

**INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS,
APROVEITAMENTO NA CO-GERAÇÃO DE ENERGIA.
ESTUDO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA**

Túlio Cintra Morgado ¹
Osmar Mendes Ferreira ²

Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental
AV. Universitária, Nº 1440 – Setor Universitário – Fone (62)3946-1351.
CEP: 74605-010 – Goiânia - GO.

RESUMO

A Região Metropolitana de Goiânia é constituída por 11 cidades, as quais totalizam uma população de 1.897.957 habitantes, que geram diariamente 1.583,50 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), onde desse total 92,50% tem destinação final em Aterro Sanitário. Nesse contexto, o aumento na quantidade de RSU emerge como um dos problemas prioritários da sociedade atual, devido às formas hoje viabilizadas de disposição final desse resíduo estar prestes a atingir seu esgotamento. No sentido de se adotar de uma nova tecnologia de tratamento dos RSU que venham promover uma solução minimizado esse problema, apresentamos a Incineração com a Co-geração de Energia, pois essa tecnologia além de diminuir o volume desses resíduos em cerca de 90% e o peso a 15%, possui um importante papel de co-geração de energia, onde através da incineração de 1.583,50 t/dia, pode gerar 791,75 kWh/dia, totalizando em 289 MWh/ano, o que ira abastecer uma população de 11.100 habitantes.

Palavras-chave: Região Metropolitana de Goiânia; Resíduos Sólidos Urbanos; Aterro Sanitário; Incinerador; Co-Geração de Energia;

ABSTRACT

The Region Metropolitan of Goiânia is constituted by 11 cities, which totalize a population of 1.897.957 inhabitants, who generate 1,583 daily, 50 tons of Urban Solid Residues (USR), where of this total 92.50% it has final destination in I fill with earth Bathroom. In this context, the increase in the amount of USR emerges as one of the with priority problems of the current society, had to the forms today made possible of final disposal of this residue to be gives to reach its exhaustion. In the direction of if adopting of a new technology of treatment of the USR that come to promote a solution minimized this problem, we present the Incineration with the Co-generation of Energy, therefore this technology beyond to diminish the volume of these residues in about 90% and the weight 15%, possesss an important paper of energy co-generation, where through the incineration of 1.583, 50 t/day, can generate 791,75 kWh/day, totalizing in 289 MWh/year, what anger to supply a population of 11.100 inhabitants.

Key- words: Region Metropolitan of Goiânia; Urban Solid residues; earth Bathroom; Incinerator; Co-Generation de Energy.
Goiânia, 2006/2

¹ Acadêmico do Curso de Eng^a Ambiental da Universidade Católica de Goiás. (tuliotcm@gmail.com)

² Prof^o do Dep. de Eng^a da Universidade Católica de Goiás - UCG (mendes_osmar@yahoo.com.br)

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos 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. Além das conseqüências para a saúde comunitária, deve-se considerar ainda o impacto que a disposição inadequada desses resíduos provoca no solo, na atmosfera, na vegetação e nos recursos hídricos.

A Região Metropolitana de Goiânia engloba algumas das cidades que se encontram no entorno da cidade de Goiânia, tais como: Senador Canedo, Aparecida de Goiânia, Hidrolândia, Aragoiânia, Abadia de Goiás, Trindade, Goianira, Santo Antônio de Goiás, Nerópolis e Goianópolis. São ao todo 11 (onze) cidades que vêm passando por um processo de crescimento populacional acentuado, juntamente com a cidade de Goiânia, e que estão ligadas a esta pelos mais variados aspectos, dentre os quais se encontram: economia, lazer, recursos da administração pública municipal e estadual, e outros mais.

Algumas dessas cidades podem ser consideradas como cidades dormitório, pois a maioria de seus habitantes trabalha na capital e utiliza-se de seus recursos, retornando a suas cidades apenas para a estadia noturna. Fatos como esse estabelece uma grande ligação dessas cidades como a capital Goiânia, principalmente no que se refere à utilização dos recursos básicos de infra-estrutura e saneamento básico, como por exemplo: o sistema urbano de coleta e disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Atualmente, o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) realizado pela Prefeitura Municipal de Goiânia encontra-se relativamente satisfatório, levando-se em conta as regiões atendidas pelo serviço de coleta de lixo urbano, a relação das máquinas e equipamentos que são utilizadas por esse serviço, bem como, considerando-se a disposição final adequada do lixo coletado em Aterro Sanitário.

O Sistema Municipal de Coleta de Resíduos Sólidos Urbano possui uma administração competente, com um sistema de gerenciamento eficaz, dotada de máquinas e equipamentos novos e modernos. Mas ainda assim, os RSU são um dos fatores de grande preocupação da administração pública atual, eis que o volume destes tende a aumentar de forma progressiva e desordenada em razão do crescimento populacional e demográfico da Região Metropolitana.

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 de Goiânia, 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.

Levando em conta a falta de disponibilidade de áreas próximas à cidade de Goiânia para a construção de um novo Aterro Sanitário, observando a questão da problemática com a vizinhança, que não quer um Aterro Sanitário instalado em seu quintal, bem como, considerando o fator dos custos e dos riscos de transporte desses RSU para grandes distâncias ser inviável, observa-se a necessidade de se implantar uma tecnologia de tratamento desses RSU, que venha atender a demanda crescente do lixo urbano produzido diariamente pela Região Metropolitana da Goiânia, de forma a diminuir a quantidade de resíduos descartados no Aterro Sanitário, e conseqüentemente aumentar sua vida útil.

Atualmente em relação ao sistema de tratamento de resíduos sólidos urbanos são descritas diferentes técnicas, dentre elas: compostagem, incineração, tratamento com microondas, plasma-pirólise e reciclagem.

Apresentamos a incineração como uma forma de tecnologia para solucionar essa problemática da Região Metropolitana da Goiânia, 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 co-geração de energia através da incineração desses RSU.

A instalação de um Incinerador de RSU na Região Metropolitana de Goiânia, que possua uma tecnologia avançada de operação e principalmente de controle de emissões de gases, irá reduzir significativamente o volume de lixo urbano e disponibilizar o tratamento adequado desse resíduo, para posterior destinação final em Aterro Sanitário. Bem como também, irá produzir através da incineração desses RSU a co-geração de energia elétrica, que poderá vir a atender a região no entorno de onde será instalado o incinerador.

O principal objetivo para se constatar a viabilidade da implantação de um incinerador na Região Metropolitana de Goiânia, é o da co-geração de energia elétrica através da incineração dos RSU produzidos pelos municípios envolvidos, sendo o aproveitamento energético que tornara a implantação viável, sobre o ponto de vista do custo / benefício de sua construção e implantação. Como forma de se constatar tal viabilidade, foi realizado neste projeto, o levantamento das informações sobre todo o processo de incineração de RSU, sobre o processo de obtenção de energia elétrica, e sobre o poder calorífico do lixo incinerado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

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 tecnologia 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)

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 desativo em 1978 pelos mesmos motivos. (MENEZES, 2000; IPM, 2002).

A partir 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 Técnica - ABNT e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.

Alguns destes incineradores estão listados no Quadro a seguir, com suas características principais. Esta não tem por objetivo ser exaustiva, 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.

A incineração pode ser ambientalmente correta e aliada da proteção do meio ambiente, desde que estas plantas sejam operadas por equipes qualificadas e treinadas; sejam dotadas de equipamento eficazes quanto ao controle de poluição, bem como, de técnicas adequadas de disposição final dos resíduos gerados; e sejam monitoradas e acompanhadas pela comunidade e pelos agentes ambientais, públicos e privados.

Quadro 1: Característica dos Principais Incineradores Instalados no Brasil

Planta	Projeto e Tecnologia	Tipo	Capac t/ano	Resíduos Processados	Tratamento dos Gases	Controle de Emissões	Efluentes e Cinzas
BASF Guaratinguetá -SP	Inter - Uhde	Rotativo	2.700	R.S.L.P., exceção de ascaréis	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO e SO _x	Cinzas: em aterro terceirizado
BAYER Belford Roxo -RJ	Inter - Uhde	Rotativo	3.200	R.S.L.P. incluindo Oifenilas policl.	Lavadores ácido e alcalino, separador de gotículas.	Contínuo: O ₂ CO	Cinzas: aterro ind. próprio. Líquidos: ETE
CETREL Camaçari - Bahia ISO 14.001	Sulzer	Rotativo	10.000	Resíduos líquidos organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO ₂ e NO _x	Cinzas: depositadas em aterro próprio.
CETREL Camaçari - Bahia ISO 14.001	Andersen 2000	Rotativo	4.500	Resíduos sólidos Classe I	Coletor de pó tipo ciclone, lavadores ácido e alcalino.	Contínuo: CO, O ₂ , CO ₂ , NO _x , SO ₂ , opacidade	Cinzas: depositadas em aterro próprio.
GIBA Taboão da Serra - SP	Inter - Uhde	Rotativo	3.200	Rés. ind. org. e inorg. Exc. ascarel e radioativos.	Lavadores ácido e alcalino, demister e ciclone	Contínuo: NO _x , SO _x , O ₂ , CO, temp., vazão, MP	Aterro próprio para 10.000 m ³ de cinzas e escórias.
CINAL Marechal Deodoro - AL	CBC/Nittetu Chemical Engineering (Japão)	Câmara horizontal ai c/ leito recíproco ante	11.500	R.S.L.P. incl. PCBs e organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO, CO ₂ , O ₂ , NO _x , SO _x , MP	Aterro próprio
CLARIANT Suzano - SP ISO 14.001	Inter - Uhde	Rotativo	2.700	Resíduos sólidos e pastosos	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO, CO ₂ , O ₂ , NO _x , SO _x , MP	Cinzas e escórias: aterro industrial em Resende (RJ) e ETE 300 m ³ /h
ELI LILLY Cosmópolis - SP	Inter - Uhde	Rotativo	10.400	Resíduos sólidos, líquidos e pastosos.	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO, CO ₂	Aterro próprio classe I
KOMPAC Fortaleza - CE	Kompac	Câmara horizontal ai d leito recíproco ante	10.950	Resíduos de serviços de Saúde e Industriais	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO ₂ , CO, O ₂ Periódico: SO _x , NO _x , HCl, HF, Cl ₂	Efluentes líquidos não descartados. Cinzas e escórias: aterro industrial
RHODIA Cubatão - SP	Rhone-Poulanc	Rotativo	18.000	R.S.L.P., incluindo, organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO, CO ₂ e	Aterro industrial classe I
SILICON Paulínea - SP	Hoval	Leito Fixo, pirolítico	3.600	Resíduos de Serviços de Saúde	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO, CO ₂ e	Aterro industrial classe I

Fonte: IPM (2002)

2.1 Processo de Incineração de Resíduos Sólidos

Incineração de resíduos emprega alta temperatura de fornos para queimar correntes de resíduos, que entram em combustão completa. Isso garante o tratamento sanitário e a destruição de componentes orgânicos e minimiza a presença de resíduos combustíveis nas cinzas resultantes.

O atual processo de incineração consiste geralmente em dois estágios. Inicialmente, o resíduo é queimado na câmara primária, que é a receptora direta do lixo, em uma temperatura suficientemente alta para que algumas substâncias presentes se tornem gases e outra assumam a forma de pequenas partículas. Nesse dispositivo, a temperatura de operação varia tipicamente entre 500°C e 900°C. Em todas as configurações, a alimentação de oxigênio nessa câmara é sub-estequiométrica, evitando-se assim gradientes elevados de temperatura. Nessas condições controladas, evita-se a volatilização de grandes quantidades de metais presentes no lixo, como chumbo, cádmio, cromo, mercúrio, entre outros. Além disso, minimiza-se a formação de óxidos nitrosos, que surgem apenas sob temperaturas mais elevadas.

Já a fase gasosa gerada na câmara primária é encaminhada para a câmara secundária. Essa mistura de gases e partículas é então queimada a uma temperatura mais alta por um intervalo de tempo suficiente para que haja a combustão completa. Tempo de residência representativo para resíduos sólidos é de 30 minutos para o primeiro estágio e de 2 a 3 segundos para a combustão da fumaça no segundo estágio. Nesse caso, a atmosfera é altamente oxidante (excesso de oxigênio) e a temperatura de projeto varia normalmente entre 750°C - 1250°C. Os diversos gases gerados na câmara anterior são oxidados a CO₂ e H₂O. Nessa temperatura, a probabilidade de existência de moléculas com grande número de átomos como dioxinas e furanos, compostos altamente nocivos aos seres humanos, é praticamente zero.

Os gases provenientes desta segunda etapa passam por um sistema de abatimento de poluição, que consiste em muitos estágios (por exemplo, scrubber para a remoção de ácido no gás, precipitador eletrostático para a remoção de poeira e/ou filtros para a remoção de partículas finas), antes de serem enviadas para a atmosfera via uma chaminé. As restritas regulamentações de emissões algumas vezes requerem o uso de carvão ativo no sistema de abatimento, para que haja redução da emissão de mercúrio e dioxinas.

A Figura 1, mostra um esquema representativo de uma câmara de combustão. Como pode ser visto, o lixo entra na primeira câmara onde é injetado ar e, se necessário, um combustível auxiliar. Os gases sobem para a segunda câmara onde mais ar é injetado. Após esta etapa os gases seguem para o sistema de tratamento. Os descartes (ou cinzas) ficam depositados na primeira câmara e são retirados depois.

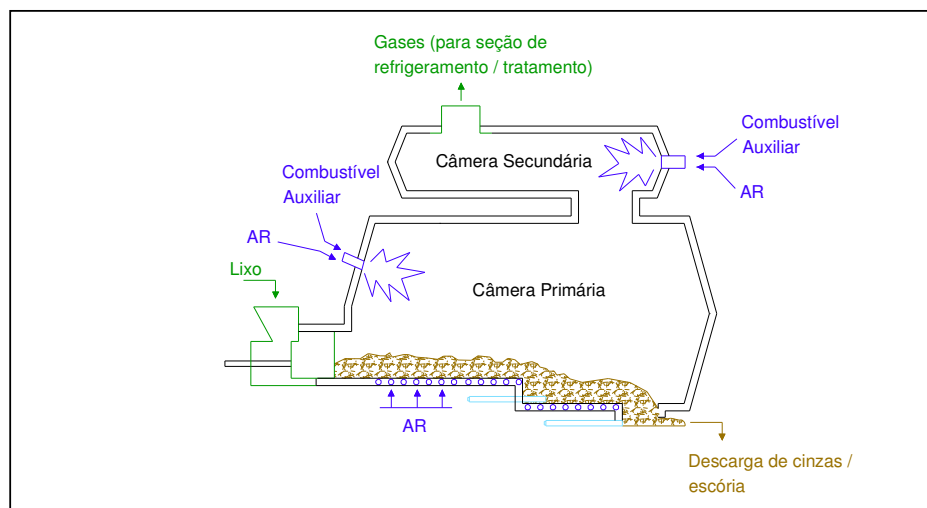


Figura 1: Ilustra o funcionamento de um Incinerador de RSU
 FONTE: (ARANDA, 2001)

Após a incineração, a parte sólida é tirada da grelha. A quantidade deste material sólido após o processo de incineração varia de 12 a 30% em massa (de 4 a 10% em volume) do material original e tem o aspecto de cinza, sendo um material totalmente esterilizado e apto para ser aterrado ou mesmo aplicado à construção civil (tijolos, capeamento de estradas, etc.), mas freqüentemente este é levado para aterros sanitários (embora possa ser utilizado na construção de aterros).

Assim que materiais combustíveis orgânicos forem removidos, este resíduo não se degrada para formar gás de aterro. O resíduo é normalmente tratado para que haja a recuperação de materiais ferrosos; não ferrosos, que podem também ser recuperados em certas circunstâncias. Uma pequena quantidade de finas partículas é carregada para fora da câmara de combustão pela exaustão dos gases (freqüentemente leves cinzas aquecidas); isso é coletado no precipitador ou no filtro.

Dependendo do poder calorífico do lixo é possível que nenhum combustível seja adicionado. Na UFRJ, em decorrência do projeto realizado pela parceria do IVIG/COPPE/UFRJ e a USINAVERDE foi feita uma análise do poder calorífico dos RSU da instituição e obteve-se o valor de 2,66 MWh/t, do material seco, sem umidade. Caso o material fosse incinerado sem a prévia secagem, seu poder calorífico seria de apenas 0,7 MWh/t de RSU. Este fato denota a relevância da secagem do material, rico em matéria orgânica, antes de ser levado para a incineração.

2.2 Tratamento dos Gases de Combustão

O tratamento desses gases envolve processos físicos e químicos, havendo uma grande variedade de opções de conformação e equipamentos. A primeira etapa consiste em resfriar os gases que saem entre 1000°C e 1200°C da câmara secundária. Nessa etapa, além de resfriarem-se os gases de combustão gera-se vapor d'água que pode ser utilizado na conversão em energia elétrica, sistema de aquecimento ou mesmo sistema de refrigeração.

Em seguida, os gases são neutralizados com a injeção de hidróxido de cálcio (dry scrubber), altamente eficiente na neutralização e captura de SOX e HCl. Os gases já resfriados e neutralizados passam então por um sistema de filtros (filtros-manga) que retiram o material particulado (fuligem, sais e hidróxido de cálcio) de dimensão de até 0,3 μm . Em algumas conformações utilizam-se outros sistemas, como precipitadores eletrostáticos, lavadores venturi, ciclones, etc.

Finalmente, os gases passam por um leito absorvente, à base de carvão ativado (leito fixo ou fluidizado), de alta área superficial que possui tripla ação: Retenção de óxidos nitrosos: evita-se picos de geração de NOX, eventualmente formados por distúrbios na câmara secundária, inibindo que sejam emitidos abruptamente para a atmosfera; Retenção de organoclorados: ação preventiva quanto à emissão de dioxinas por algum problema na câmara secundária; Retenção de metais voláteis: O material absorvente atua como uma "peneira molecular" retendo metais voláteis. Tanto por injeção, como através de um leito fixo, o material absorvente possui comprovadamente altíssima eficiência na retenção de metais.

Tanto os filtros mangas como os leitos de carvão funcionam tipicamente entre 150 e 200°C. A perda de calor ao longo do próprio tratamento de purificação de gases faz com que a temperatura na saída da chaminé seja inferior a 120°C.

2.3 Benefícios da Incineração de RSU

Dentre os benefícios da incineração de resíduos, destacam-se a redução do volume requerido para disposição em aterros; a recuperação de energia durante a combustão pode ser utilizada para a produção de eletricidade ou combinado calor e energia. Isso substitui energia e emissões das estações de energia, a recuperação de uma grande proporção de energia contida no lixo, mais que se o lixo fosse depositado em aterro e a energia fosse recuperada do gás oriundo do aterro, além do processo evitar a emissão de metano (um potente gás de efeito estufa) que poderia aumentar com a disposição de lixo em aterro;

2.4 Obtenção de Energia Elétrica pela Incineração de RSU

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)

De outra forma, com a incineração controlada dos resíduos sólidos urbanos 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 (TOLMASQUIM 2003). Dados da EPA (EPA 2002) consideram que a incineração pode produzir até 550 kWh/t de resíduo, e levando em conta que pode haver perdas na transmissão de até 5% do total produzido, este valor é de cerca de 523 kWh/t.

A incineração é o aproveitamento do poder calorífico do material combustível presente no lixo através da sua queima para geração de vapor. É aconselhável o uso de resíduos de maior poder calorífico como plásticos, papéis, etc.

Para o Brasil, considerando os dados fornecidos pelo IBGE, este total alcança a marca de 160.000 t/dia de resíduos, que caso fossem incinerados, considerando a eficiência de 0,5 kWh/t, possibilitariam a geração de 29,43 GWh / ano. E caso fosse considerado o ponto de vista mais otimista, com até 523 kWh /t, este valor poderia ser de 45,44 TWh / ano.

Quadro 2: Potencial de Aproveitamento Energético com Incineração

Item	Quantidade	Unidades	Fonte de Referência
(a) Resíduos Sólidos Urbanos	59,07	M t/ano	(IBGE 2000)
(b) Fator de energia produzida	523,0	kWh / tRSU	(EPA 2002)
(c) Fator de energia produzida	769,2	kWh / tRSU	(TOLMASQUIM 2003)
(d) Fator de energia produzida	0,5	k Wh / tRSU	(MENEZES 2000)
Energia potencial calculada (a) x (b)	30,89	T Wh / ano	Elaboração própria
Energia potencial calculada (a) x (c)	45,44	T Wh / ano	Elaboração própria
Energia potencial calculada (a) x (d)	0,03	T Wh / ano	Elaboração própria

Fonte: Rachel Martins Henriques, 2004

Por estes valores permeiam algumas incertezas à cerca das estimativas de incineração, incluindo:

- Variação regional da quantidade de resíduos;
- Variação regional da composição dos resíduos;
- Mudanças futuras na regulamentação e prática da disposição final de resíduos (minimização de geração de resíduos, reuso e reciclagem), que vão alterar a composição futura dos resíduos e a importância da disposição final de resíduos.

No Brasil, atualmente, a incineração é utilizada somente para resolver a questão da disposição final de resíduos perigosos e parte dos resíduos hospitalares. No entanto, essa tecnologia utilizada atualmente no país não se faz o uso do aproveitamento energético. Seriam necessários alguns aprimoramentos tecnológicos para permitir esse aproveitamento de forma economicamente viável e ambientalmente correta. Algumas iniciativas nesse sentido estão sendo implementadas em Campo Grande-MS e Vitória-ES.

Faz-se importante ponderar as diferenças conceituais existente entre a incineração de RSU e as demais tecnologias de aproveitamento das fontes renováveis de energia, uma vez entende-se que uma fonte renovável de energia esta associada a um fluxo contínuo de produção, já uma fonte não renovável compreende a disponibilidade em uma determinada quantidade. Nestes termos conceituais, pode-se dizer que a incineração não se agrupa como uma tecnologia que faz uso de uma fonte renovável, visto que a fonte primária da incineração é um produto da dinâmica da sociedade. Além disso, sua exploração é dominada por considerações não energeticamente relacionadas (i.e. pratica da disposição de resíduos),

verifica-se que o atual uso da incineração como recuperação energética estando em segundo plano. Por causa disso, muitas das barreiras ambientais sobre a incineração ocorrem independentemente de qualquer operação para recuperação de energia.

Como notado acima, a incineração ainda é muito mais uma opção para a disposição final de resíduos, do que uma fonte de energia renovável. Sendo assim, quando olhamos para os méritos da incineração é importante considerar a estratégia global de disposição de RSU, então os impactos e benefícios da recuperação de energia da incineração de resíduos podem ser comparados com outros métodos de disposição de resíduos.

3 METODOLOGIA

Para a realização do estudo do aproveitamento energético de Resíduos Sólidos Urbanos através da co-geração de energia na Região Metropolitana de Goiânia, foi realizado o levantamento, por meio de Revisão Bibliográfica, de todo processo produtivo de um incinerador de co-geração de energia, o sistema de tratamento de gases da combustão, os benefícios da incineração, e a obtenção de energia elétrica através da incineração.

Posteriormente com os dados obtidos pelo Diagnóstico do Monitoramento dos Projetos da Disposição do Lixo Urbano dos Municípios Goianos (Agência Ambiental de Goiás, 2006), realizamos o levantamento da população de cada município inserido na Região Metropolitana de Goiânia, a quantidade de lixo produzida em toneladas por dia, e a forma de disposição final do lixo urbano, apresentado no Quadro 3.

Através desses dados, obtivemos resultados sobre a quantidade total de RSU produzida diariamente e, onde juntamente com os dados sobre a eficiência de produção de energia elétrica de um incinerador, pudemos obter a quantidade de energia elétrica que poderá ser gerada através da incineração dos RSU produzido por esses municípios.

Após obtermos a quantidade de energia produzida através da co-geração de energia pelo processo de incineração de RSU, foi realizado o levantamento da população que poderia ser beneficiada com o abastecimento da energia produzida e a região que poderia ser atendida com esse serviço.

Foi também realizado estudo do local onde será instalado o incinerador, baseando-se na região que será atendida por esse serviço, bem como na região que propicia ambientalmente para o funcionamento desse tipo de atividade.

O desenvolvimento deste projeto fundamentou-se em pesquisas bibliográficas específicas de âmbito nacional, de autores pesquisadores renomados que atuam e discutem sobre esse tema; em informações obtidas através de busca na Internet, em sites que ofereçam confiabilidade, buscando: referências, conceitos, instrumentos legais relacionados a essa temática e experiências nacionais na técnica de incineração.

A Agencia Ambiental de Goiás, através do coordenador do projeto, o Eng^o Osmar Mendes Ferreira, disponibilizou para esse o Diagnóstico do Monitoramento dos Projetos da Disposição do Lixo Urbano dos Municípios Goianos, o qual foi instrumento principal de pesquisa para obtenção dos resultados deste projeto, no que se refere ao levantamento de dados referentes ao Estado de Goiás.

Foram também obtidos dados na Companhia Elétrica de Goiás – CELG, através da internet no site www.celg.com.br/Financeiro2005_desempenho_operacional.jsp, sobre o Diagnóstico do Desempenho Operacional de 2005, o qual informa a média anual de consumo de energia elétrica nas residências localizadas na Região Metropolitana de Goiânia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Diagnóstico do Monitoramento dos Projetos de Disposição do Lixo Urbanos dos Municípios Goianos mostra a situação encontrada nos municípios do Estado de Goiás, resultado do monitoramento contínuo desenvolvido pela Agência Ambiental de Goiás.

Esta pesquisa foi realizada no período de fevereiro a junho de 2006 e foram visitados 175 municípios. Através das informações podemos mostrar os resultados gerados sobre esses municípios, dos quais 69% faz a disposição do lixo urbano a céu aberto (lixão), 26% tem destinação em aterros controlados e apenas 5% faz a disposição em aterro sanitário. 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. (Agência Ambiental de Goiás, 2006)

Através desse estudo podemos obter os dados da Região Metropolitana de Goiânia, apresentados no Quadro 3, que se segue abaixo. São dados referentes: as cidades que fazem parte da região metropolitana; a população residente em cada uma dessas cidades; a quantidade de Resíduos Sólido Urbanos (RSU) produzido diariamente por cada cidade; e o tipo de disposição final desse RSU, adotado por cada uma dessas cidades.

Quadro 3: Municípios da região metropolitana de Goiânia

MUNICÍPIOS Região Metropolitana de Goiânia	POPULUAÇÃO (IBGE, 2005)	PRODUÇÃO DE LIXO (toneladas / dia) *	DESTINAÇÃO FINAL DO LIXO
Abadia de Goiás	6.294	4	Lixão
Aparecida de Goiânia	435.323	200	Aterro Sanitário
Aragoiânia	7.519	5	Lixão
Goianápolis	12.825	9	Aterro Controlado
Goiânia	1.201.006	1.200	Aterro Sanitário
Goianira	23.613	15	Lixão
Hidrolândia	14.860	9	Lixão
Nerópolis	22.081	15	Aterro Controlado
Santo Antônio de Goiás	3.806	1,5	Lixão
Senador Canedo	71.395	60	Lixão
Trindade	99.235	65	Aterro Sanitário
TOTAL	1.897.957	1.583,50	

Fonte: Agência Ambiental de Goiás (2006)

(*) Produção estimada de lixo urbano - Agência Ambiental de Goiás (2006)



Figura 2: Mapa da Região Metropolitana de Goiânia

- Número total de cidades → 11 municípios;
- Número total de habitantes → 1.897.957 pessoas;
- Quantidade total de RSU gerado → 1.583,50 toneladas / dia;

Através dos dados apresentados na Revisão Bibliográfica, no item 2.4, sobre: Obtenção de Energia Elétrica pela Incineração de RSU, obtivemos a eficiência de um incinerador na produção de energia elétrica, onde esse prevê a geração de 0,4 a 0,95 kWh/tRSU (MENEZES, 2000), sendo que essa geração de energia elétrica dependerá diretamente do poder calorífico do RSU processado. Levando em consideração que é possível haver perdas na transmissão, bem como, levando em conta a margem de segurança, adotamos para esse projeto uma eficiência de 0,5 kWh por tonelada de RSU processada no incinerador.

- Adotando a eficiência do incinerador → 0,5 kWh/t RSU (MENEZES, 2000), temos:

$1.583,50 \text{ t/dia} \times 0,5 \text{ kWh/t} = 791,75 \text{ kWh/dia}$ $791,75 \text{ kWh/dia} \times 365 \text{ dias} = \mathbf{288.988,75 \text{ kWh/ano}}$ $288.988,75 \text{ kWh/ano} \rightarrow \mathbf{289 \text{ MWh/ano}}$

- Sendo assim, a quantidade de energia elétrica produzida por ano através da co-geração do processo de incineração de RSU é de 289,10 MWh.

Através do Desempenho Operacional – 2005, da Região Metropolitana de Goiânia, fornecidos pela Companhia Energética de Goiás – CELG pela internet no site da companhia, podemos obter dados sobre o consumo médio anual de energia nesta região, onde os dados demonstram que a classe residencial teve um aumento no seu consumo de energia elétrica de 5,73%, em virtude dos 52.114 novos consumidores que passaram a serem atendidos com a rede de energia elétrica em 2005, o que fez com que o aumento no consumo médio de energia por consumidor (residências), passasse de 127,11 kWh /consumidor em 2004, para 130,20 kWh /consumidor, em 2005.

Podemos ainda observar na Figura 3, que a classe residencial representa a maior parcela do consumo de energia na Região Metropolitana de Goiânia, obtendo valores expressivos de 35,02% de participação no consumo de energia elétrica. Onde a partir desses dados podemos considerar como ponto de interesse fundamental, para fornecimento da energia gerada pelo Incinerador de RSU, que obteve valores de 289 MWh/ano.

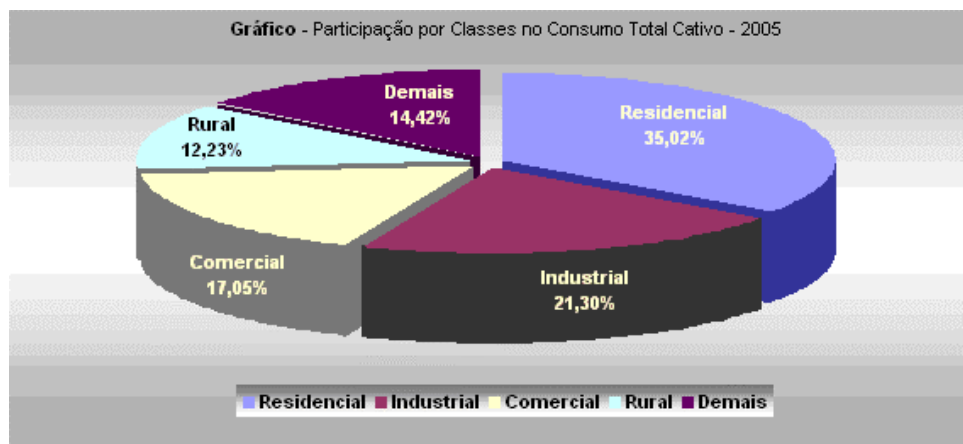


Figura 3: Gráfico da Participação no Consumo de Energia Elétrica, 2005
 FONTE: Diagnóstico de Desempenho Operacional, 2005

Como forma de viabilizar a instalação de um Incinerador de Resíduos Sólidos Urbanos na Região Metropolitana de Goiânia, apresentamos como benefício desse empreendimento, o processo de tratamento de resíduos que diminui o volume desses resíduos em cerca de 90% e o peso a 15%, bem como, diminui a periculosidade desses resíduos. Sendo uma das mais importantes vantagens do seu processo, a co-geração de energia através da incineração desses RSU.

Desta forma para se constatar tal viabilidade, através dos dados obtidos sobre a geração de energia elétrica produzida na incineração de RSU apresentado neste projeto, juntamente com a média anual de consumo de energia das residências da Região Metropolitana de Goiânia, iremos demonstrar por meio de cálculos, a população que poderá ser beneficiada com o abastecimento de energia elétrica produzida pelo incinerador de RSU, sendo assim temos:

- Adotando a produção através da co-geração de energia de um incinerador de RSU → 288.988,75 kWh/ano;
- Adotando a média do consumo de energia elétrica na Região Metropolitana de Goiânia, por consumidor (residência) → 130,20 kWh/ano;
- Adotando a média de habitantes de uma residência igual a 5 pessoas, temos:

$$288.988,75 \text{ kWh/ano} \div 130,20 \text{ kWh/ano} = 2.219,60 \rightarrow \pm \mathbf{2.220 \text{ residências}}$$

$$2.220 \text{ residências} \times 5 \text{ pessoas} = \mathbf{11.100 \text{ habitantes}}$$

Quanto ao estudo das alternativas de locais para a instalação do Incinerador de Resíduos Sólidos Urbanos é um dos principais instrumentos de planejamento ambiental, neste caso, vários fatores devem ser observados para a escolha do local.

Desta forma, foram considerados estudos e levantamentos referentes: ao relevo; os solos; a geologia; águas subterrâneas; vegetação; fauna; uso do solo, quanto a capacidade produtiva da região, o grau de dispersão e/ou concentração da população local, tendências de crescimento demográfico, e principais infra-estruturas viárias e de transportes; elementos singulares, quanto ao patrimônio histórico e cultural; caracterização da área, quanto às diretrizes do Plano Diretor Municipal, e legislação de zoneamento; relações sócio-econômicas, referentes ao valor da terra, distância em relação aos centros urbanos, integração da malha rodoviária, aceitação por parte das entidades governamentais; e finalmente as superfícies ocupadas, quanto a área de entorno do empreendimento, formas e tipos de ocupações, pavimentação e áreas degradadas.

Após a realização dos estudos e de levantamento referentes ao local propício para a instalação do Incinerador de Resíduos Sólidos Urbanos, o qual foi realizado de forma superficial devido à disponibilidade limitada de tempo, de recursos técnicos e financeiros para realização do mesmo. Podemos constatar como alternativa de local favorável para instalação do incinerador, uma área localizada próxima ao Aterro Sanitário e ao Distrito Agroindustrial de Aparecida de Goiânia, que possui como via de acesso a rodovia BR-153, seguindo através da via de acesso principal, recentemente duplicada, da Agencia Prisional (CEPAIGO), e posteriormente seguindo por um trecho de estrada de terra até o local escolhido.

Trata-se de uma área com características rurais, com limites de confrontações a leste, com o Aterro Sanitário de Aparecida de Goiânia, essa demonstrada na Figura 3. Não existe moradores ou presença de qualquer tipo de habitação em sua área, possui topografia levemente inclinada no sentido do Córrego Barreiro, que se encontra a aproximadamente 5 km de distância da área.

Constatou-se também quanto à escolha do local para instalação do incinerador, que a área encontra-se localizada na região sudeste da Região Metropolitana de Goiânia, recebendo contribuições diretas dos municípios localizados nesta região, da qual. Sendo esses, os de maior densidade demográfica e populacional, os quais produzem a maior quantidade de RSU.

Pode-se também considerar que essa é uma região possui grande fluxo de malha viária, e as melhores vias de acesso para transito de veículos pesados, observando que são pistas pavimentadas e quase sempre duplicadas, como por exemplo: o anel viário e a BR-153.



Figura 3: Local de Instalação do Incinerador de RSU (Vias de acesso)
 FONTE: Google Earth

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A incineração de resíduos se mostra como a escolha mais adequada, do ponto de vista da eficiência na conversão energética. Outro aspecto importante desta tecnologia é a sua capacidade de diminuir o volume de resíduos a ser destinado a aterros sanitários, aumentando a vida útil dos já existentes e diminuindo drasticamente a necessidades de aterros futuros.

Além do que, atualmente a incineração possui sistemas tecnologicamente avançado de depuração de gases e de tratamento e recirculação dos líquidos do seu processo, tecnologia essa, que está apta a atender às mais exigentes leis ambientais brasileiras.

O ganho na aplicação deste incinerador deve ser visto também pelo lado social, já que o aterro sanitário, cenário vigente, propicia uma intensa degradação de grandes extensões de área, causando desvalorização das mesmas, bem como problemas de vizinhança, seguido de problemas de saúde pública.

A Região Metropolitana de Goiânia tem o potencial de obter 289 MWh de energia por ano, oriunda de processos de co-geração de energia elétrica. Assim espera-se que com essa tecnologia possa promover uma melhoria de vida da população e venha a ser calcado em bases sociais ambientalmente satisfatórias.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. "Lixo no Brasil - Uma bomba de efeito retardado", Bio, Abril / Junho, 1998.

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, Novembro, 1999.

ABNT - NBR 1265 Dez. 1989, "Incineração de resíduos perigosos - Padrões de Desempenho"

BNDES. "Resíduos Sólidos Urbanos", Informe Infra-Estrutura, n.º 12, Julho, 1997.

CERQUEIRA, L. e Alves, Francisco. "Incineração e Co-Processamento - Alternativa para a gestão de resíduos perigosos", Saneamento Ambiental, n.º 59, Julho / Agosto, 1999.

CETSB - EI.5011 ver. Fev/97 - "Sistema de incineração de resíduos de serviço de saúde - Procedimento".

"Dia-a-Dia" - "Incineração de resíduos é tema de publicação" Saneamento Ambiental n.º 57, Maio / Junho, 1999.

HENRIQUES, Rachel Martins. "Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: Uma abordagem Tecnológica". Disponível em: www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/rachel.pdf . Acesso em: 21 de março de 2006, às 11:00 horas.

LIMA, André X., "Estudo de Viabilidade de uma Usina de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos", Dissertação IEE/EP/IF/USP, 1994.

LIMA, Luiz Mário Queiroz., Tratamento de Lixo, São Paulo, 2ª edição, Hemus Editora, 1991.

MENEZES, Ricardo A., "Projetos e Tratamento por Destruição Térmica (Incineração) de Resíduos Sólidos Urbanos e Especiais - Indicadores Operacionais" - Capítulo do Curso (apostila) "Gestão Integrada de Resíduos Sólidos" - Menezes, Ricardo A e Menezes, Marco Antônio A. - "Considerações sobre o Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (GRS)", Revista Limpeza Pública - ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública, Ed., 53, Outubro, 1999.

MENEZES, Ricardo A. Amaral, Eng., M.S., Ph.D., José Luiz Gerlach, Eng.Mec. e Marco Antônio Menezes, Eng. Mec. ABLP Associação Brasileira de Limpeza Pública "**Estágio Atual da Incineração no Brasil**". VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública 3 a 7 de Abril de 2000, Parque Barigui – Curitiba.

ONU – Organização das Nações Unidas; Centro de Informação das Nações Unidas no Brasil, Agenda 21 – Resumo – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 3 a 14 junho, 1992.