



ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO ATRAVÉS DE FORNOS DE QUEIMA: UMA ANÁLISE

Thaysi Castro Coelho¹
Juan Carlos Valdés Serra^{1,2}
Jordanna Barreira Lustosa³

RESUMO

Atualmente, presencia-se uma nova alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, constituída por uma tecnologia que promove a redução do volume do resíduo sólido aliada à geração de energia. Essa tecnologia denomina-se fornos de queima de resíduos, que teve sua maior expansão na Europa e Estados Unidos, sendo, nos dias atuais, introduzida no Brasil, ainda de maneira tímida, não possuindo grandes plantas em operação. Logo, a partir de levantamento bibliográfico e da identificação das usinas em operação, a proposta foi realizar um estudo das aplicações da tecnologia de queima de resíduos sólidos para geração de energia no Brasil. Paralelamente, realizou-se uma breve comparação entre essa tecnologia e a disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários, sendo possível constatar que, embora não tendo grandes unidades em operação, o Brasil possui um potencial energético para esse tipo de tratamento, colocando-o em destaque diante de países da Europa, na qual a utilização de fornos de queima para promover o tratamento dos resíduos sólidos urbanos já é uma realidade evidente e onde se encontram localizadas 60% das usinas de aproveitamento energético existentes no mundo. Todavia, o potencial do Brasil é observado no quantitativo de resíduos, com o montante de 53 milhões de toneladas por ano, destacando-se ainda que o potencial calorífico de um dos constituintes do lixo doméstico, o plástico, cerca de 46.000 kJ de energia recuperável por quilo, aproximadamente três vezes a energia contida no carvão de média qualidade.

Palavras-chave: tratamento de resíduos sólidos, fornos de queima de resíduos sólidos, aproveitamento energético

ABSTRACT

Alternative treatment of solid waste and energy recovery through burning furnaces: an analysis. Currently a new alternative for the treatment of urban solid waste consisting of a technology that promotes reduction of the volume of the solid residues combined with power generation has been observed. Such technology is the waste burning kilns, which had its greatest expansion in Eu-

¹ Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental, UFT - Universidade Federal do Tocantins, Brasil. E-mail para correspondência: coelho.ambiental@gmail.com

² Mestrado em Agroenergia, UFT - Universidade Federal do Tocantins, Brasil.

³ UFT - Universidade Federal do Tocantins, Brasil.

rope and the United States, currently being introduced in Brazil, yet so timid, lacking large plants in operation. Therefore, from a literature review and identification of plants in operation, the proposal was to conduct a study of the applications of technology burning solid waste for energy generation in Brazil. At the same time there was a brief comparison between this technology and disposal of solid waste in landfills, and it can be seen that although not having large units in operation, Brazil has an energy potential for this type of treatment, placing it highlighted before European countries, where the use of furnaces to promote the treatment of municipal solid waste is a reality evident and where there are 60% of the energy use plants existent in the world. However, the potential of Brazil is observed in the quantity of waste containing an amount of 53 million tons per year, especially though the calorific potential of one of the constituents of domestic garbage, plastics, containing about 46,000 kJ of energy recoverable per kilo, about three times the energy contained in the average quality of coal.

Keywords: solid waste treatment, furnaces of burning solid waste, energy use

INTRODUÇÃO

O aumento na demanda por combustíveis fósseis a partir do período da revolução industrial aliado à crise energética fez com que os países despertassem para a busca de fontes alternativas de energia, que pudesse de médio a longo prazo substituir ou complementar as fontes de energia, de modo que não apenas o petróleo fosse utilizado.

De maneira paralela à demanda por combustíveis fósseis, presenciou-se o aumento vertiginoso da geração de resíduos sólidos nos municípios. Essa situação é atribuída ao aumento do poder aquisitivo da população, do êxodo rural com destino às cidades, além da pressão capitalista voltada para o consumo imediato e o rápido descarte de produtos.

De acordo com dados das Nações Unidas, no ano de 2007 atingiu-se um marco emblemático referente à população mundial urbana. Pela primeira vez, uma em cada 2 pessoas vive em cidades. Entre 2005 e 2030, a população das cidades deve crescer em uma média anual de 1,78% ao ano, quase o dobro do crescimento esperado para a população mundial como um todo. Esse aumento da população urbana – que se acelerou nos últimos 50 anos graças às inovações tecnológicas na área da saúde e da produção de alimentos – deverá ocorrer principalmente nos países em desenvolvimento, sendo que, os novos hábitos de consumo aliados ao crescimento populacional e às melhorias na situação econômica do pós-guerra causaram um aumento vertiginoso na geração de resíduos (Zveibil, 2009).

Com a geração de tantos resíduos sólidos nos municípios, bem como a dificuldade encontrada pelos mesmos para o desenvolvimento de políticas públicas que visem à redução da geração, a principal solução encontrada para disposição final do lixo tem sido os aterros sanitários e em sua grande maioria os lixões.

Visando a atenuar as dificuldades causadas pelo consumo crescente de combustíveis fósseis e do aumento vertiginoso na geração de resíduos sólidos, presencia-se, nos últimos anos, o surgimento de uma tecnologia que busca promover a geração de energia por meio da queima ou carbonização dos resíduos sólidos. Esse fato possibilitaria a redução no consumo de combustíveis fósseis aliado à minimização desses resíduos, que devem ser encaminhados à disposição final adequada, reduzindo-se, assim, a área de aterro

sanitário, além de maximizar o tempo de vida útil do mesmo. Isso diminuiria a dificuldade dos municípios em encontrar áreas que possam abrigar tais empreendimentos.

Tendo em vista a realidade energética atual, a proposta foi realizar um estudo das aplicações da tecnologia de queima de resíduos sólidos para geração de energia no Brasil.

RESÍDUOS SÓLIDOS: CENÁRIO MUNDIAL

A questão dos resíduos sólidos urbanos apresenta diversos problemas à sociedade, dentre eles destacam-se aqueles relacionados à saúde pública, tendo em vista que quando os resíduos são dispostos em aterros, a falta de cobertura regular pode promover a proliferação de vetores de doenças como a dengue, não podendo deixar de citar também a iminente possibilidade de ruptura da geomembrana que origina a impermeabilização da base do aterro, o que promoveria o acesso do líquido lixiviado ao solo e, a partir desse, podendo alcançar as águas subterrâneas. Outro problema bastante relacionado com a má gestão dos resíduos sólidos são aqueles de cunho social. Não é de nenhuma estranheza a presença de pessoas em sua maior parte crianças nos locais de disposição final inadequados como os lixões.

Atualmente, a sociedade e a administração pública se deparam com um grande desafio quanto à gestão dos resíduos sólidos. Sua produção vem aumentando devido à intensificação das atividades humanas nas últimas décadas, dificultando o manejo e disposição correta dos mesmos (Coelho, 2010).

Segundo Ensinas (2003), a disposição final do lixo urbano é um dos graves problemas ambientais enfrentados pelos grandes centros urbanos em todo o mundo e tende a agravar-se com o aumento do consumo de bens descartáveis, que passam cada vez mais a compor os grandes volumes de lixo gerados pela população.

Assim sendo, as opções para dar destino adequado a esses resíduos e a tentativa de redução na sua geração englobam: maneiras de restringir na fonte, reúso de certos artefatos, compostagem, reciclagem e o aproveitamento do valor energético agregado aos mesmos (Borowski, 2002).

RESÍDUOS SÓLIDOS: CENÁRIO BRASILEIRO

O cenário brasileiro revela que a utilização de aterros sanitários como forma de destinação final dos resíduos sólidos urbanos apresenta-se ainda hoje no Brasil e na maioria dos países do mundo, como a principal alternativa encontrada para o lixo. O aterramento do lixo é apontado juntamente com o tratamento anaeróbico de esgotos domésticos e efluentes industriais, como uma das maiores fontes de metano liberado para a atmosfera, contribuindo assim para o agravamento do efeito estufa. Segundo IPCC (1996), os aterros são responsáveis por cerca de 5 a 20% do total de metano liberado por fontes com origem em atividades humanas (Ensinas, 2003).

De acordo com Monteiro (2001), o aterro sanitário sucintamente constitui-se de um método para disposição final de resíduos sólidos, sobre terreno natural devidamente impermeabilizado, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública.

Essa técnica é uma forma de destinação final do lixo largamente utilizada nos dias atuais, em virtude de sua simplicidade de execução, seu baixo custo de capacidade de absorção diária de grande quantidade de resíduos, quando comparado às demais formas de tratamento do lixo. Contudo, existem fatores limitantes a essa prática, como a redução da disponibilidade de áreas próximas aos centros urbanos, os riscos ambientais associados à infiltração do líquido lixiviado e a emissão descontrolada de biogás (Ensinas, 2003).

De acordo com Miranda (2010), o Brasil produziu 53 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) durante o ano de 2009, com 2070 municípios consultados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. A massa coletada de resíduos domiciliares e públicos nos municípios participantes do diagnóstico foi de 35,4 milhões de toneladas. Os resíduos produzidos resultaram em uma massa média *per capita* de 0,79 kg/hab./dia na região sul até 1,40 na centro-oeste, com uma média para o país de 0,93 kg/hab./dia. As figuras 1 e 2 ilustram os dados informados.

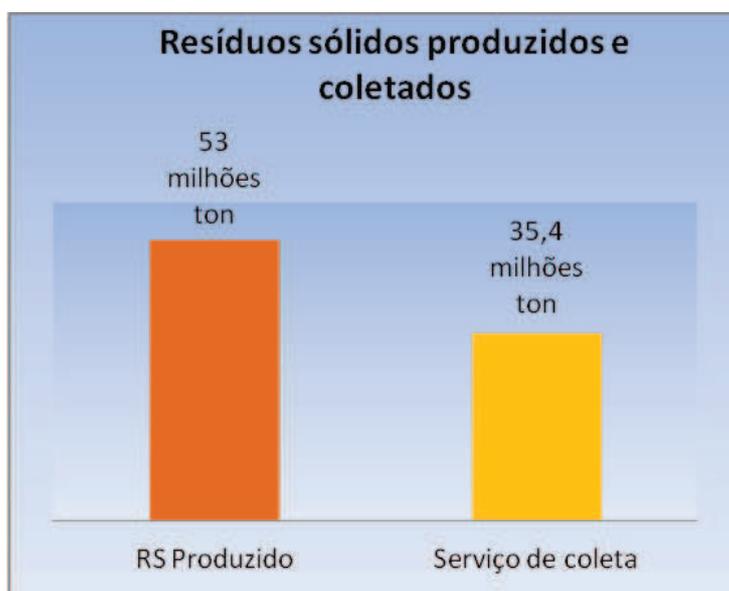


Figura 1. Resíduos sólidos produzidos e coletados no Brasil (Fonte: Miranda, 2010).

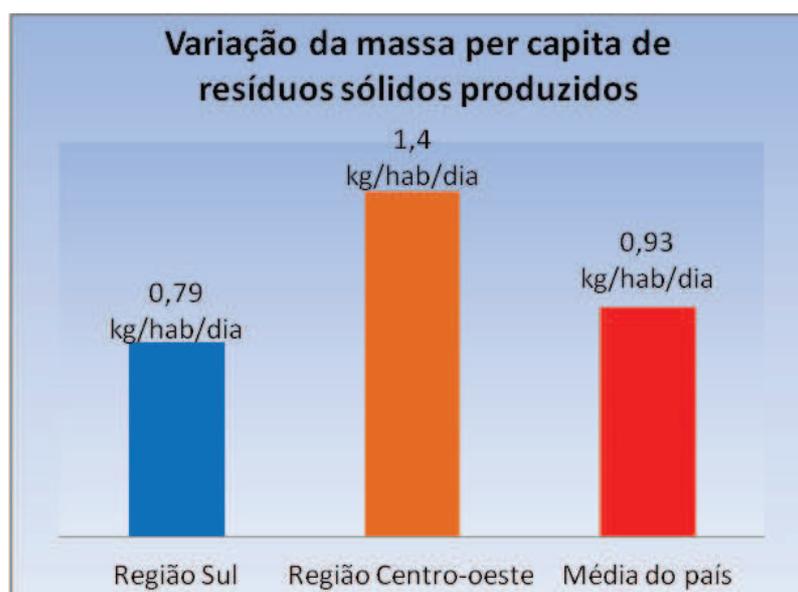


Figura 2. Variação da massa *per capita* de resíduos sólidos produzidos (Fonte: Miranda, 2010).

Segundo declaração dos órgãos gestores municipais, que responderam ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, a disposição final da massa de resíduos coletados distribui-se em 74,9% para aterros sanitários, 17,7% para aterros controlados, 5,1% para lixões e 2,4% para unidade de triagem e de compostagem, dados que estão ilustrados na figura 3.

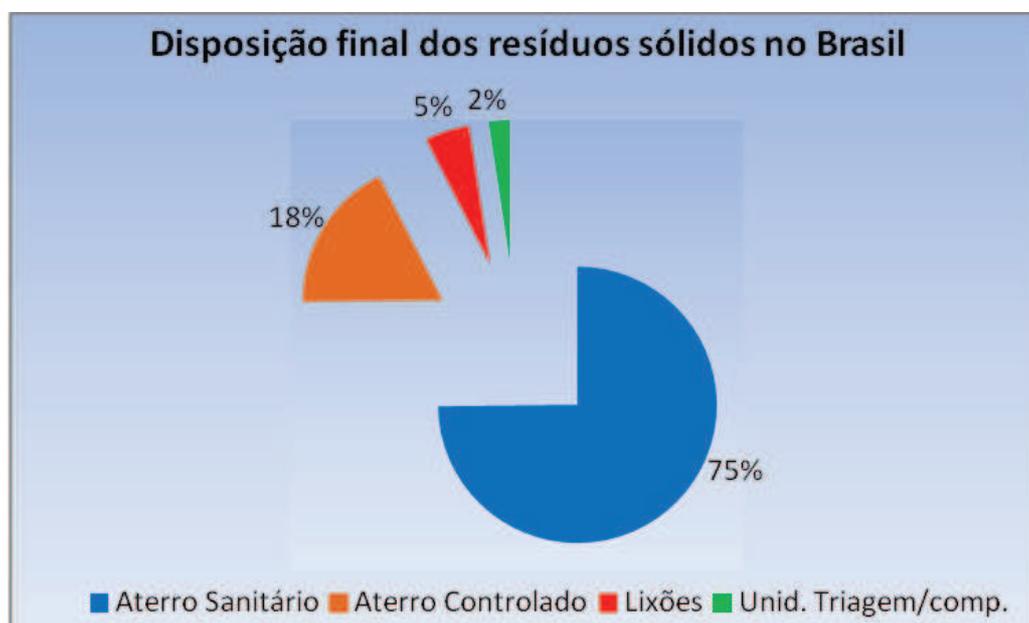


Figura 3. Disposição final da massa de resíduos sólidos no Brasil (Fonte: Miranda, 2010).

Conforme a tabela 1, a despesa total com o manejo dos resíduos sólidos, quando rateada pela população urbana, resulta em um valor médio anual de R\$ 73,48 por habitante, partindo de um patamar inferior de R\$ 52,03 na região Norte e chegando a R\$ 89,33 na região Centro-oeste. Os valores das demais regiões estão muito próximos à média nacional, cerca de R\$ 74,00 *per capita*. Extrapolando as despesas verificadas nos municípios participantes do diagnóstico, é possível prever que, no ano de 2010, as prefeituras tiveram um gasto aproximado de R\$ 11,8 bilhões com pessoal, veículos, manutenção, insumos e demais remunerações, exceto investimentos, para a lida com os resíduos sólidos urbanos em todo o País.

Tabela 1. Variação das despesas com manejo de resíduos sólidos.

REGIÃO/ANO	R\$/hab
Norte – Menor valor brasileiro	52,03
Média nacional	73,48
Centro-Oeste – Maior valor brasileiro	89,33

Em geral, quanto maior o Produto Interno Bruto (PIB) de um país, maior é a quantidade gerada de resíduos sólidos e maior é a fração de materiais como o plástico, papel, alumínio, vidro etc., sendo, portanto, menor a fração dos materiais orgânicos. (Frésca, 2007). A Tabela 2 mostra a composição média dos RSU no Brasil.

Tabela 2. Composição gravimétrica média do resíduo sólido brasileiro.

MATERIAL	%
Matéria-orgânica	64,00
Papelão	5,00
Papel	8,50
Plástico rígido	2,00
Plástico maleável	2,70
Metais	1,50
Vidro	1,50
Outros	14,80

Fonte: Adaptado de Pereira Neto (2007).

De acordo com Alcântara (2010), a participação da matéria orgânica tende a se reduzir nos países mais desenvolvidos ou industrializados, provavelmente em razão da grande incidência de alimentos semi-preparados disponíveis no mercado consumidor, complementando a constatação de Medeiros (1999), que reportou que, nos países da América Latina, os países mais pobres geram menor quantidade de resíduos recicláveis.

De maneira simplória, e diante dos fatos e dados apontados, pode-se perceber que embora seja a prática com maior execução existente no país, o método de dispor os resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários é caracterizado como uma técnica bastante onerosa para o poder público e, conseqüentemente, para o contribuinte, não tendo como atributos a vantagem de tratamento dos resíduos sólidos, uma vez que se limita à prática do confinamento dos resíduos no solo, com seus riscos e perigos.

Davis e Cornwell (1991) informam que o primeiro sistema desenvolvido para gerar eletricidade a partir do lixo foi construído em Hamburgo, na Alemanha, em 1896, enquanto o primeiro sistema americano teria sido instalado em Nova Iorque, em 1903. Essas constatações nos permitem perceber que os sistemas que usam o lixo para gerar energia existem há muito tempo.

Cooke (1992) mencionou o estudo de cientistas alemães, que verificaram que os plásticos contêm cerca de 46.000 kJ de energia recuperável por quilo, aproximadamente três vezes a energia contida no carvão de média qualidade, e comparável com os cerca de 42.700 kJ por quilo existentes no combustível de aquecimento doméstico de uso local (óleo diesel). Conforme a presença de plásticos aumenta no lixo sólido urbano, eleva-se sensivelmente o poder calorífico do conjunto de resíduos. Porteous (1998) considera que em lixos comerciais, no qual predomina papel e há bastante plástico, o poder calorífico pode ficar entre 14.000 e 17.000 kJ/kg.

Davis e Cornwell (1991) consideram que com uma eficiente recuperação de calor para geração de energia elétrica, plantas de energia a partir do lixo podem produzir aproximadamente 600 kWh de eletricidade por tonelada de resíduo. Segundo Porteous (1998), a geração de energia elétrica forneceria 500 kWh por tonelada de resíduo. Considerando uma instalação apenas para produção de energia elétrica, cerca de 22% do conteúdo energético do lixo seria convertido em eletricidade para uso externo. No caso de uma

unidade de cogeração, se obteria 12% de eletricidade, mas seriam aproveitados 69% da energia do lixo na geração de calor útil. As perdas do sistema caíram de 74% para 14% da energia total de combustão em relação à instalação que gera apenas energia elétrica, já que o sistema de cogeração reaproveita ainda mais o potencial energético dos resíduos, uma vez que é utilizada a energia produzida na cogeração para seu próprio reabastecimento. A Tabela 3 ilustra as informações.

Tabela 3. Informações sobre poder calorífico e geração de energia elétrica em usinas.

PODER CALORÍFICO DE ACORDO COM O MATERIAL	
Plástico	46.000 kJ
Óleo diesel	42.700 kJ
Papel + Plástico	14.000 e 17.000 kJ/kg
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR USINAS	
PRODUÇÃO	500 a 600 kWh

Fonte: Cooke (1992), Davis e Cornwell (1991), Porteus (1998).

Nos EUA, o lixo é incinerado sem separação prévia, pois contém pouco material orgânico, de baixo poder calorífico. No Brasil, haveria a necessidade da separação prévia da fração orgânica que é muito mais abundante, conforme observado na tabela 2 (Borowski, 2002).

Assim sendo, as opções para dar destino adequado a esses resíduos e a tentativa de redução na sua geração englobam: maneiras de restringir na fonte, reúso de certos artefatos, compostagem, reciclagem e o aproveitamento do valor energético agregado aos mesmos (Borowski, 2002).

Em todo o planeta existem, atualmente, 650 usinas que queima o lixo para gerar energia. Na Europa, estão localizadas 60% desse total, ou seja, 390 usinas foram instaladas em território europeu. No Brasil, algumas iniciativas particulares para implantação da tecnologia de carbonização do lixo para produzir energia a partir do calor que é gerado tem tido um tímido aparecimento, não possuindo nenhuma usina em pleno funcionamento, e nem mesmo com a tecnologia e infraestrutura que é utilizada na Europa (Pöyry, 2012).

USINA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL A PARTIR DO LIXO: USO NO BRASIL

Dentre as pequenas plantas existentes no Brasil, observou-se a que se encontra no município de Unaí, localizado no noroeste do Estado de Minas Gerais, que conta com a população de 77.565 habitantes (IBGE, 2010). Na presente usina, a forma de transformação é feita pela carbonização de todo o resíduo, que ao ser submetido a temperaturas de 700 a 800°C, os materiais constituídos por matéria carbonácea e vegetal transformam-se em carvão com alto poder calorífico que, posteriormente, poderá ser utilizado como fonte de energia. Logo, observa-se que a experiência adotada nessa usina não é a de transformação direta da queima dos resíduos em energia elétrica utilizando-se de uma termelétrica, e sim da geração de uma fonte de energia secundária, por meio de briquetes de carvão, que poderá ser utilizada em diversos tipos de indústrias, como exemplo a siderúrgica, e para diversos fins, minimizando-se o uso da matéria prima vegetal existente nas árvores. A emissão de dioxinas e materiais particulados para a atmosfera pode

ser severamente reduzidos a partir da utilização de filtros de boa qualidade a ser aplicado na planta do sistema.

Outra iniciativa de implantação da queima dos resíduos sólidos urbanos tem se manifestado no Município de São Bernardo do Campo, localizado na mesorregião metropolitana do Estado de São Paulo, com a população de 765.203 habitantes (IBGE, 2010). No local, o objetivo é implementar uma saudável parceria entre a coleta seletiva de lixo e a incineração para eliminar definitivamente os lixões e reduzir a presença dos aterros sanitários. A usina a ser instalada nesse município é promissora para ser considerada a primeira no Brasil a atuar com níveis dos padrões europeus, gerando energia elétrica e o fornecimento de vapor para indústrias das redondezas. A estimativa de geração de energia é de 26 a 30 MW/h, o suficiente para abastecer uma cidade de 200 mil habitantes. A usina deve estar em funcionamento até 2015 (PSBC, 2012).

Outro projeto que se encontra em andamento, no nível de escala laboratorial, é o que vem estudando uma usina piloto desenvolvida por pesquisadores do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Até o momento, a unidade foi utilizada para comprovar a tecnologia de tratamento de gases, de neutralização da água e de incineração, além de testar os parâmetros para resíduos industriais. (COPPE, 2012).

DISCUSSÃO

Como se sabe, a hierarquia no tratamento do lixo, definida pela União Europeia, tem a seguinte descrição: evitar o resíduo, reutilizar, reciclar, recuperar (queima com geração de energia e/ou vapor) e dispor em aterros sanitários.

Partindo-se desse princípio, é permitido observar que a aplicação de uma metodologia para promover a recuperação da energia existente nos resíduos deve anteceder a prática de dispô-los de maneira permanente. Seguindo-se a notória conclusão do cientista francês Lavoisier, no ano de 1789, que concluiu que na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma, o fato da constante aplicação do método de disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários, sem que anteriormente o resíduo tenha passado por alguma forma de recuperação, pode ser observada como o desperdício da energia ainda existente nesses materiais.

Foi possível observar que os plásticos e papéis que constituem grande parcela dos resíduos sólidos urbanos possui elevado poder calorífico, o que é bastante favorável para a tecnologia de fornos de queima. Somando-se a essa equação, é possível constatar que embora a prática da coleta seletiva e o desenvolvimento de programas dessa natureza nas cidades, o percentual que é separado e pode ser reaproveitado sem ser anteriormente contaminado pelo lixo orgânico é muito baixo, fator que derruba os números dos lucros que empresários podem ter com a reciclagem. O que influencia para a prática informal da atividade, constituindo a classe dos chamados catadores de materiais recicláveis, pessoas que na maioria das vezes, por não possuírem outra possibilidade de trabalho, aderem à atividade como forma de subsistência.

Vale, então, colocar na balança o que será mais viável do ponto de vista ambiental, social e econômico para o Brasil, pois se sabe que na Europa a tecnologia de queima do lixo tem convivido de maneira

bastante amigável com a prática de separação do lixo. O que permite concluir que o fato de promover a queima do lixo não indica que a sua separação deva ser abandonada.

No que diz respeito às emissões gasosas, não existe ainda nenhuma legislação no Brasil que trate especificamente a queima dos RSU e estabeleça parâmetros de projeto e emissão de poluentes, como faz a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para os Resíduos Sólidos de Saúde, sendo que os limites máximos de emissão de seus poluentes devem ser estabelecidos pelos órgãos estaduais competentes (Gripp, 1998). Dentre os métodos mais utilizados para lidar com as emissões gasosas, pode-se destacar: unidades para a lavagem ácida de halogêneos, lavagem alcalina, lavagem de aerossóis e filtros de manga.

De maneira geral, sabe-se que o cenário para o aproveitamento dos resíduos sólidos para geração de energia possui um panorama favorável, uma vez que se estima que o Brasil possa alcançar a geração de 300 MW de energia com a incineração de 12.000 toneladas de lixo ao dia, um pequeno percentual para um país que gera 170.000 toneladas de lixo ao dia, logo essa fonte de energia é uma atividade que tem grande potencial de desenvolvimento no país, e pode se tornar viável em escala expressiva, favorecendo o meio ambiente (Pöyry, 2012).

Países da Europa lideram o *ranking* na implantação da tecnologia de queima do lixo para geração de energia. De maneira holística, a Alemanha, seguida pela França e Holanda, têm sido os países que mais investiram e implantaram essa tecnologia em seus territórios. O que chama a atenção para o fato de que os países que mais investem nessa tecnologia também possuem as mais altas taxas de reciclagem, o que indica que a queima de lixo para a produção de energia não representa um fator que desestime a coleta seletiva de resíduos, e dessa maneira praticamente eliminaram aterros sanitários.

Esse fato provavelmente deve-se à realidade enfrentada por esses países no que se refere à dificuldade em conseguir outras fontes de energias renováveis, como é o caso das hidroelétricas, energia eólica e solar, tendo em vista tratarem-se de países com clima temperado a frio e com pouca disponibilidade de recursos hídricos em abundância.

Portanto, destacam-se as vantagens econômicas e ambientais agregadas à tecnologia da queima total do lixo, que envolve: baixo volume do resíduo após incineração – sobram 5% de material a ser aterrado; destruição de substâncias tóxicas; não produz odores; evita a geração de metano (produto da digestão microbiológica de matéria orgânica em aterros); substitui combustíveis fósseis na geração de energia e/ou vapor; permite tratamento e controle total das emissões; atende a limites de emissão mais rigorosos que os estabelecidos pelas legislações europeias e brasileiras e elimina a necessidade de monitoramento por 30 anos exigida para a disposição de lixo em aterros.

CONCLUSÕES

A partir da análise e das informações obtidas com o presente artigo, observou-se que o uso de fornos de queima de resíduos sólidos para gerar energia agrega uma vantagem ambiental que deve ser apreciada, uma vez que, a partir da queima dos resíduos e por consequente a redução do seu volume, o remanescente após esse processo nada mais é do que cinzas, que poderão ser dispostas em aterros sanitários, todavia,

cabe destacar que o potencial poluidor do resíduo foi totalmente tratado no forno de queima e convertido em energia, impossibilitando, assim, que esse resíduo pudesse vir a causar impactos ambientais caso tivesse sido disposto integralmente em um aterro sanitário.

Atualmente, a maioria das usinas em amplo funcionamento estão localizadas na Europa e Estados Unidos. Esse destaque provavelmente deve-se ao fato de tratar-se de países com pouca disponibilidade de recursos naturais dos quais poderiam obter energia, obrigando-os a desenvolver mecanismos de geração de energia que se moldem à sua realidade. Todavia, a partir do que se observou no presente artigo, e de experiências de pesquisas desenvolvidas em outros países que identificam o potencial energético dos resíduos sólidos fazendo-se a relação kJ de energia/kg de resíduo, foi possível notar que o Brasil apresenta potencial energético elevado para o uso de resíduos sólidos como fonte energética, o que tem atraído investidores que buscam a instalação de usinas de grande porte no País, uma vez que as que se encontram em funcionamento, atualmente, são de pequeno porte.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, A. J. O. 2010. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT**. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais) - Universidade do Estado do Mato Grosso, 89p.
- BOLIN, B. 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guia para inventários nacionais de gases de efeito estufa. Módulo 6: Lixo. v. 2: Livro de trabalho. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>>. Acesso em: 20 ago. 2010.
- BOROWSKI, H. C. et al. 2002. Análise de um modelo de co-geração a partir de resíduos sólidos urbanos. **Revista Tecnológica de Fortaleza**. 23(1):26-37.
- CAIXETA, D. M. 2005. **Geração de energia elétrica a partir da incineração de lixo urbano: o caso de Campo Grande/MS**. Monografia (Especialização em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, 86p.
- COELHO, T. C. 2010. **Estimativa da produção teórica do Metano gerado no Aterro Sanitário de Palmas-TO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, 64p.
- COOKE, F. 1992. New machinery meets recycling demands. **European Plastic News**, 6:26-27.
- Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE. Disponível em: <<http://www.coppe.ufrj.br>>. Acesso em: 03 out. 2012.
- CUNHA, M. E. G. 2002. **Análise do setor de saneamento ambiental no aproveitamento energético de resíduos: “O caso do município de Campinas-SP”**. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energético) - Universidade Estadual de Campinas, 127p.

- DAVIS, M. L.; CORNWELL, D. A. 1991. **Introduction on environmental engineering**. New York: Mac Graw-Hill, 822p.
- ENSINAS, A. V. 2003. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta de Campinas – SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, 77p.
- FRÉSCA, F. R. C. 2007. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, 134p.
- GRIPP, W. G. 1998. **Aspectos Técnicos e Ambientais da Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos: Considerações Sobre a Proposta Para São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 208p.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em: 03 out. 2012.
- MEDEIROS, C. P. S. 1999. **Hipóteses sobre os impactos ambientais dos estilos de desenvolvimento na América Latina a partir dos Anos 50**. Brasília: Edições IBAMA, 40p. (Série Meio Ambiente em Debate, 29)
- MIRANDA, E. C. de. 2009. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=93>>. Acesso em: 01 jul. 2012.
- MONTEIRO, J. H. P. (Coord.). 2001. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Pearson Prentice Hall, 204p.
- PEREIRA NETO, J. T. 2007. **Gerenciamento do lixo urbano: aspectos técnicos e operacionais**. Viçosa: UFV, 129p.
- PORTEOUS, A. 1998. Energy from waste: a wholly acceptable waste-management solution. **Applied Energy Oxford**, **58**(4):177-208.
- PÖYRY, 2012. Disponível em: <<http://www.poyry.com.br/pt-br/setores-servicos/agua-meio-ambiente>>. Acesso em: 03 out. 2012.
- PSBC, Prefeitura de São Bernardo do Campo. 2012. Disponível em: <<http://www.saobernardo.sp.gov.br>>. Acesso em: 03 out. 2012.
- ZVEIBIL, V. Z. (Coord.). 2009. **Manual para aproveitamento de biogás: governos locais pela sustentabilidade**. São Paulo: ICLEI-LACS, 81p.