

Incineração de resíduos com geração de energia elétrica: Análise do panorama brasileiro e soteropolitano

Incineration of waste with electric power generation: analysis of the brazilian and soteropolitan perspective

Thiago Figueiredo de Oliveira ¹

Cintia Ramos Costa da Cruz ²

Elizabeth da Rocha Couto ³

¹ Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário Jorge Amado (2015). E-mail: thiago.ambiental@yahoo.com.br. Contato: (71) 9 9162-6154

² Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário Jorge Amado (2015). E-mail: cintiarccruz@hotmail.com. Contato: (71) 9 8294-9579

³ Doutora em Química pelo Instituto de Química da UFBA (2011). Docente do Centro Universitário Jorge Amado. E-mail: coutore@hotmail.com. Contato: (71) 9 9189-0941

Resumo:

A cada ano que passa, aumenta-se o nível de preocupação da sociedade brasileira com a grande quantidade de resíduos gerados nas mais diversas regiões do país, assim como ao destino a eles empregados. Dentro desse contexto, a incineração de resíduos com reaproveitamento energético apresenta-se como uma das alternativas implícitas na Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS e desponta como solução para dois problemas atuais do país, o da fragilidade da matriz energética e o da gestão dos resíduos. O objetivo desta pesquisa é o de avaliar, justamente, a viabilidade de utilização desta técnica em âmbito nacional e soteropolitano, apresentando seus prós, contras e aplicações pelo país.

Palavras-chave: incineração; resíduos sólidos urbanos; energia elétrica; usinas incineradoras.

Abstract

Each year, it increases the level of concern of brazilian society with the large amount of waste generated in various regions of the country, as well as its destination. In this context, waste incineration with energy recycling is presented as an implicit alternative in the National Politic on Solid Waste - PNRS and emerges as a solution to two actual problems of the country, the fragility of the energy grid and waste management. The objective of this research is to evaluate, just, the viability of using this technique in national and soteropolitan context, presenting their pros, cons and applications in the country.

Keywords: incineration; urban solid waste; electrical energy; incineration plants.

1. Introdução

Esse estudo possui como principal objetivo identificar e analisar o processo de incineração de resíduos visando a geração de energia elétrica, tomando como base o panorama brasileiro e o panorama soteropolitano, quando aplicável.

Ele se justifica na medida em que, se pararmos para analisar, desde a sua forma mais primitiva até a atual, o homem tem como característica comum a geração de resíduos oriundos do seu próprio desenvolvimento e, uma vez produzido, este material permanecerá no ambiente como um passivo, mesmo que haja a sua reutilização e reciclagem inúmeras vezes. Os grandes volumes de resíduos gerados pelas atividades antrópicas superaram, em muito, a capacidade da natureza de poder se regenerar ou absorver seus impactos.

Dessa forma, a realização de um tratamento para os resíduos aparece como um dos pilares para a aplicação e o alcance de uma sociedade mais sustentável e, principalmente, para quem os produz e para quem sofre os impactos ambientais negativos do tratamento inadequado. A busca por tecnologias alternativas para o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos se mostra como uma ação de extrema importância para diversos países, especialmente aqueles onde há ausência de grandes áreas para disposição final. No Brasil, o potencial de aproveitamento energético destes resíduos pode ser bastante explorado, em função da grande quantidade de toneladas geradas diariamente.

Levando em consideração tais aspectos, verifica-se que a incineração se apresenta como uma alternativa interessante para o tratamento térmico de resíduos, podendo ser aplicada após etapas de gerenciamento, o que é recomendado (a exemplo da coleta seletiva, reciclagem e a reutilização), ou aplicada de uma forma mais direta.

Esta técnica pode solucionar dois problemas da sociedade atual: a necessidade de geração de energia elétrica e a escassez de áreas destinadas aos aterros sanitários, que necessitam de grandes espaços para sua implantação.

2. Metodologia

A metodologia utilizada para elaboração do presente artigo baseou-se, em sua maior parte, na realização de revisão bibliográfica de trabalhos anteriormente publicados sobre o tema em foco, sendo analisadas tanto publicações que retratam somente sobre o processo de incineração de resíduos, quanto àquelas que abordam a incineração com reaproveitamento energético.

Assim, para início do estudo, foi realizado o levantamento de dissertações, revistas e artigos disponíveis na internet, e que abordassem sobre a incineração de resíduos (tanto em âmbito nacional quanto internacional). Posteriormente, foi realizada, também, uma pesquisa bibliográfica e documental, com dados secundários confiáveis disponibilizados através de empresas envolvidas com os sistemas de incineração de resíduos.

Em seguida, foi realizado levantamento sobre as principais usinas incineradoras existentes no país, com o intuito de se observar como se dão os seus processos produtivos e saber qual a parcela que representam no panorama nacional de alternativas para tratamento de resíduos.

Posteriormente, após levantamento da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil e no município de Salvador, foi verificado o possível potencial em relação à utilização nos processos de incineração como forma de geração de energia elétrica na capital soteropolitana.

Ao final, foi realizada a sistematização de todos os dados coletados e estudados, de forma a se obter um posicionamento contra ou a favor da incineração de resíduos no Brasil com reaproveitamento energético, levando em conta as possíveis vantagens e desvantagens que tal processo pode acarretar.

3. Referencial Teórico

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, a geração total de resíduos sólidos urbanos (RSUs) no Brasil, no ano de 2014 correspondeu a 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% em relação ao ano de 2013, num índice superior à taxa de crescimento populacional no país neste período, que foi de 0,9% (ABRELPE, 2015). Quando realizada a comparação entre a quantidade de RSU gerada e coletada em 2014, verifica-se que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 90,6%, o que conseqüentemente, implica a não coleta de mais de 7 milhões de toneladas de resíduos no país, que obtiveram um destino inadequado. Houve ainda um aumento de 3,20% no total de RSU coletado em 2014 relativamente a 2013.

A figura 1 apresenta a distribuição percentual do total de RSU coletados em 2014 entre as regiões do país.

Figura 1 - Participação das regiões brasileiras no total de RSU coletado.



Fonte: ABRELPE (2015).

Perceptivelmente, a região brasileira com o maior índice de coleta de resíduos é a Sudeste, com mais da metade do percentual coletado no país, enquanto que a região Norte responde por apenas 6,4% do total.

As montanhas de resíduos acumulados, especialmente em locais impróprios para a sua disposição, podem provocar impactos no solo, na atmosfera, na vegetação e nos recursos hídricos, ocupando assim, um papel significativo quanto ao saneamento de uma comunidade e aos aspectos relacionados à saúde pública. É válido ressaltar que uma das maiores fontes de gases que provocam o efeito estufa é justamente a disposição inadequada dos resíduos, que amontoados sem nenhum cuidado emitem grandes quantidades de metano (um gás tóxico e altamente inflamável). Diante desse contexto, possíveis alternativas de tratamento e disposição final adequada dos resíduos devem ser sempre consideradas e empregadas.

Apesar de boa parte dos resíduos coletados serem encaminhados para aterros sanitários, verifica-se que o restante ainda possui uma representação significativa, em milhares de toneladas diárias, que são encaminhadas para lixões ou aterros controlados, e que estes, diferentemente dos aterros sanitários, não possuem a diversidade de sistemas que possa proteger o meio ambiente contra os possíveis danos e degradações por eles causados. Usualmente, os lixões ainda prevalecem na maioria das cidades brasileiras como o principal método de disposição final de resíduos, impulsionados por décadas de descaso por parte da política brasileira, apesar de já existirem abordagens mais restritivas quanto à disposição final adequada para os resíduos

sólidos, a exemplo da Lei Federal nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS e deu prazo até agosto de 2014 para a extinção deles pelo país. Prazo este prorrogado pela Câmara dos Deputados por meio de projeto de emenda à Medida Provisória em outubro de 2014 e que foi validado pelo Senado na seção do dia 01 de julho de 2015, estabelecendo até o ano de 2021, a depender do porte do município, a completa extinção dos lixões.

Diante desse contexto, a incineração de resíduos, muito mal vista durante os seus primeiros passos, devido especialmente à liberação de gases tóxicos durante os processos de combustão e produção de elevado volume de cinzas tóxicas, já não apresenta-se mais como um processo tão agressor ao meio ambiente, tratando-se de um aproveitamento do poder calorífico do material combustível presente no resíduo através da sua queima para geração de vapor e empregando altas temperaturas para queimar as correntes de resíduos que entram em combustão completa. É uma técnica que acaba garantindo o tratamento sanitário e a destruição de componentes orgânicos presentes nos resíduos, eliminando a patogenicidade e periculosidade existente, além e possibilitar a utilização dos vapores gerados para produção de energia, o que acaba tornando – a uma técnica atraente de ser utilizada em território nacional, apesar do pouco incentivo ainda recebido.

- **A Incineração**

Incinerar consiste em tratar termicamente os resíduos através de uma queima realizada por um tempo pré-determinado em altas temperaturas (entre 800°C e 1400°C, a depender das câmaras), sendo que ao final do processo, há uma redução do peso (até 75%) e do volume (até 90%) dos resíduos, além de eliminação das características perigosas e patogênicas presentes.

Justamente devido a este fator de eliminar características perigosas e patogênicas presentes nos resíduos é que a incineração surgiu inicialmente, em muitos países, através de pequenos fornos hospitalares.

A tendência atual é a de que se utilizem plantas incineradoras não somente para o tratamento térmico de resíduos, como realizado antigamente, mas também para a geração de energia elétrica, que pode ser utilizada na própria planta industrial ou comercializada. Muitos países, geralmente àqueles considerados desenvolvidos, já adotam a prática de forma frequente e natural, muitas vezes impulsionados pelas limitações territoriais de suas nações e pela necessidade de diversificação de suas matrizes energéticas.

Menezes (2000 *apud* HENRIQUES, 2004, p. 111-112) escreve que a tecnologia de incineração de resíduos sólidos evoluiu ao longo do tempo e que a evolução desse processo pode ser caracterizada por gerações ou estágios de desenvolvimento das plantas de incineração, sendo elas:

- 1ª Geração (1950 – 1965): a única função das plantas incineradoras era a de realizar redução de volume do chamado lixo. Nessa fase, os gases gerados durante o processo eram diretamente lançados na atmosfera terrestre, sem nenhum tipo de tratamento ou contenção.
- 2ª Geração (1965 – 1975): fase na qual ocorreu o surgimento dos primeiros sistemas de proteção ao meio ambiente, que reduziram a 100 mg/Nm³ as emissões. Fase na qual também surgiram os primeiros interesses em recuperação do calor para a geração de energia elétrica, assim como as primeiras plantas de grande capacidade.
- 3ª Geração (1975 – 1990): caracterizada, principalmente nos países desenvolvidos, pelo aumento da performance energética e pelo desenvolvimento de normas para proteção ambiental. Notou-se uma multiplicação das centrais de tratamento com cogeração de energia.
- 4ª Geração (1990 – atualidade): fase na qual, devido ao aumento das pressões dos chamados movimentos verdes, o tratamento dos gases gerados durante os processos de queima foi sofisticado, de modo a perseguir sempre a meta de emissão zero. Aqui ocorre uma constante sofisticação do pré-tratamento dos resíduos, anterior ao processo de incineração, visando aumentar a sua homogeneização, baixar a umidade e melhorar o poder calorífico, de tal forma que o resíduo incinerado chegue o mais próximo possível de um combustível de alta qualidade.

Por meio da 4ª geração, torna-se possível observar que a análise do poder calorífico de um resíduo é importante para a avaliação de sua capacidade de queima e da consequente qualidade da geração de energia. Segundo Vieira (2012), a definição de poder calorífico pode ser expressa de duas maneiras:

PCS – Poder Calorífico Superior → Trata-se da quantidade total de energia contida em um combustível ou resíduo e que é liberada a partir da sua respectiva queima. Uma parte dessa energia é utilizada para vaporização da água existente no resíduo ou mesmo para aquela formada durante o processo de combustão.

PCI – Poder Calorífico Inferior → Trata-se da quantidade de energia útil contida em um combustível ou resíduo, após a vaporização da água existente no resíduo, ou formada durante o processo de combustão. Trata-se da energia que poderá ser efetivamente utilizada a partir do gás de combustão e que deve ser levada em consideração para formação dos balanços de energia.

O poder calorífico de um resíduo depende da sua composição e pode ser calculado através de diferentes fórmulas. Com a quantidade de resíduos conhecida e o valor do poder calorífico dos resíduos também conhecido, é possível dimensionar o tamanho do incinerador e o respectivo sistema de tratamento para o gás de combustão (VIEIRA, 2012).

Geralmente quando se fala em incinerar para produzir energia elétrica, os resíduos sólidos urbanos (RSU) como um todo, mostram-se atrativos para serem utilizados no processo, e isso se deve ao fato de haver uma grande quantidade de toneladas diárias geradas (tanto em pequenas quanto em grandes cidades pelo mundo). A incineração torna-se mais eficiente se ocorrer um tratamento prévio do chamado resíduo urbano, visando à retirada de metais, vidros, e principalmente redução da matéria orgânica úmida. Ou seja, a recuperação energética torna-se mais viável se ocorrer uma triagem inicial dos RSUs. Mas também pode ser alcançada na inexistência dela, de forma menos eficiente. Talvez esse seja um problema para o Brasil, onde, em muitas das vezes, há inexistência de uma coleta seletiva e de um gerenciamento que possibilite a separação e triagem dos resíduos.

Apesar de ainda ser taxada como uma opção cara e poluente, os aspectos positivos da recuperação energética, aliada aos modernos equipamentos retentores de gases e partículas poluentes, podem ajudar a diminuir a resistência existente e colocar tal técnica como possibilidade frente outros métodos de disposição de resíduos e de geração de energia geralmente mais usuais.

- **Processo da incineração de resíduos sólidos urbanos visando produção de energia elétrica**

As instalações conhecidas como *Waste to Energy* (WtE) são aquelas que utilizam a incineração de RSU para produzir o vapor que irá gerar energia elétrica ou será usado diretamente em processos industriais (EPE, 2008). Esse processo é semelhante ao de usinas térmicas convencionais de ciclo Rankine e a capacidade de geração depende diretamente da eficiência da transformação do calor em energia elétrica e do poder calorífico do material incinerado.

A parte principal de um processo de incineração consiste normalmente de dois estágios. A princípio, o resíduo colocado na câmara primária é queimado com uma temperatura suficientemente alta para que as substâncias se tornem gases e/ou assumam a forma de pequenas partículas. Em todas as configurações, observa-se que a alimentação de oxigênio nessa câmara é sub-estequiométrica, evitando-se assim gradientes elevados de temperatura, e sendo válido ressaltar que, nestas condições controladas, evita-se também a volatilização de diversos metais

presentes no lixo (cádmio, chumbo, mercúrio, entre outros), além de minimizar a formação de óxidos nitrosos que surgem quando submetido a temperaturas elevadas (MORGADO, 2006).

Os gases que são gerados na câmara primária são encaminhados para a câmara secundária, onde a mistura dos gases e partículas são submetidos a uma temperatura mais elevada para que haja combustão completa, com tempo de residência representativo dos sólidos de 30 minutos para o primeiro estágio e 2 a 3 segundos para a combustão da fumaça no segundo estágio (ARANDA, 2001). Neste caso, a atmosfera apresenta-se altamente oxidante e a temperatura de projeto varia normalmente entre 800°C e 1400°C, sendo considerado que nesta temperatura a probabilidade de existência de moléculas com grande número de átomos, como dioxinas e furanos, é praticamente nula.

Os gases provenientes desta segunda etapa passam por um sistema de redução ou eliminação da poluição, que consiste em diversos estágios, antes de serem lançados para a atmosfera pelas chaminés.

Em usinas que contemplam a recuperação energética, a energia pode ser recuperada na forma de vapor saturado ou vapor superaquecido gerados durante o processo. Os gases da câmara secundária são encaminhados para uma caldeira de recuperação de calor, que gerará vapor d'água usado para movimentar um conjunto de turbo-gerador.

- **Utilização de RSU para geração de energia elétrica no Brasil**

Ainda são poucos os incineradores utilizados no país com grandes capacidades de tratamento dos resíduos. O Brasil se caracteriza pela existência de plantas de porte muito pequeno, com capacidades inferiores a 100 kg/h, instalados principalmente em hospitais (UIEDA, 2009). Pode-se considerar que um dos motivos pelo qual existe essa ausência está baseado nas desativações de equipamentos por falta de manutenção adequada, ou por incinerarem de forma precária, fugindo dos padrões de emissões estabelecidos em lei, atualmente mais restritivos em algumas regiões do país.

Segundo Menezes *et al.* (2000 *apud* CAIXETA, 2005, p. 26):

Enquanto a tendência mundial é aproveitar os resíduos urbanos para a geração de energia, no Brasil não existem projetos representativos que promovam a reciclagem, considerando o uso de biogás e do lixo em termelétricas, o que contribuiria para equacionar dois problemas: o ambiental, com o tratamento dos resíduos, e o de geração de energia.

Esta realidade continua a apresentar-se mesmo após publicação da PNRS, no ano de 2010, que coloca como destinação final ambientalmente adequada, a “destinação de resíduos que inclui a

reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético, ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes” (BRASIL, 2010). Ou seja, inclui o tratamento térmico de resíduos com posterior aproveitamento energético dentro de um contexto macro de gerenciamento.

Um caso à parte foi à instalação da planta-piloto da USINA VERDE, no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, com capacidade nominal para tratar 30 toneladas diárias de resíduos sólidos com geração de energia elétrica. Vista como um modelo, é utilizada para atender a grandes geradores de resíduos sólidos do Rio de Janeiro e procura demonstrar seus processos para interessados em replicar Usinas de Recuperação Energética - URE e para os demais envolvidos em processos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Uma outra URE que passará a funcionar no país é a de BARUERI, localizada na microrregião de Osasco, que terá capacidade para tratar 825 toneladas de lixo por dia e gerar 17 MWh de energia já no início de sua operação.

Diante dos problemas que assolam a matriz energética nacional, UREs como a USINAVERDE e a BARUERI apresentam-se como uma alternativa para diversificação das formas nas quais se dão o processo de geração de energia elétrica no país, ainda dependente em grande parte das hidrelétricas.

Assim sendo, a aplicação de URE por meio da queima de resíduos passam a ganhar defensores e despontar como alternativa de geração de energia elétrica no país, afinal, ajuda a resolver dois problemas atuais do país (tratamento dos resíduos e crise energética). E para isso, há de se realizar todo um estudo da composição do resíduo sólido urbano brasileiro, que ainda se apresenta, em grande parte, orgânico e úmido.

A geração total de RSU no Brasil, no ano de 2014, foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, ao passo que 71.260.045 toneladas foram coletadas. Segundo Menezes (2000 *apud* LEME, 2010, p. 19), “a tecnologia atualmente disponível para projeto de incineradores prevê a geração de até 0,95 MWh/t de RSU processado, sendo que a grande maioria dos sistemas instalados gera de 0,4 a 0,95 MWh/t”.

A experiência atual indica que a geração de energia elétrica se torna rentável em instalações com capacidades de processamento acima de 250 t/dia. Abaixo dessa capacidade a energia é normalmente aproveitada apenas para uso da própria usina (MENEZES, 2000 *apud* LEME, 2010, p. 19).

Dessa forma, uma usina incineradora de resíduos sólidos urbanos com posterior geração de energia elétrica deve localizar-se em local estratégico, onde exista grande quantidade de

toneladas diárias desses resíduos geradas e facilidade de logística e transporte, além de outros fatores a serem analisados antes da instalação. Para uma usina ser considerada tecnicamente viável, por exemplo, o PCI do montante de resíduos incinerado não pode ser inferior a 1.675 Kcal/kg (EPE, 2008 *apud* ITÔ, 2014, p. 19).

4. Análise preliminar do potencial soteropolitano de geração de energia elétrica por meio da incineração de resíduos

Dados da Empresa de Limpeza Urbana de Salvador – LIMPURB (2012), mostram que a capital do estado coletou cerca de 5.302,40 t/dia de resíduos em 2011, alcançando uma média de 133.885,54 t/mês coletadas, conforme figura 2.

Figura 2 – Quantidades de RSU coletados em Salvador por tipo – ano 2011 – t/mês.

Mês	Tipos de Resíduos Sólidos (t)				
	RSD+ RPU	RCD	RSV	RSS	Total
Janeiro	74.985,74	47.971,02	2.635,38	3,98	125.596,12
Fevereiro	64.460,73	41.031,53	2.232,10	3,60	107.727,96
Março	72.711,13	46.853,65	2.438,18	3,19	122.006,15
Abril	71.241,42	54.435,62	2.079,14	2,17	127.758,35
Mai	74.218,49	65.663,52	1.912,30	2,88	141.797,19
Junho	70.651,31	63.719,49	1.672,46	3,84	136.047,10
Julho	70.683,75	61.695,82	2.193,66	1,96	134.575,19
Agosto	73.884,57	66.608,16	2.134,12	2,75	142.629,60
Setembro	68.586,98	61.815,93	2.023,58	2,22	132.428,71
Outubro	72.695,73	64.902,86	2.012,97	4,12	139.615,68
Novembro	75.038,94	64.512,04	2.029,05	2,36	141.582,39
Dezembro	83.364,90	68.975,98	2.514,75	6,46	154.862,09
TOTAL (t)	842.523,69	708.185,62	25.877,69	39,53	1.606.626,53
%	54,31	44,08	1,61	0,00	100,00
Média/mês	72.710,31	59.015,47	2.156,47	3,29	133.885,54
Média/dia	2.879,62	2.337,25	85,40	0,13	5.302,40

Fonte: LIMPURB (2012 *apud* SALVADOR, 2012: p. 71).

Os Resíduos Sólidos Domiciliares - RSD e os Resíduos Sólidos Públicos - RPU corresponderam à maior quantidade coletada mensalmente, seguidos, em respectiva ordem, pelos Resíduos de Construção e Demolição - RCD, Resíduos Sólidos Vegetais - RSV e pelos Resíduos de Serviços de Saúde- RSS.

Sendo assim, e considerando o já informado sobre a eficiência de um incinerador na produção de energia elétrica, por meio do qual é prevista a geração entre 0,4 a 0,95 MWh/t de RSU processada, pode-se ter uma base da possível quantidade de energia elétrica produzida por ano através do processo de incineração dos RSU gerados no município de Salvador. Para efeito de

cálculo, adotou-se uma eficiência de 0,5 MWh/t, como forma de margem de segurança, devido a possíveis perdas de transmissão durante as etapas do processo.

Considerando-se o valor total de RSD e RPU coletados (2.879,62 t/dia), que são aqueles que representam o maior percentual para aproveitamento nas unidades incineradoras, chega-se aos seguintes resultados:

Quadro 1 - Potencial de aproveitamento energético através da incineração de RSU em Salvador.

$2.879,62 \text{ t/dia} \times 0,5 \text{ MWh/t} = 1.439,81 \text{ MWh/dia}$
$1.439,81 \text{ MWh/dia} \times 365 \text{ dias} = 525.530,65 \text{ MWh/ano}$
O que equivale a aproximadamente: 525,5 GWh/ano

Fonte: Autor próprio (2015).

Relembrando Menezes (2000 *apud* LEME, 2010: p. 19):

A experiência atual indica que a geração de energia elétrica se torna rentável em instalações com capacidades de processamento acima de 250 t/dia. Abaixo dessa capacidade a energia é normalmente aproveitada apenas para uso da própria usina.

No caso específico da capital baiana, uma planta com a capacidade de processamento de 2.879,62 t/dia geraria uma energia excedente rentável de cerca de 1.314,81 MWh/dia, e mensal de cerca de 39.444,3 MWh, o suficiente para abastecer aproximadamente 242 mil residências soteropolitanas mensalmente, uma vez que o consumo médio do brasileiro é de 163 KWh/mês por residência (EPE, 2014).

Sempre importante lembrar que esse é um cálculo estimado, realizado de uma maneira bem superficial e que não leva em conta todos os aspectos relacionados ao poder calorífico médio do resíduo gerado pelas famílias brasileiras, crescimento da população sob a área de influência do estudo, variação da composição do RSU através do tempo, etc.

A coleta seletiva na capital baiana, por exemplo, fundamental para uma melhor eficiência do processo produtivo de unidade incineradora, assim como contribuinte fundamental para o aumento do PCI do resíduo incinerado, ainda não é feita de forma representativa.

5. Conclusão

A incineração de resíduos sólidos urbanos com posterior geração de energia elétrica, foco de estudo deste trabalho, apresenta-se como uma técnica bastante atrativa de ser utilizada, principalmente em países com pequenas extensões territoriais e que não dispõem de grandes

áreas para instalação de aterros, além de países que apresentam baixa quantidade de matéria orgânica úmida na composição dos resíduos domésticos coletados.

No Brasil, apesar da grande quantidade de toneladas de RSU geradas e coletadas diariamente, a técnica ainda não é bastante desenvolvida. A grande porcentagem de matéria orgânica úmida encontrada no RSU brasileiro se apresenta como um fator limitante para a implantação de UREs no território nacional, visto que influi diretamente no PCI do material incinerado. No país, a única usina incineradora de resíduos com posterior geração de energia em funcionamento é a USINA VERDE, instalada no estado do Rio de Janeiro.

Outro fator limitante no que tange a adoção da incineração de resíduos aliada a um posterior sistema para seu aproveitamento energético no Brasil é a pouca realização da coleta seletiva. Sabe-se que para o aumento da eficiência de uma usina incineradora é necessária uma segregação dos resíduos provenientes do ambiente urbano, visto a diversidade de compostos existentes.

A coleta seletiva ainda atua de forma incipiente no Brasil, se comparada a grande quantidade diária de resíduos que é gerada. O que até poderá ser revertido, visto que uma das grandes contribuições da entrada de UREs no país é o aumento da fiscalização, do monitoramento, do controle e da gestão dos resíduos, não só para a operação contínua da atividade, mas também pela própria conscientização da sociedade, que saberá que quanto menos gerar resíduos e mais realizar a uma separação adequada, menos impactos negativos sofrerá.

Em análise preliminar, simples e baseada na literatura, Salvador apresentou um potencial de geração 525,5 GWh/ano através da operação de UREs. Isto é o suficiente para abastecer com energia elétrica cerca de 242 mil residências soteropolitanas mensalmente, levando em consideração que o brasileiro consome 163 KWh mensais por residência e que uma usina se torna rentável, do ponto de vista de venda da energia, a partir da incineração de 250 ton/dia.

Assim sendo e após levar em consideração todos os aspectos mencionados acima, constata-se que no Brasil, até o presente momento, esse contexto não seria aplicável. Muitos são os entraves ainda existentes, especialmente quando relacionados a composição do RSU brasileiro e aos costumes e hábitos da sociedade, acostumada a uma disposição inadequada de anos dos RSU e a propagação dos aterros sanitários pelo país, assim como a geração histórica de energia elétrica por meio das usinas hidrelétricas, como a de Itaipu.

É necessário um maior investimento em ações de conscientização da população, que deve ser estimulada a realizar a coleta seletiva dos materiais a partir de suas próprias residências ou

condomínios e conjuntos habitacionais. Mas para isso, os governantes também devem fazer a sua parte, desenvolvendo e financiando programas de incentivo à criação de cooperativas de reciclagem, de forma que a quantidade de toneladas destinadas aos aterros sanitários seja cada vez menor e o valor agregado dos resíduos cada vez mais aproveitado.

Referências

ARANDA, D.A.G.; RAMOS, A. L. D.; NOVA, G. D.; MARTINS, B. B. **Catalisadores para tratamento de gases tóxicos provenientes de incineração de lixo**. In: XI Congresso Brasileiro de Catálise, Anais... Bento Gonçalves. IBP, 2001.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. São Paulo: ABRELPE, 2015.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

CAIXETA, D.M. **Geração de Energia Elétrica a partir da Incineração de Lixo Urbano: O Caso de Campo Grande/MS**. Brasília: 2005. Disponível em: <http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/documentos-e-publicacoes/trabalhos-cientificos/dissertacao_dalma.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. NOTA TÉCNICA DEN 06/08: Avaliação Preliminar do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS. Rio de Janeiro, 2008, 73 p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208_1.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2015.

HENRIQUES, R.M. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica**. Rio de Janeiro: 2004. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/rachelh.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2015.

ITÔ, L.C.M. **Geração de Energia Elétrica a Partir de Resíduos Sólidos Urbanos**. São Carlos: 2014. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-05092014-153703/?&lang=br>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

LEME, M.M.V. **Avaliação das Opções Tecnológicas para Geração de Energia a Partir dos Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso**. Itajubá: 2010. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0037110.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

MORGADO, T.C; FERREIRA, O.M. Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, Aproveitamento na Co-Geração de Energia. Estudo para a Região Metropolitana de Goiânia. **Departamento de Engenharia**, Goiânia, 2006. Disponível em: <http://web-resol.org/textos/incineracao_de_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2015.

RIGATO, P.C. **Estudo da Composição da Alimentação de um Incinerador Rotativo de Resíduos Visando Aumento da Capacidade Operacional**. São Caetano do Sul: 2008.

Disponível em: <

<http://maua.br/files/dissertacoes/estudo-da-composicao-da-alimentacao-de-um-incinerador-rotativo-de-residuos.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2015.

SALVADOR: SECRETARIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS E PREVENÇÃO À VIOLÊNCIA. Plano Básico de Limpeza Urbana. Salvador, 2012, Rev. 01.

UIEDA, F.A. **Projeto Básico De Central Termelétrica Com Incineração De Resíduos Sólidos Urbanos**. São Paulo: 2009. Disponível em:

http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2009/Trabalhos%20finais/TCC_029_2009.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2015.

VIEIRA, M.P. **Fundamentos de Incineração**. 1ª edição. São Paulo: Editora Gregory, 2012. 298 p.