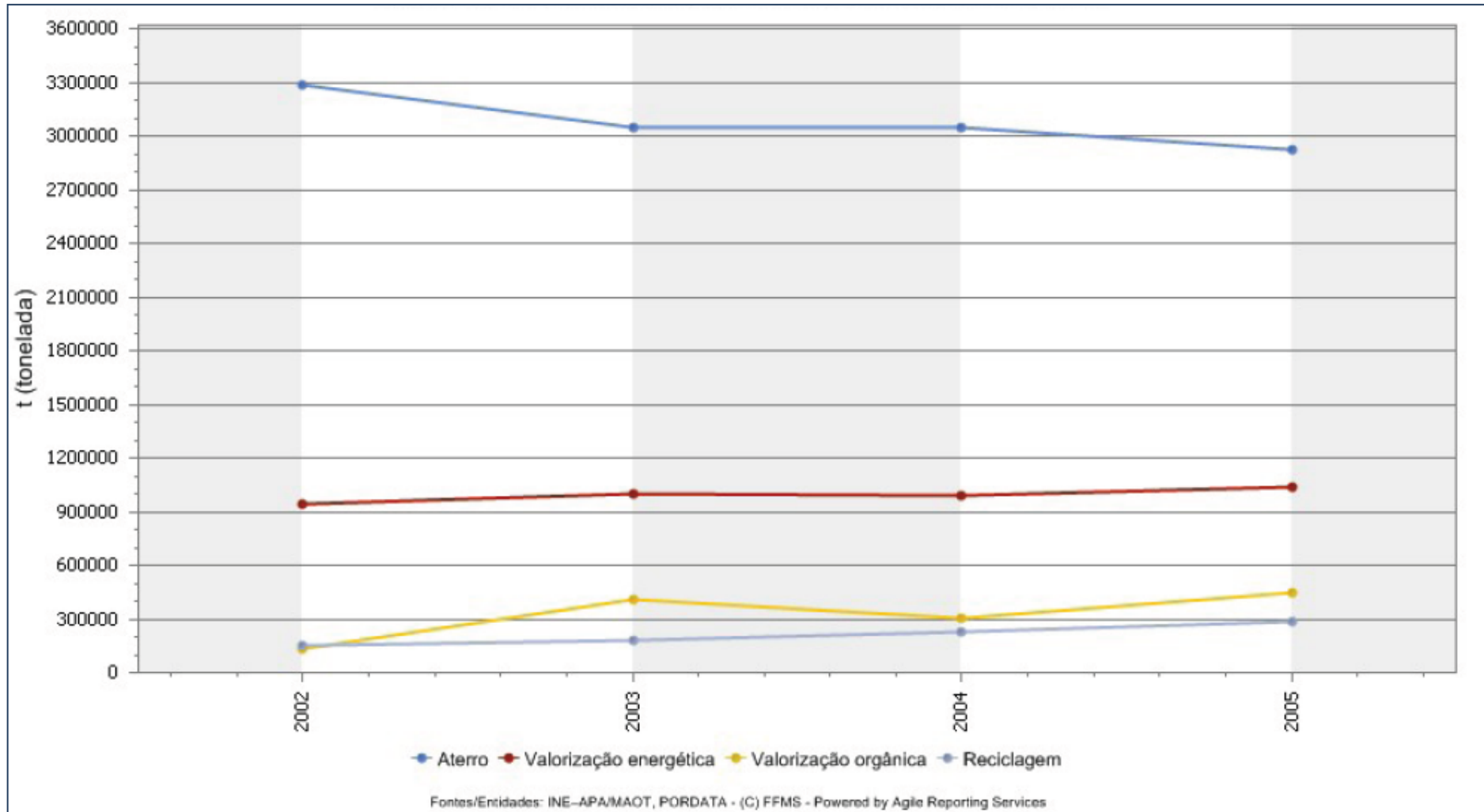
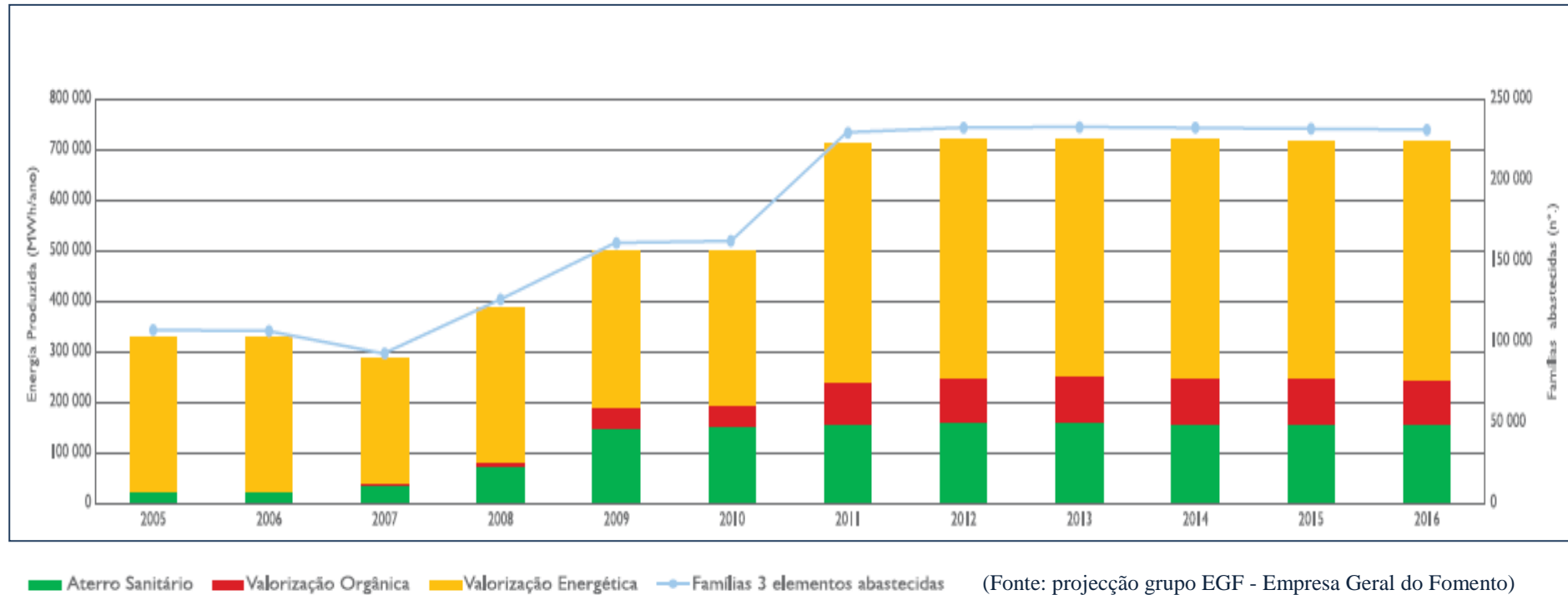


Figura 6: Energia produzida por tipologia e número de famílias abastecidas (valor de referência - agregado de 3 pessoas, considerando um consumo em média de 3 MWh de energia por ano (Censos 2001))



(1) Valor de referência: agregados de 3 pessoas, considerando um consumo de, em média, 3,11 MWh de energia por ano (Censos 2001)



Assinatura autores

Alcindo Queirós, aluno nº 17697 ¹ _____

Carla Carreira, aluna nº 17449 ¹ _____

Nuno Magalhães, aluno nº 6366 ¹ _____

¹ Alunos Universidade Fernando Pessoa