

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA INCINERAÇÃO E A COGERAÇÃO DE ENERGIA

João Carlos Bergamaschi¹
Marcos Alberto Claudio Pandolfi²
Erasm Roberto Marcellino³

1. INTRODUÇÃO

A microrregião de Jaboticabal é uma das microrregiões do estado de São Paulo pertencente à mesorregião de Ribeirão Preto. Possui uma área total de 4.711,798 km² e, conforme a Estimativa Populacional de 2015, sua população é de 431.105 habitantes e está dividida em dezessete municípios, são eles: Bebedouro, Cândido Rodrigues, Fernando Prestes, Guariba, Jaboticabal, Monte Alto, Monte Azul Paulista, Pirangi, Pitangueiras, Santa Ernestina, Taiapu, Taiúva, Taquaral, Taquaritinga, Terra Roxa, Viradouro e Vista Alegre do Alto (IBGE, 2015).

Atualmente, considera-se como um dos principais desafios destes municípios o impacto ambiental, envolvendo altos custos e riscos apresentados pelos sistemas de coleta de lixo urbano. Uma característica marcante entre os sistemas municipais de coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) está no fato de que poucas vezes apresentam uma administração eficiente, com um sistema de gerenciamento eficaz, dotada de máquinas e equipamentos novos e modernos, e que aproveitem o potencial energético contido nos resíduos. Assim, os RSU são um dos fatores de grande preocupação da administração pública atual, pois o volume destes tende a aumentar de forma progressiva em razão do crescimento populacional e demográfico da microrregião de Jaboticabal – SP, e os atuais sistemas são baseados apenas em recolhimento e disposição do lixo em aterros sanitários, o que representa apenas custos e necessidade de gerenciamento, além de demandar a ocupação de áreas, sem qualquer retorno financeiro.

1 Graduando do Curso de Tecnologia em Agronegócio, FATEC – Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. E-mail: joao.berga1962@gmail.com

2 Professor do Curso de Tecnologia em Agronegócio FATEC – Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. E-mail: marcoscps2011@yahoo.com.br

3 Professor do Curso de Tecnologia em Agronegócio FATEC – Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. E-mail: erasmorm@hotmail.com

Diante deste cenário, tem-se que as formas hoje viabilizadas de disposição final de RSU atingirão em breve seu esgotamento, o que já pode ser observado, constatando-se que o Aterro Municipal já se encontra parcialmente saturado. Surge, então, um problema de grande relevância, merecedor da atenção de estudos para avaliar e apontar os caminhos mais viáveis e adequados à solução ou, ao menos, diminuição deste.

Os RSU são considerados a expressão mais visível e concreta da poluição ambiental, ocupando um importante papel na estrutura de saneamento de uma comunidade urbana e, conseqüentemente, nos aspectos relacionados à saúde pública.

Levando em conta a falta de disponibilidade de áreas próximas à cidade para a construção de um novo Aterro Sanitário, observando a questão da problemática com a vizinhança, que não quer tal empreendimento instalado em seu quintal, e os altos custos envolvidos na logística de recolhimento e disposição dos RSU, torna-se urgente a busca por soluções que tragam vantagens tanto do ponto de vista ambiental como financeiro. Neste contexto, o potencial energético contido nos resíduos passa a ser estudado de forma mais enfática, visando seu aproveitamento em forma de energia elétrica.

Especialistas, como Clementino (2001), apontam que crises energéticas como a do ano de 2001 podem ser evitadas, ou ao menos terem seus efeitos amenizados se forem adotadas políticas de monitoramento, planejamento e diversificação da geração de energia através de formas e fontes alternativas e por meio de geradores de energia.

Assim, a presente pesquisa tem como principal objetivo propor a incineração dos RSU como uma forma de tecnologia para solucionar essa problemática da microrregião de Jaboaticabal, pois este é um processo de tratamento que diminui o volume dos resíduos em cerca de 90% e o peso a 15%, destacando-se também como uma das mais importantes vantagens do seu processo a cogeração de energia elétrica, alimentando o sistema interligado e propiciando sua utilização pela população local.

A incineração tem sido utilizada como um método para processar resíduos desde o início do século XVIII. Durante as últimas décadas ela tem sido amplamente utilizada, estabelecendo tecnologias confiáveis com modernas facilidades. Modernas plantas de incineração estão agora quase todas sendo construídas com aproveitamento energético. A incineração é um processo complementar ao aterramento e aos programas de reciclagem, conhecidos como 3 R's (Reduzir na fonte, Reutilizar e Reciclar) na medida em que estes sejam economicamente viáveis localmente (CALDERONI, 1999).

A instalação de um Incinerador de RSU na microrregião de Jaboaticabal, que possua uma tecnologia avançada de operação e principalmente de controle de emissões de gases, reduzirá significativamente o volume de lixo urbano e disponibilizará o tratamento adequado desse resíduo, para posterior destinação final em Aterro Sanitário.

Atualmente, a incineração é utilizada somente para resolver a questão da disposição final de resíduos perigosos e parte dos resíduos hospitalares, porém

apresenta potencial de aplicação em múltiplos resíduos, sendo os RSU uma opção a ser considerada, devido ao alto volume de geração.

2. METODOLOGIA

Para a elaboração deste artigo foi realizada pesquisa bibliográfica a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e *websites*.

Segundo Gil (1993), os exemplos mais característicos desse tipo de pesquisa são investigações sobre ideologias ou aquelas que se propõem à análise das diversas posições acerca de um problema.

Para a realização do estudo do aproveitamento de RSU para incineração e a cogeração de energia foi realizado o levantamento de todo processo produtivo de um incinerador de cogeração de energia, os benefícios da incineração e a obtenção de energia elétrica através da incineração. O calor produzido pela incineração pode ser utilizado para produzir vapor para geração de energia e ser utilizada na indústria (HINRICHS; KLEINBACH, 2003).

Posteriormente, com os dados obtidos pelo Diagnóstico do Monitoramento dos Projetos da Disposição do Lixo Urbano dos Municípios, foi realizado o levantamento da população de cada Município inserido na microrregião de Jaboticabal - SP, a quantidade de lixo produzida em toneladas por dia e a forma de disposição final do lixo urbano.

Foram também obtidos dados do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LABEE (FEDRIGO; GONÇALVES; LUCAS, 2009) – sobre o diagnóstico do desempenho operacional de 2005, o qual informa a média anual de consumo de energia elétrica nas residências localizadas na microrregião de Jaboticabal.

Foi calculado o consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro considerando os seguintes equipamentos: refrigerador, freezer, ar condicionado, televisor, iluminação, aparelho de som, microcomputador, ferro elétrico, lava roupa, lava louça, secadora de roupa, forno micro-ondas, forno elétrico e torneira elétrica. O consumo de energia foi calculado para duas épocas do ano, verão e inverno. Observou-se que o consumo médio de energia elétrica nas residências brasileiras foi de 152,2 kWh/mês.

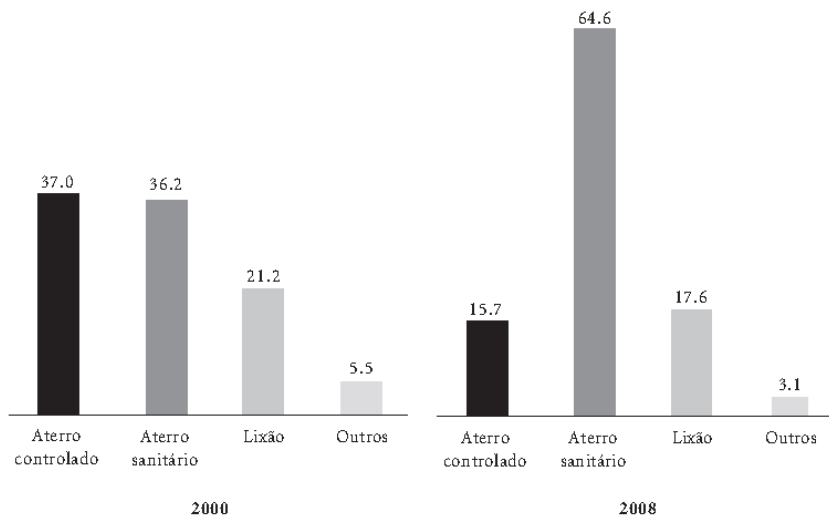
3. REVISÃO DE LITERATURA

Os RSU são uma fonte inesgotável de energia, pois estão sendo gerados continuamente. Quanto maior for a cidade, maior será o seu potencial de geração de energia através destes resíduos, em virtude das suas características e da quantidade produzida (NOGUEIRA; LORA, 2003).

Apesar de não ser considerado um método novo, a incineração tem sido pouco explorada no Brasil quando o assunto é tratamento e disposição de resíduos. Na região de Jaboticabal, a queima de materiais para geração de energia está representada atualmente em grande parte nas usinas de processamento de cana,

que queimam o bagaço gerado na produção de etanol para a geração de energia elétrica, em um processo conhecido como cogeração. Porém, até hoje, iniciativas que visam aproveitar outros resíduos, como os RSU, pouco tem sido exploradas.

Ainda que tenha apresentado uma evolução nos sistemas de disposição final, dados do IBGE mostram que, entre os anos 2000 e 2008, a incineração de RSU nem mesmo aparece entre os principais métodos adotados, conforme ilustrado na figura 1.



Fonte: IBGE, 2010

Figura 1. Evolução dos métodos utilizados para disposição dos RSU no Brasil - 2000 a 2008.

Após análise do período apresentado na figura 1, fica evidente a evolução dos sistemas baseados em aterros sanitários, porém chama a atenção o fato de outras formas, como compostagem e incineração ainda não serem significativas.

O primeiro incinerador municipal no Brasil foi instalado em 1896 em Manaus para processar 60 toneladas por dia de lixo doméstico, tendo sido desativado somente em 1958 por problemas de manutenção. Um equipamento similar foi instalado em Belém e desativado em 1978 pelos mesmos motivos (MENEZES, 2000 *apud* MORGADO; FERREIRA, 2006).

A partir da década de 1970 foi iniciada a fase de implantação de incineradores especificamente desenvolvidos para o tratamento de resíduos especiais, como: aeroportuários, hospitalares, industriais e outros perigosos. Nesta fase, entre outros, foram instalados os incineradores das indústrias químicas: Ciba, Basf, Hoescht (atual Clariant), Bayer, Cetrel, Cinal e da Kompac, nos aeroportos internacionais de Guarulhos e do Rio de Janeiro, no Banco Central e em várias Prefeituras, como a de Brasília, além do mais recente Centro de Tratamento de

Resíduos Perigosos, instalado em Fortaleza, que acaba de ter os testes de emissão de gases aprovados segundo as normas Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.

Alguns destes incineradores estão listados no Quadro 1 a seguir, com suas características principais. Este não tem por objetivo ser exaustivo, nem incluir todos os incineradores existentes, mas apenas dar uma visão de algumas instalações importantes, que se mantêm em funcionamento no momento. Estes incineradores têm capacidades de processar entre 300 kg/hora a 1,8 t/hora.

Quadro 1. Característica dos principais incineradores no Brasil

Planta	Projeto Tecnologia	Tipo	Cap. T/ano	Resíduos Processados	Trata/o dos Gases	Controle De Emissões	Efluentes e Cinzas
Basf Guaratin-Gueta. SP	Inter-Uhbe	Rotativo	2.700	R.S.L.P. Exceção de ascaréis	Lavad. Ácido e alcal.	Cont. O ² , CO e SOx	Em aterro terceiros.
Bayer - RJ	Inter-Uhbe	Rotativo	3.200	R.S.L.P. Oifenilas policl.	Lavad. Ácid. Alc. Sep. Gotic.	Cont. O ² CO	Aterro ind. Próp. Liq. ETE
Cetrel-Bahia	Sulzer	Rotativo	10.000	Resíduos Líquidos Organoclo-rado	Lavadores ácid. e alcal.	Cont. O ² CO ² e NOx	Aterro Próp.
Giba - SP	Inter-Uhbe	Rotativo	3.200	Res. Ind. Org. e inog.	Lav. Ácid. alcal.	Cont. NOx SOx O ²	Aterro próp. 10.000 m ²
Cinal-AL.	CBC/Nittetu (Japão)	Camara Horiz.	11.500	R.S.L.P. Incl. PCBs org.	Lav. Ácid. alcal.	Cont. CO. CO ² O ² NOx	Aterro próp.
Clariant-SP	Inter Uhbe	Rotativo	2.700	Resíduos sol. Past.	Lav. alc. ácido	Cont. CO, CO ² O ² NOx	Aterro ind. RJ.
Eli Lilly-SP	Inter-Uhbe	Rotativo	10.400	Resíduos sól. Líq. P e pastosos	Lav. Ácid. Alcal.	Cont. O ² CO, CO ²	Aterro próp. Classe 1

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Morgado e Ferreira (2006)

A tecnologia atualmente disponível de projeto de incineradores pode prever a geração de até 0,95 kWh/t processada, sendo que a grande maioria dos sistemas instalados gera de 0,4 a 0,95 kWh/t de capacidade. Naturalmente esta geração dependerá fortemente do poder calorífico do RSU processado (MENEZES, 2000).

Tolmasquim (2003) afirma que com a incineração controlada dos RSU é também possível com 500 toneladas diárias, abastecer uma usina termelétrica com potência instalada de 16 MW, o que representa um potencial energético de cerca 0,7 MWh/t.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados populacionais e estimativas de geração de RSU de cada município da região estudada mostra a situação encontrada. Observa-se também que todos os municípios atualmente destinam seus RSU para aterros sanitários, que raramente aproveitam o potencial energético contido nos mesmos, nem ao menos para a geração e captação de biogás.

Através desse estudo podemos obter os dados apresentados no Quadro 2. São dados referentes: às cidades que fazem parte da microrregião de Jaboticabal, à população residente em cada uma dessas cidades, à quantidade de RSU produzida diariamente por cada cidade e ao tipo de disposição final desse RSU adotado por cada uma dessas cidades como mencionado acima. Segundo o IBGE (2010) por dia o brasileiro gera, em média, 1,2 kg de lixo

Quadro 2. municípios e geração de RSU

Municípios – Microrregião de Jab.	População (IBGE, 2015)	Prod. Lixo-T./dia	Destinação Final-Lixo
Vista Alegre do Alto	8.002	9,6	Aterro Sanitário
Taquaritinga	56.587	67,9	Aterro Sanitário
Taiacu	6.205	7,4	Aterro Sanitário
Taiúva	5.447	6,5	Aterro Sanitário
Monte Alto	49.456	59,3	Aterro Sanitário
Guariba	38.499	46,2	Aterro Sanitário
Taquaral	2.819	3,4	Aterro Sanitário
Candido Rodrigues	2.780	3,3	Aterro Sanitário
Fernando Prestes	5.760	6,9	Aterro Sanitário
Jaboticabal	75.820	90,9	Aterro Sanitário
Pitangueiras	38.211	45,8	Aterro Sanitário
Viradouro	18.428	22,1	Aterro Sanitário
Bebedouro	77.621	93,1	Aterro Sanitário
Monte Azul Paulista	23.857	28,6	Aterro Sanitário
Pirangi	11.220	13,5	Aterro sanitário
Santa Ernestina	5.681	6,8	Aterro Sanitário
Terra Roxa	9.101	10,9	Aterro Sanitário

Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando o quadro 2, pode-se concluir que a geração total de RSU na microrregião de Jaboticabal é de 522 toneladas por dia aproximadamente. Segundo Menezes (2000), este montante seria suficiente para gerar até 495,9 kWh.

De acordo com Tolmasquim (2003), seria possível abastecer uma usina termelétrica com potência instalada de 16 MW, o que representa um potencial energético de cerca 0,7 MWh/t.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o levantamento de dados e revisão bibliográfica, pode-se afirmar que a incineração de RSU apresenta aspectos interessantes que envolvem a disposição final de resíduos – redução do volume inicial à cinzas – aliada à geração de energia elétrica, contribuindo assim com a matriz energética brasileira, atualmente embasada no sistema hidrelétrico.

Pelo Diagnóstico demonstrado e a disposição do Lixo Urbano dos Municípios inseridos na microrregião de Jaboticabal, a quantidade de RSU gerada em toneladas por dia e a forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos sendo uma fonte inesgotável de energia, fica evidente que o tema deve ser considerado para projetos de investimento em um futuro próximo, uma vez que as questões que envolvem impacto ambiental exigem ações urgentes por parte do poder público.

A cogeração de energia elétrica pode representar um incremento interessante para a matriz energética brasileira, contribuindo para a diversificação da mesma a partir de RSU.

Este cenário aponta para a necessidade do reconhecimento da gravidade da situação pelas autoridades constituídas, requerendo uma política específica para tratar das questões do saneamento ambiental urbano e em especial da problemática dos resíduos sólidos.

Como sugestão de continuidade e aprofundamento do tema, uma análise de investimentos necessários, aliada a um estudo de impacto ambiental, apontaria para as direções a serem seguidas – envolvendo governos federal, estadual e prefeituras – buscando as opções mais interessantes em termos de investimentos e retorno, considerando viabilidade financeira, social e ambiental.

REFERÊNCIAS

- CLEMENTINO, L. D. **A conservação de energia por meio da co-geração de energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2001.
- CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 3. ed. São Paulo: Humanitas, 1999.
- FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, P. F. **Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro**. 2009. 104f. Trabalho de Conclusão de Curso (Relatório de Iniciação Científica para Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) – Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, 2009.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- HINRICH, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2015. **Estimativas populacionais para os municípios e para as unidades da federação brasileiros em 01.07.2015**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015>>. Acesso em: 10 ago. 2016.
- _____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB – 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- MENEZES, R. A. A., GERLACH, J. L.; MENEZES, M. A. Estágio atual da incineração no Brasil. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA, 7., 2000, Curitiba. **Anais...** Curitiba.: ABLP, 2000.
- MORGADO, T. C.; FERREIRA, O. M. **Incineração de resíduos sólidos urbanos, aproveitamento na cogeração de energia. Estudo para a região metropolitana de Goiânia**. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2006.
- NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendrologia: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- TOLMASQUIM, M. T. (Org.). **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.