

## **Avaliação da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no Brasil em comparação com países desenvolvidos.**

*Evaluation of integrated municipal solid waste in Brazil compared to developed countries.*

Raul Oliveira Neto<sup>1</sup>, Luis Eduardo de Souza<sup>2</sup>, Carlos Otávio Petter<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Programa de Pós Graduação em Tecnologia Mineral, Universidade Federal do Pampa

<sup>3</sup> Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

### **Resumo**

O gerenciamento de resíduos municipais é um tema que vem se tornando cada vez mais importante no contexto das preocupações mundiais dos governos, e teve um considerável desenvolvimento nas últimas décadas. Tanto os países desenvolvidos como os “em desenvolvimento” emitiram normativas legais restritivas, visando otimizar seus planos de tratamento e destinação final destes resíduos. O objetivo principal do trabalho é investigar a real situação deste cenário no Brasil e nos países desenvolvidos, demonstrando os resultados obtidos e traçando um paralelo comparativo e crítico. São transcritos e analisados os dados obtidos, em cada fase de uma Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos – GIRSU. Conclusões importantes são relatadas, tais como, o alto nível de investimento dos países desenvolvidos em relação às campanhas de conscientização para implantação de uma efetiva GIRSU, assim como contrastes marcantes entre os índices de reciclagem no Brasil e neste bloco diferenciado de países, ou seja, 2% e 20%, respectivamente, no montante dos resíduos totais gerados. A avaliação final é de que o diferencial está nas ações políticas de incentivo econômico destes países desenvolvidos, em termos de subsídios, se comparados com o caso brasileiro.

**Palavras-chaves:** Gestão, Resíduos, Urbanos, Integrada, Avaliação.

### **Abstract**

Management of urban municipal waste has become an increasing problem for governments in developing countries, in the last decades. Not only the developing countries but also the developed ones have introduced restrictive environmental legislations with the objective of optimization of waste treatment and waste disposal programs. The main objective of the present paper is to investigate the real situation of this scenario and in developed countries, showing the results and tracing a parallel comparative and critical. Are transcribed and analyzed the data obtained at each stage of an Integrated Solid Waste Management – GIRSU. Important findings are reported, such as the high level of investment by developed countries, inverted in awareness campaigns for implementing a GIRSU effective, as well as remarkable contrasts between recycling rates in Brazil than differential block of this others countries, that is, 2% and 20%, respectively, in the total amount of waste generated. The final assessment is that the big difference is about economic incentive policy of the block of developed countries in terms of subsidies, compared to the Brazilian case.

**Keywords:** Management, Waste, Urban, Integrated assessment.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Justificativa e relevância do tema

A questão dos resíduos sólidos e seu gerenciamento esta cada vez mais se revestindo de fundamental importância no contexto do desenvolvimento sustentável de um país. Principalmente em um país como o Brasil, onde se coleta cerca de 230 mil t de resíduos sólidos diariamente, sendo que destes, cerca de 55% são resíduos domiciliares, segundo Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB – realizada em 2000 (IBGE, 2000). A geração “per capita” teve um acréscimo de 120% só para a região sudeste de 1998 a 2000, onde o índice era de 0,89 kg/hab/dia e passou para 1,96 kg/hab/dia. Dados de 2000 e 2004, já indicavam que no Brasil se geravam 162.000 t/dia de resíduos domiciliares, resultando em um índice de geração “per capita” de 0,9 kg/hab/dia (Calderoni, 2005).

A situação se torna ainda mais complexa quando se conclui que apenas 2% desta geração de resíduos foram destinados à reciclagem, segundo o mesmo PNSB de 2000, e, evidentemente o restante foi destinado aos depósitos do tipo lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Nos Estados Unidos, por exemplo, em 2001, com uma taxa de geração de 2,5 kg/hab/dia, 18% eram reciclados, e em torno de 60% eram destinados aos aterros (Alemu, 2001).

Ainda quanto à situação no Brasil, dos 5.507 municípios brasileiros, 63,6% usavam os “lixões” como forma de destino final, de acordo com o Atlas de Saneamento do IBGE divulgado no Rio de Janeiro, sendo uma forma inadequada de armazenar os dejetos ou resíduos, pois contaminam os rios e o solo. O aterro sanitário, o modo mais indicado de depositar os resíduos, era utilizado por apenas 13,8% dos municípios brasileiros, segundo a mesma publicação.

No exterior, há que se destacar o exemplo da União Européia, que vem passando por uma transformação significativa em termos de GRSU (Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos), motivada pela conhecida “Diretiva Européia 75/442/CEE”. Esta legislação forçou os países membros a redirecionarem seus esforços na busca de alternativas para a destinação dos RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), já que determinou que a partir de junho de 2005 a destinação aos aterros sanitários deveria terminar, ou seja, o resíduo deveria passar por todos os tipos de tratamentos prévios, restando uma fração mínima não aproveitável que então teria este fim.

Como objetivo geral do presente trabalho, tem-se a apresentação de diagnóstico sobre a situação das gestões integradas de resíduos sólidos urbanos (GIRSU) praticados no Brasil, traçando um paralelo com exemplos de outros países. Os objetivos específicos são: i) indicar quais as deficiências do sistema no Brasil; ii) apontar os pontos positivos das GIRSU em países desenvolvidos; iii) propor a integração destes pontos positivos no sistema de GIRSU brasileiro; iv) apresentar um prognóstico futuro de alternativas para o caso brasileiro.

Há também que se salientar a importância do tema no Brasil, haja visto o Programa Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, estabelecido pela Lei 12.305 de 02/08/2010, que estabelece o prazo máximo do ano de 2014 para que todos os municípios implantem seus próprios Planos Integrados de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.

## 2 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido basicamente com as seguintes etapas: i) pesquisa e coleta de dados; ii) organização dos dados coletados; iii) análise comparativa dos dados; iv) avaliação conclusiva e prognóstica dos resultados;

Na etapa de pesquisa e coleta de dados, um importante levantamento bibliográfico foi desenvolvido, abrangendo os seguintes tópicos: gestão de resíduos sólidos, modelos existentes para GIRSU, dados de custos gerais; Esta etapa foi desenvolvida parte no Brasil e parte no exterior, em Barcelona na Espanha, que possui um dos melhores sistemas de gestão integrada de resíduos municipais do mundo. Foram levantados desde livros publicados sobre o tema até relatórios de gestão integrada de organismos municipais, passando por resultados de pesquisas oficiais de institutos, no Brasil e no exterior.

A etapa posterior de organização dos dados constou de metodologias usuais de tabulação com utilização dos softwares na plataforma Windows, tais como as planilhas Excel. Esta ferramenta permite a geração de gráficos ilustrativos dos dados, facilitando a etapa posterior de análise comparativa dos dados.

Nesta análise comparativa, a partir das tabelas e gráficos gerados, foram comparados parâmetros utilizados na GIRSU, tais como, taxa de geração de resíduos (t/dia), custos de coleta (\$/t), custos de transporte (\$/t), custos de disposição final (\$/t), participação percentual dos tipos de resíduos gerados (%), taxas de distribuição dos resíduos segundo tratamento final (%).

Por fim, uma avaliação conclusiva e prognóstica, através de síntese dos principais resultados em gráficos e tabelas, relatando falhas e apontando soluções a curto, médio e longo prazo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gerenciamento integrado do resíduo urbano é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve (com base em critérios sanitários, ambientais e econômicos), para coletar, segregar, tratar e dispor o “lixo” de uma cidade. Não se trata de definir se a recuperação de recicláveis, compostagem, incineração ou aterro sanitário é a melhor técnica de gerenciamento a utilizar, ao contrário, é necessário determinar em que proporção é mais apropriado conjugar estas técnicas e como é melhor articula-las (D’Almeida & Vilhena 2000).

Todos os produtos que são fabricados, comercializados e consumidos acabam convertendo-se, ao menos em parte, em resíduos. Como o consumo não para e esta sempre crescendo, a geração de resíduos se torna cada vez mais importante e sua eliminação um problema maior que compromete o desenvolvimento sustentável da nossa sociedade. Durante séculos os resíduos foram depositados nos lixões sem uma consciência do problema porque a composição dos resíduos não era tão agressiva ao meio ambiente e sua quantidade era relativamente pequena. Hoje em dia as quantidades são cada vez maiores com características mais contaminantes.

Uma visão muito importante na gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos é a da ordem ou hierarquia de prioridades conforme é demonstrado na figura 01.

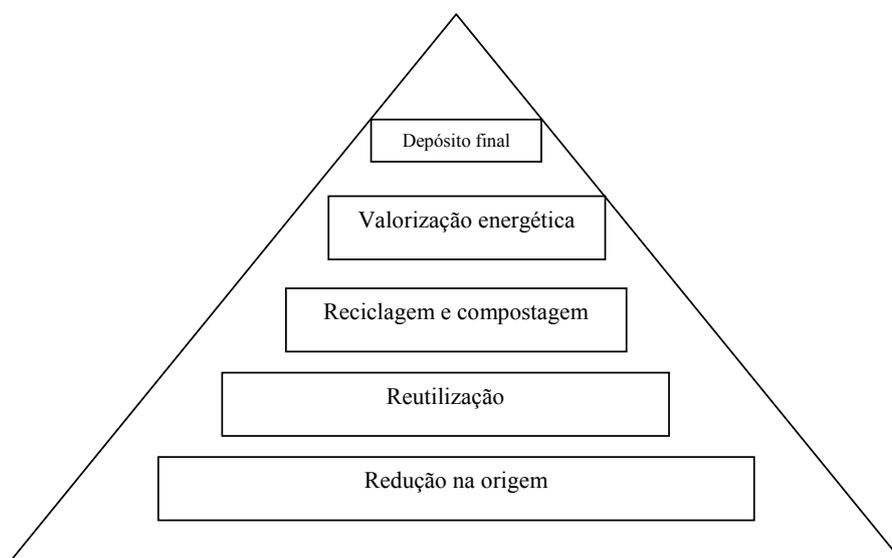


Figura 01 - Pirâmide ilustrativa da hierarquia de prioridades na gestão de resíduos urbanos;

A problemática da eliminação dos resíduos é complexa e não existe uma única solução, tendo-se que analisar cada caso para a escolha da melhor opção dentro dos sistemas de gestão e tecnologias disponíveis. Para isto é importante ter em mente as etapas que compõe um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

A distribuição dos resíduos municipais segundo o tipo de tratamento finalista é mostrado na figura 02, para o caso de Barcelona/Espanha (EMB, 2005).

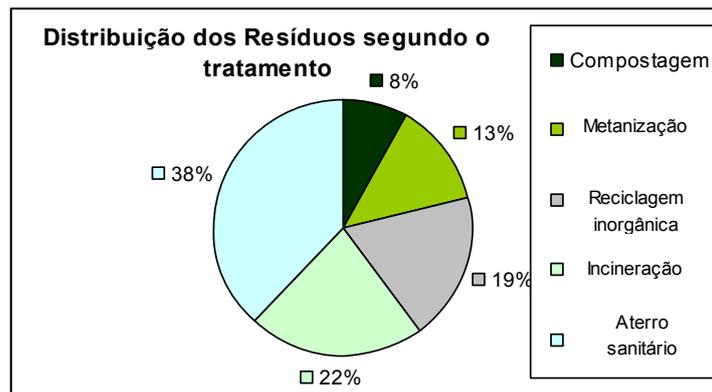


Figura 02 - Distribuição dos Resíduos segundo Tratamento em Barcelona/Espanha (EMB, 2004);

### 3.1 Geração

Na recente “I Conferência Nacional de Prevenção de Resíduos” realizada em Madrid – abril de 2006 (Ministério del Medio Ambiente), entre as conclusões principais, os membros foram unânimes na constatação de que houve um “fracasso geral nas políticas de prevenção”, havendo a necessidade de implementar novos mecanismos como os Instrumentos Econômicos. O que se pode concluir deste diagnóstico é que, “se a política de prevenção não teve sucesso em um país como a Espanha, pertencente à comunidade europeia e sob rígidas normas legais, onde o percentual de todos os resíduos reciclados, recuperados e biotratados esta atingindo o patamar de 40%, o que se pode esperar sobre um diagnóstico para um país como o Brasil, onde a participação na reciclagem esta na tímida escala dos 2% (IBGE 2000)”, tendendo atualmente para o patamar de 5%.

A produção de resíduos nos Estados Unidos é uma das mais elevadas do mundo, com cerca de 2 kg/hab/dia. Já a Europa fica com uma média de 1,5 kg/hab/dia, onde registra-se uma média de crescimento de 4-5% ao ano. A geração de resíduos cresceu de 2,96% ao ano, no período de 2001 à 2004 na área metropolitana de Barcelona, Espanha. A produção de resíduos por habitante ao dia passou de 1,44 kg para 1,48 kg (EMB, 2005), como mostra a figura 03. Se compararmos com o crescimento populacional neste mesmo período para esta região que foi de 0,43% , se conclui, que a taxa da geração de resíduos cresce em uma velocidade muito maior que a população.

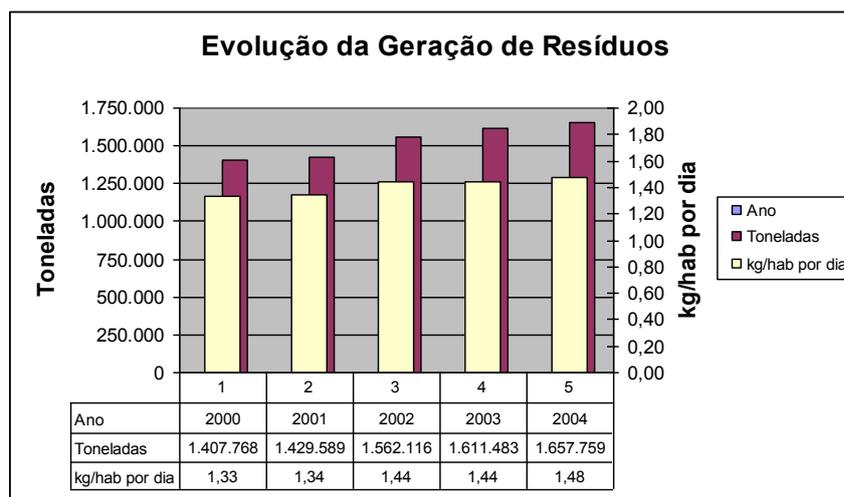


Figura 03- Evolução da geração de resíduos na região metropolitana de Barcelona/Espanha (EMB, 2005);

Porto Alegre teve um crescimento populacional de 1,35% ao ano, no período de 1996 a 2000, e segundo o censo de 2000 tinha uma população de 1.360.590 habitantes (Censo IBGE/2000) sendo

que pelo ultimo censo já esta com 1.600.000 habitantes. Sua geração per capita de resíduos sólidos domiciliares esta em torno de 0,7 kg/hab/dia, mas segue crescendo. A cidade de São Paulo por sua vez, uma das maiores metrópoles do mundo, ultrapassa a taxa de geração diária de 1,0 kg/hab/dia.

### 3.2 Triagem e reciclagem

A triagem e a reciclagem são operações da GRSU que podem ser consideradas no mesmo nível.

O principal objetivo da triagem, portanto, é separar todo o material possível de ser aproveitado, restando ao final a denominada “fração orgânica”. E aqui cabe salientar que, “quanto maior a eficiência destes sistemas, maior serão as eficiências dos outros sistemas ou tratamentos de valorização ou finais constituintes de uma GRSU”. Isto porque a fração orgânica, responsável por cerca de 50% do peso do “lixo” em média nos países em desenvolvimento, é também a principal fonte de poluentes de natureza orgânica que vão gerar o famoso e indesejável “chorume” ou lixiviado dos aterros sanitários, e o restante ou a fração inorgânica é a principal causa da geração dos poluentes atmosféricos resultantes do processo ou tratamento térmico denominado de incineração.

A reciclagem por sua vez tem papel importantíssimo na economia de um país. Sabedai Calderoni (2005), na introdução ao seu livro *“Os bilhões perdidos no lixo”* resume bem esta situação: *“Os ganhos proporcionados pela reciclagem do lixo decorrem do fato de que é mais econômica a produção a partir da reciclagem do que a partir de matérias-primas virgens. Isso se dá porque a produção a partir da reciclagem utiliza menos energia, matéria-prima, recursos hídricos, reduzindo os custos de controle ambiental e também os de disposição de lixo”*.

São conhecidos alguns índices aproximados de reciclagem de países desenvolvidos que merecem citação para reflexão quando comparados com o caso do Brasil (2008):

- Brasil: 2%
- Espanha: 20%
- Alemanha: 71%
- Países nórdicos: 15 a 20%

### 3.3 Compostagem e Biodigestão

Dá-se o nome de compostagem ao processo biológico de decomposição de matéria orgânica contidas em restos de origem animal ou vegetal. Este processo tem como resultado final um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente (Lima, 2000).



Figura 04 - Instalações do biodigestor no Ecoparque 2 (Barcelona/ES)

Diferentemente da condição aeróbia da compostagem, a biodigestão é um processo anaeróbio e é também denominada “bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos”, ou ainda de “metanização”. Contudo, os processos anaeróbios empregados no tratamento dos resíduos sólidos ainda não constituem prática muito bem difundida, principalmente nos países do bloco em desenvolvimento, entre eles o Brasil. A falta de configuração de sistemas de tratamento e o alto custo são os

principais motivos (Leite et al, 2003).

Porém, nos países desenvolvidos, principalmente no continente europeu, destacando-se a Espanha como uma das pioneiras neste sistema, está cada vez mais sendo empregado a biodigestão em reatores. Este fato se deve a utilização do calor gerado pela combustão do metano, já que o gás produzido tem uma proporção de 50% deste composto gasoso (Leroy, 2005).

A figura 04 mostra as instalações do biodigestor no Ecoparque 2 de Barcelona, que transforma o gás metano gerado em energia elétrica.

### 3.4 Incineração

A incineração é um processo de tratamento térmico dos RSU que tem como objetivo transformar a fração orgânica em produtos estáveis e a recuperação do calor gerado durante a combustão para geração de energia elétrica principalmente. Os tratamentos térmicos permitem a eliminação da totalidade dos resíduos, com exceção dos resíduos de natureza sólida que não foram possíveis de separar previamente na triagem e que vão compor as cinzas e escórias, perfazendo em torno de 30% do peso, e que serão conduzidos aos aterros sanitários (Leroy, 2003).

O processo de incineração no Brasil é altamente polêmico, existindo uma grande discussão sobre os efeitos maléficos ao meio-ambiente, principalmente quanto à geração das denominadas “Dioxinas e Furanos”, substâncias classificadas como “Poluentes orgânicos persistentes – POPs” e de risco altíssimo à saúde do homem e que são liberadas nos gases resultantes da queima de plásticos e outros materiais. Na Europa, Estados Unidos, Japão principalmente, este sistema está amplamente implantado e em operação, onde se tem comprovado que as emissões gasosas estão abaixo do limite permitido pela legislação. Outra questão relacionada à incineração são os altos custos de investimento e operação, que comparados aos aterros sanitários podem chegar a três vezes mais.

A participação da incineração em alguns países (Calderoni, 2005):

- Suíça: 80%
- Alemanha: 60%
- Suécia: 50%
- França: 35%
- Reino Unido: 4%

No mundo há cerca de 650 plantas de incineração com geração de energia, concentrando-se nos seguintes países principalmente (Leme, 2006):

- Europa: 301
- Japão: 189
- Estados Unidos: 98



Figura 05 – Incineradora de RSU na região metropolitana de Barcelona instalada às margens do Mar Mediterrâneo

Na Europa a maioria das incineradoras está concentrada na Alemanha, onde as instalações possuem até analisadores “on line” de Dioxinas e Furanos e os valores são divulgados via internet.

Há que se salientar que na Europa os limites máximos permitidos de emissão destes compostos são mais baixos que no Brasil, por exemplo, 0,1 ng/m<sup>3</sup> para o continente europeu e 0,5 ng/m<sup>3</sup> no Brasil.

A figura 05 mostra vista da Incineradora de Besós, na região metropolitana de Barcelona na Espanha, que tem a particularidade de estar ao lado do mar Mediterrâneo, o que de certa maneira comprova a segurança que os Europeus consideram quando se trata os resíduos urbanos neste tipo de instalação. Esta incineradora têm ao seu lado um Ecoparque instalado, o de número 4 de Barcelona.

### 3.5 Aterros sanitários

Aterro sanitário por definição prevista na legislação, “*é um processo de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, e que permite a confinação segura em termos de controle ambiental e proteção à saúde pública*” (D’Almeida & Vilhena, 2000).

Existem outras formas não aceitas pela legislação e normativas vigentes em todo o mundo, ou seja, o aterro controlado, onde se utiliza métodos de engenharia para a disposição, porém sem uma confinação segura, e o lixão no qual o despejo no solo é realizado sem qualquer técnica e medida de proteção.

A situação evolutiva no Brasil pode ser resumida nos seguintes dados do IBGE, em termos do percentual em peso do resíduo urbano gerado:

-1991: 76% lixões / 13% at. Controlados / 10% at. Sanitários / 1% outros trat.

-2000: 64% lixões / 20% at. Controlados / 14% at. Sanitários / 2% outros trat.

Segundo a última pesquisa do SNIS com dados de 2004 (Miranda, 2006), a situação em termos de áreas de aterro com implantação das principais especificações técnicas, relativas ao número de aterros pesquisado, era a seguinte:

- 48,6% não possuíam impermeabilização de base;

- 45,3% não possuíam drenagem de chorume;

- 48,6% não possuíam drenagem de gases;

Como se pode concluir ainda há muito que se fazer no caso brasileiro para que para que os aterros sanitários prevaleçam como a forma de aterramento dos resíduos no solo, ou seja, entenda-se como forma de tratamento e destino final.

A premissa básica de todos os Planos Diretores de Gerenciamento Integrado de Resíduos Urbanos – PDGIRSU no mundo inteiro atualmente é “*aumentar ao máximo possível a reciclagem e os tratamentos para valorização dos resíduos gerados desde sua origem, diminuindo ao máximo a destinação aos aterros sanitários*”. Neste sentido a Comunidade Comum Européia – CE possui uma diretiva que determinou aos países integrantes o prazo de junho de 2005 como o limite para a implantação de planos diretores tendo por fim a eliminação da destinação direta dos resíduos urbanos aos aterros sanitários, ou seja, estes devem possuir todos os tipos possíveis de tratamentos prévios visando reduzir o aterramento. Em resumo, só deverá seguir aos aterros o que realmente não pode mais ser aproveitado, seja na reciclagem, na valorização energética ou na valorização biológica.

A Alemanha foi o país pioneiro em atingir metas importantes neste sentido e, se tomarmos o caso da região da Baviera (12.000.000 habitantes), que em tamanho e população é muito semelhante à cidade de São Paulo (10.000.000 habitantes), pode-se afirmar que as soluções adotadas estão cerca de 30 anos adiantadas (Neto & König, 2005). Para se ter uma idéia, nesta região da Alemanha, em 1970 existia 5000 aterros sanitários e, em 2005 apenas 54. Porém, para se atingir este resultado foi investido cerca de 1 bilhão de euros (1,3 bilhões de dólares) principalmente na ampliação do tratamento térmico (incineradoras), na criação de muitos centros de reciclagem, na modernização dos aterros tornando-os “*centros de tratamento*” e, por fim, talvez a iniciativa mais importante, ou seja, “*as campanhas de conscientização da população*”.

Dois outros temas importantes também envolvem os aterros sanitários, ou seja, a recuperação do gás gerado e o tratamento do lixiviado. A primeira diz respeito ao aproveitamento do gás metano (NH<sub>4</sub>) na geração de energia elétrica e combustível, e a segunda se refere ao tratamento físico-químico do líquido também resultante da biodegradação da fração orgânica do resíduo disposto no aterro.

### 3.6 Exemplos de concepções modernas de GRSU

Importante a citação de novos conceitos na GRSU que já estão sendo empregados em países desenvolvidos e atualmente começam a tomar forma nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Descrevem-se neste item três principais conceitos, ou seja, os ECOPARQUES, a Reciclagem em aterros sanitários e a questão dos Consórcios de municípios aplicados aos aterros sanitários.

Em alguns países a gestão de resíduos de forma integrada evoluiu para a construção dos denominados “ECOPARQUES”, como equipamentos ambientais destinados ao tratamento integral dos resíduos urbanos. A função principal é valorizar a fração orgânica e os restos (rejeitos domésticos e resíduos não diferenciados), através de tratamentos complementares, tais como, a seleção e separação de materiais valorizáveis, a compostagem e a metanização (Sábata, 2006).

A figura 06 apresenta uma perspectiva de todas as instalações que compõe o Ecoparque de Barcelona, a partir de uma maquete. Pode-se observar o altíssimo nível de organização e isolamento. Os prédios são todos projetados para evitar a propagação de “odores e ruídos” para a vizinhança, com a qual existem protocolos de segurança e controle ambiental, garantindo a manutenção da qualidade de vida dos habitantes.



Figura 06- Vista geral exterior das instalações do ECOPARQUE 2 (Barcelona/Es);

### 3.7 Custos gerais com gestão de resíduos sólidos urbanos - GRSU

Na primeira etapa, ou seja, a coleta, os custos podem oscilar entre 30 e 50 Euros/t (US\$ 35 a 60/t), sendo que, se a coleta for seletiva, estará acima dos 60 Euros/t (US\$ 80/t) (Sábata, 2006).

Os custos de um programa de reciclagem por sua vez, podem variar entre US\$ 30 e 60/t de material reciclável recoletado e transportado até o mercado (Strobridge & Gerlock, 1996).

Apresenta-se na Tabela 01 algumas distribuições percentuais conhecidas, dos diferentes componentes de custo de um sistema de gestão de resíduos.

Tabela 01 - Distribuição de custos na gestão de resíduos municipais para o caso da região de Catalunya-Espanha

Componente do sistema de gestão	Participação no custo %
▪ Campanhas de conscientização	7
▪ Coleta	46
▪ Transporte	7
▪ Tratamento	25
▪ Gestão e controle	6
▪ Outros gerais	9

Fonte: Sábata, 2006.

Exemplos da variação dos níveis de custos com o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos são muitos. A Tabela 02 sintetiza alguns destes custos, ilustrando como pode ocorrer uma grande variação ou diferença, dependendo de muitos fatores inerentes à economia do país, mas fundamentalmente da política e tipo de gerenciamento adotada.

Tabela 02 - Custos típicos com gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em algumas cidades e países no exterior

Cidade / País	Faixas de variação dos custos (US\$/ton)	
	Coleta e transporte	Depósito no Aterro
USA	3,5	10 – 80
Canadá	-	80 – 120
Flórida	16,6	55,1
Philadéla	48,5	55,2
Indiana	120,4	-
Hong Kong	-	11,3
Thailandia	2,9 – 10,4	-
Kuwait	24,0	-

Fonte: Koushki, 2004

Já a análise dos dados da Tabela 03 nos remete a realidade atual da Comunidade Comum Européia, onde está realmente ocorrendo uma grande destinação de recursos aos aterros sanitários, de forma a torná-los instrumentos cada vez mais onerosos e como última alternativa na pirâmide de prioridades da GIRSU. Se verificarmos com atenção, os dados tem uma média muito alta, cerca de US\$ 62/t de custo total de disposição, mesmo sem os custos de aquisição da área ou terreno e os relativos a recuperação e fechamento. Outra observação importante é que não há qualquer correlação entre o custo e a capacidade diária, obtendo-se um coeficiente de determinação de 0,015 e isto se deve, certamente, às questões políticas internas de cada país, que hoje vive um tenso momento de adequação às rigorosas leis ou diretivas européias.

Tabela 03 – Custos médios totais com aterros sanitários em países europeus

País da CCE	t/dia RSU	US\$/t (2006)
Alemanha	800	97,5
Áustria	330	78
Bélgica	470	91
Dinamarca	25	85,8
Finlândia	170	49,4
França	280	63,7
Espanha	160	9,75
Grécia	310	17,55
Inglaterra	145	22,75
Itália	160	78
Portugal	180	20,15
Suécia	690	62,4

No estudo apresentado a seguir na Tabela 04, pode-se observar uma análise comparativa dos custos de processos de tratamento de resíduos domiciliares, sem considerar as externalidades, porém demonstrando as receitas ou ingressos devido à valorização de resíduos.

Tabela 04 - Comparação de custos de processos de tratamento

<b>Tipo de processo</b>	<b>Custo do processo US\$/t</b>	<b>Receitas por valorização - US\$/t</b>	<b>Custo final líquido US\$/t</b>
Coleta normal	27	-	27
Coleta seletiva	41	30	11
Aterro sanitário	13	-	13
Triagem e reciclagem	25	13	12
Compostagem	28	17	11
Incineração bruta	78	32	46
Incineração c/pré trat.	100	67	33

Fonte: Riera & Garcia, 1997.

Da análise destes dados (Tabela 04) se conclui que um dos processos com menor custo é o Aterro sanitário, sendo que o mais custoso é o da Incineração. Porém, ao se considerar os ingressos de receitas a preferência pelos processos menos custosos se alteraria, passando a compostagem e a reciclagem como os mais baratos, seguidos do aterro e da incineração.

Independentemente da exatidão destes dados, o importante é destacar a possibilidade de obter receitas devidas à valorização dos produtos.

#### 4 CONCLUSÕES

As principais conclusões no contexto prognóstico da situação comparativa “Brasil x países desenvolvidos”, a partir do diagnóstico feito no presente trabalho são:

i. É evidente o alto nível de investimento invertido pelos países desenvolvidos em relação às campanhas de conscientização para implantação de uma efetiva GIRSU, à exemplo de Barcelona na Espanha cujo nível de participação deste item é de 7%, mesmo patamar do custo de transporte. No Brasil os níveis de investimentos dos municípios nestas campanhas de conscientização (educação ambiental) são baixíssimos e, neste quesito, pode se apontar o principal problema das GIRSU não evoluir satisfatoriamente.

ii. A conclusão acima se evidencia na grande diferença entre o índice de reciclagem médio dos países desenvolvidos, cerca de 20% no mínimo, já atingidos por volta do ano de 2008, contrastando com os níveis atuais do país, estimado por volta dos 5%, considerando todos os tipos de resíduos recicláveis.

iii. Outra importante conclusão é quanto à incineração, quando em 2006 existiam em operação cerca de 650 usinas entre Europa, EUA e Japão e, no Brasil nenhuma, relativa ao tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos. Fica o questionamento: Por que motivo estes países venceram os bloqueios impostos pelas leis ambientais e o Brasil não? Falta de tecnologia ou recursos financeiros para importação? Resistência das organizações ambientalistas? O que fazer se instituições brasileiras de reconhecida competência em pesquisa afirmam que o país detêm capacidade tecnológica para tal. Talvez falte um programa político mais agressivo por parte dos governos.

iv. O forte contraste na destinação final dos RSU (resíduos sólidos urbanos) para os aterros sanitários, a partir do presente diagnóstico, é, talvez, o principal indicador da deficiência do sistema brasileiro neste tema. Enquanto a Europa estabelecia para o ano de 2005 a meta de eliminar o “aterramento”, com a Alemanha reduzindo os seus 5000 aterros para apenas 54, o Brasil ainda apresentava 60% dos 5500 municípios com destinação para “lixões”. Solução: “Investir grandes somas em cam-

panhas de conscientização, coleta seletiva e subsídios e incentivos às Prefeituras para que implantem aterros sanitários, através dos consórcios entre municípios de pequeno porte, compartilhando custos e responsabilidades”.

v. Destacam-se os exemplos de “concepções modernas de GIRSU” largamente utilizados pelos países desenvolvidos, haja visto o exemplo de Barcelona/ES, que é referência mundial de sucesso em plano de gerenciamento de resíduos urbanos. O ECOPARQUE de Barcelona é a representação mais típica destas concepções, instalado ao lado do aterro sanitário municipal, onde o processamento do resíduo urbano é tal que, somente segue para o aterro o “resíduo do resíduo”, ou seja, mais de 50% da quantidade transportada pelos caminhões de coleta é “valorizado” (fração orgânica, papel, papelão, metais e vidros). O que segue para aterramento os resíduos não diferenciados ou onde o processo de separação não é efetivo.

vi. Por fim, a análise dos custos gerais nos leva a concluir:

Países desenvolvidos e com sucesso amplo na GIRSU não economizam em custos, priorizando a efetividade de seus tratamentos;

Enquanto no Brasil o custo médio de operação em aterro sanitário fica em torno de US\$30/t, nos EUA e Canadá a média é de US\$80/t, França apresenta US\$60/t e Alemanha US\$ 90/t;

Os países com ampla valorização dos resíduos urbanos tais como Espanha e Alemanha, obtêm significativa redução nos seus custos finais líquidos, já que as receitas por valorização (compostagem, reciclagem, incineração) atingem 50% do custo de processo do resíduo urbanos, a partir de sua origem.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Catedrático do Depto. de Química da UPC, Barcelona/ES, José Luis Cortina, pelo apoio, auxílio e orientação.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica – CNPq, pelo suporte financeiro.

À CAPES pela concessão da bolsa e auxílios financeiros para o estágio de doutorando no exterior, realizado na Universidade Politécnica de Cataluñia - UPC em Barcelona, Espanha.

Ao Laboratório de Processamento Mineral – LAPROM – UFRGS.

## REFERÊNCIAS

Alemu, C. La bonne élève de l'Union Européene. Label France, dez. 2001.

Calderoni, S. Os Bilhões Perdidos no Lixo. 4. edição – São Paulo: Humanitas Editora / FFLCH / USP, 2005. 346 p.

D'Almeida, M.L.O. & Vilhena, A. Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado. 2ª. Ed., São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370p.

EMB. Entidad Metropolitana de Medio Ambiente de Barcelona, Datos Ambientales Metropolitanos de 2004. Edição de outubro de 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Econômica, 2000. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB.

Koushki P.A., Al-Duaij U. & Al-Ghimlas W. Collection and transportation cost of household solid waste in Kuwait. Waste Management n. 24, 2004, pp. 957-964.

Lite, V.D. et al. Bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos. Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás. Rio de Janeiro, ABES. Projeto PROSAB. 2003. p. 95 -119.

Leme, J.H.P. Estudo de caso: reciclagem energética na Usina Verde. 1º Simpósio Brasileiro de Incineração – UPAN. Porto Alegre, dezembro de 2006.

Leroy J.B. Guia para elaboración de um proyecto de tratamiento de resíduos urbanos. Revista Resíduos n. 82, janeiro-fevereiro de 2005, pp. 46-53.

Lima, J. D. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. Universidade Federal da Paraíba, , 2000, 267 p.

Miranda, E. C. et al. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos-2004. Brasília, M.CIDADES, SNSA, 2006, 381 p.

Neto, S.N., König, T. et al. Gerenciamento de Resíduos Sólidos: uma visão de futuro. Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo e Secretaria do Meio Ambiente, Saúde Pública e Proteção do Consumidor da Baviera. 2005. 80 p.

Riera, P. & García, L. Análisis económico de la gestión de resíduos urbanos. XXIII Reunión de Estudios Regionales, Valencia, 18-21 noviembre 1997.

Sabata, J.M.C. Gestion de los resíduos sólidos urbanos. Universitat Politècnica de Catalunya-UPC /Metropolis. 2006. <http://www.ema-amb.es>

Strobridge, D. E. & Gerlock, F.G. Obtención de datos y control de costes. Manual McGraw-Hill de Reciclaje, 1996. Cap.33.