

Potencial energético dos resíduos dos serviços de saúde (rss): perspectivas e propostas

MAZZONETTO, Alexandre Witier
CUNHA, Janaína Rodrigues da
VICENTINI, Mariane

RESUMO

Com a crescente preocupação com o meio ambiente nas últimas décadas, a necessidade da correta destinação de resíduos se torna essencial. A gestão pública de cada município tem a responsabilidade de decidir a melhor forma para a correta destinação de todo e qualquer resíduo. Com o aumento do consumo e a utilização de materiais descartáveis por conta dos princípios corretos de saúde, a quantidade de resíduos dos serviços de saúde (RSS) cresce continuamente. No entanto, o medo e a desinformação causam uma destinação incorreta desses resíduos que, muitas vezes, nem passam por processo de tratamento antes de serem destinados a aterros ou outros meios de disposição final. Este artigo tem o objetivo de apresentar uma nova possibilidade de destinação final para os RSS através da gaseificação, produzindo energia elétrica para o município, gerando renda, abrindo uma nova forma de mercado e garantindo um meio ambiente mais equilibrado. Essa pesquisa tem como meio de estudo os RSS produzidos pelo município de Piracicaba localizado no interior do estado de São Paulo, e que transporta seus RSS para o município de São Bernardo do Campo (Grande São Paulo) para tratamento em microondas. Através de um questionário respondido pela Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente – SEDEMA, responsável pelo destino dos resíduos de saúde e urbanos da cidade, e de uma lista com parte dos gastos de uma UPA, disponibilizada pela Secretaria da Saúde do referido município, foi possível estimar através de cálculos, o poder calorífico de alguns resíduos, concluindo que o município de Piracicaba possui potencial energético para ser aproveitado através do processo de gaseificação.

Palavras-chave: Energia, Gaseificação, Poder calorífico, Potencial energético, Resíduo hospitalar, Resíduos dos serviços de saúde (RSS).

Abstract

With the growing concern for the environment in recent decades, the proper disposal of waste becomes essential and is the responsibility of public officials in each municipality to decide the most proper way for the disposal of any waste. The application of stricter health principles contributes to increased consumption of disposables, multiplying the amount of waste of Health Services (RSS) that – by misinformation - often receive an incorrect destination, without going through proper treatments before to landfills or other disposal means. This article aims to present a new possibility of disposal for the RSS through gasification to produce electricity for the city, generating income, opening new market front, combined with environmental balance. This research had as its object the RSS produced by the city of Piracicaba (located in the state of São Paulo) which RSS is transported to the city of São Bernardo do Campo (São Paulo) for sterilization in microwave before its final destination. Through a questionnaire, answered by the Municipal Secretary of Defense of the Environment - SEDEMA (responsible for the destination of health and municipal waste) and a list of the expenses of a UPA (Emergency Unit) provided by that city Health Department, it was possible to estimate the calorific value of a set of waste. It came to conclude that the Piracicaba's RSS has viable energy potential to apply the gasification process. In the recent decades, the proper disposal of waste has become an essential need due to the growing

concern for the environment. Public administration in each municipality has the constitutional responsibility to establish the proper procedure for waste disposal. In this scenario, the volume of waste of health services (RSS) is growing continuously due to the expansion of the services and due to the use of disposable materials in order to adequate the services to the correct principles of health. However, disinformation and fear of new technologies cause the incorrect disposal of waste to remain, sometimes the waste does not even undergo treatment process before being discarded in landfills or other disposal means. This article aims at presenting a new possibility of disposal for the RSS through gasification, a gas that can be used as input to produce electricity, creating a new market for residues, generating income, while ensuring a more balanced environment. This research had as the object of study – a case study – the RSS produced by the municipality of Piracicaba, a city located in the state of São Paulo, whose RSS waste is currently being shipped to the city of São Bernardo do Campo (State of São Paulo) for treatment by microwave, previously to disposal. Based on a questionnaire answered by the Municipal Secretary of Protection of the Environment - SEDEMA, who is responsible for the decision on the destination of municipality's health and urban waste, and a list of the expenses of an UPA that was made available by the Health Secretariat of the municipality it was possible to make an estimative calculation of the calorific value of certain waste materials, which allows for the conclusion that the municipality of Piracicaba has a considerable energy potential derived from the gasification of the waste that current is destined to sanitary landfills.

Key words: Energy, Gasification, calorific value, energy potential, hospital waste, waste of health services (RSS).

Resumen

Con la creciente preocupación por el medio ambiente en las últimas décadas, la necesidad de una correcta eliminación de los residuos se convierte en esencial. La gestión pública de cada ciudad tiene la responsabilidad de decidir la mejor forma para la correcta eliminación de los residuos. Con el aumento del consumo y el uso de productos desechables, debido a los principios sanitarios, la cantidad de residuos de los servicios de salud (RSS) crece continuamente. Sin embargo, el miedo y la desinformación provocan una eliminación incorrecta de estos residuos que a menudo no se someten a un proceso de tratamiento antes de ir a los vertederos u otros medios de eliminación. Este artículo tiene como objetivo presentar una nueva posibilidad de disposición final para los RSS a través de la gasificación, produciendo energía eléctrica a la ciudad, generando ingresos, abriendo una nueva forma de mercado y garantizando un medio ambiente más equilibrado. Esta investigación tiene como medio de estudio los RSS producidos por la ciudad de Piracicaba situada en el estado de São Paulo, que transporta sus RSS a la ciudad de São Bernardo do Campo (SP) para el tratamiento en microondas. A través de un cuestionario contestado por la Secretaría Municipal de Defensa del Medio Ambiente - SEDEMA, responsable del destino de los residuos de salud y de los residuos urbanos de la ciudad, y de una lista de gastos de un centro de salud, puestos a disposición por el Departamento de Salud de la referida ciudad, fue posible estimar mediante cálculos, el poder calorífico de algunos residuos, concluyendo que la ciudad de Piracicaba tiene potencial energético para ser explotado mediante el proceso de gasificación.

Palabra clave: Energía, Gasificación, poder calorífico, el potencial de la energía, los residuos hospitalarios, residuos de servicios de salud (RSS).

INTRODUÇÃO

Algumas fontes de energia usadas atualmente são grandes produtoras de resíduos, que na maioria das vezes são prejudiciais à saúde e ao ambiente, sendo um problema crescente a geração descontrolada de resíduo (lixo) e seu depósito inadequado. Uma vez gerados, os resíduos devem ser coletados, afastados de sua área de produção e consumo, e destinados a descartes controlados e adequados para que não causem impactos negativos. Assim, há cada vez mais a necessidade de minimização de resíduos e de um sistema de gerenciamento ambiental preventivo, que visa melhorias no processo produtivo; além da conscientização dos poderes públicos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS – Lei 12.305 de 02/08/2010 que altera parte da Lei de Crimes Ambientais) mostrou que, enquanto a geração de resíduos aumentou em 7% de 2009 a 2010, a destinação final adequada, a coleta seletiva e a reciclagem praticamente estacionaram. Segundo o levantamento feito pelo PNRS em 2010, a destinação de resíduos para aterros sanitários atingiu 57,6% de todas as 54,2 milhões de toneladas coletadas no país. Isto se compara com 56,9% das 50,3 milhões de toneladas coletadas em 2009. Ou seja, enquanto a quantidade de resíduos urbanos coletados aumentou 7,7% no período em comparação, a quantidade destinada corretamente aumentou menos de 1% (SPATUZZA, 2011).

Outro tipo de classe de resíduos, que vem causando sérios problemas, são os denominados resíduos dos serviços de saúde (RSS). A quantidade produzida desses resíduos vem crescendo, devido ao uso crescente de materiais descartáveis, definidos pelos padrões atuais de higiene. Há ainda a falta de informação sobre o que fazer com esses resíduos e o baixo investimento público para que esse problema seja resolvido. Isso faz com que esses resíduos sejam esquecidos ou que, simplesmente, haja um zelo excessivo em relação ao que será feito com ele, aumentando os gastos dos recursos financeiros públicos ou privados (NAIME *et al*, 2004; OLIVEIRA, 2002).

Segundo Ferreira (1995, p. 317), resíduos dos serviços de saúde:

São os resíduos produzidos em unidades de saúde, constituídos de lixo comum (papel, restos de jardim, restos de comida de refeitórios e cozinhas, etc.), resíduos infectantes ou de risco biológico (sangue, gaze, curativos, agulhas, etc.) e resíduos especiais (químicos, farmacêuticos e radioativos).

Com a definição de Ferreira (1995), podemos deduzir como pode ser perigosa a disposição inadequada desses resíduos e os potenciais problemas que podem causar ao homem e ao ambiente.

Por fim, essa pesquisa se propôs a contribuir com a discussão dessas problemáticas fornecendo parâmetros e estimativas, de cunho energético, ambiental e econômico (diminuição do depósito dos resíduos dos serviços de saúde e produção de energia), propondo uma alternativa de resolução dessas questões. Para isso este trabalho estimou o potencial energético presente nos RSS através de fórmula

elementar, calcular o poder calorífico, propor um processo que garanta o tratamento sanitário recomendado pela legislação e uma forma de obtenção de energia.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resíduos

Os resíduos são resultados de atividades realizadas pelas comunidades que podem ser classificadas em domiciliar, comercial, público, hospitalar, municipal, industrial e agrícola; além de lodo proveniente de sistemas de tratamento de água e esgoto. (FLORES; PULIDO, 2002). Praticamente todas as atividades humanas geram resíduos, e estes constituem um problema sanitário, diante da enorme e crescente produção de resíduos sólidos nas áreas urbanas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004, p.3) na NBR N° 10004-2004 define resíduo sólido como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Segundo Teixeira (2004) as pessoas se acostumaram a associar a palavra lixo à sujeira e imundície. A palavra lixo é derivada do latim *lix* (cinza) e até o começo da Revolução Industrial esse *lix* era composto basicamente de restos e sobras de alimentos. A partir disso, passou a ser identificado, como todo e qualquer material descartado e rejeitado pela sociedade.

O termo “resíduo hospitalar” foi substituído pela terminologia padronizada pela expressão Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS). Dessa maneira, englobam-se os resíduos produzidos em todos os estabelecimentos que prestam serviços de saúde, como laboratórios, clínicas de veterinária, centro de zoonoses, centros de pesquisa, entre outros (OLIVEIRA, 2002).

Resíduos do Serviço de Saúde (RSS)

Para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004, p. 2) definem-se como geradores de resíduos sólidos da saúde:

Todos os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, dentre outros similares.

De acordo com Garcia e Zanetti-Ramos (2004) as instituições que produzem grandes quantidades de RSS possuem maior consciência da importância do gerenciamento adequado. No entanto, muitas vezes falta infra-estrutura para as pequenas unidades dificultando o gerenciamento correto dos seus resíduos. Destacam também, que parte dos resíduos domiciliares possuem características parecidas com os resíduos do serviço da saúde com a presença de resíduos perfurocortantes, que geralmente são dispostos juntamente com os resíduos domiciliares comuns. Por exemplo, pacientes diabéticos, que apresentam a necessidade de utilizar insulina injetável diariamente além de usuários de drogas injetáveis utilizam esses materiais que a maioria das vezes são dispostos com o lixo comum.

Os resíduos do serviço de saúde ocupam um lugar de destaque, pois merecem atenção especial em todas as suas fases de manejo (segregação, condicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final) em decorrência dos imediatos e graves riscos que podem oferecer, por apresentarem componentes químicos, biológicos e radioativos (ANVISA, 2006).

No Brasil, existem grandes problemas em relação à disposição final dos resíduos sólidos urbanos e dos serviços de saúde, além do gerenciamento ineficiente que se faz atualmente, devido à falta de informações sobre o assunto, impedindo que projetos bem sustentados alcancem melhorias no setor (NAIME *et al*, 2004; FERREIRA, 1995).

As Causas da Grande Produção de RSS

A quantidade gerada de resíduos dos serviços de saúde no Brasil vem crescendo nos últimos anos. Esse crescimento é reflexo de vários fatores, dentre eles a preocupação com o surgimento da epidemia de AIDS na década de 1960. Com isso, surge o fenômeno da descartabilidade e com ele, o aumento do volume de resíduos (NAIME *et al*, 2004).

Outro fator que contribui com o aumento da geração de resíduos do serviço de saúde é a questão do gerenciamento. A partir de um programa de gerenciamento eficiente é possível reduzir drasticamente a quantidade de resíduo produzida. Existem muitas pesquisas que abordam a questão do gerenciamento ineficiente existente no Brasil.

A Tabela 1 mostra dois tipos de gerenciamento. O gerenciamento clássico e o avançado, juntamente com a quantidade em quilos de resíduo considerado perigoso (infectante ou especial) por seus respectivos países. Podemos observar que o Brasil é o país que mais “gera” RSS, por considerar todos os resíduos do serviço de saúde como infectantes ou especiais.

A Gestão Clássica considera todo resíduo vindo de serviço de saúde como contaminado, trazendo uma consequência preconceituosa que induz a negligências com políticas de gestão (NAIME *et al*, 2004).

Ferreira (1995) afirma que:

(...) o enquadramento equivocado de um resíduo na categoria perigoso, pode trazer como consequência custos elevados para o seu gerenciamento, como a utilização de recursos que, numa sociedade onde os mesmos são escassos e as prioridades muitas, poderiam ser melhor aproveitados”.

Muitos autores citam a falta de informação como umas das causas do gerenciamento inadequado e do excesso de zelo existente com o tratamento desses resíduos, devido à falta de conhecimento, que gera o preconceito e conceitos populares (senso comum) equivocados sobre os RSS.

Tabela 1: Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde.

Tipo	Descrição Básica	Kg/leito/dia	Países
Gestão Clássica	A totalidade do RSSS é considerada especial (resíduos de pacientes com infecções virulentas, de pacientes com infecção de transmissão oral-fecal, de pacientes com infecções de transmissões por aerossóis, de resíduos perfurantes ou cortantes, cultivo e reservas de agentes infecciosos, sangue humano e resíduos anatômicos humanos).	1,5 – 2,0	Reino Unido França Bélgica
	A totalidade do RSSS é considerada como infectante (classe A) e como especial (classe B).	1,2 – 3,8	Brasil
Gestão Avançada	Somente uma pequena percentagem dos RSS é considerada infectante e/ou especial.	0,005 – 0,4	Alemanha Holanda Canadá Áustria Suécia

Fonte: Joffre *et al*, 1993, citado por NAIME *et al*, 2004.

Keene (1991 p. 682), citado por Ferreira (1995) mostra que:

“A percepção pública dos riscos associados aos resíduos hospitalares, gerou a promulgação de legislação baseada mais em histeria e motivação política que em fatos científicos”.

Zanon (1991) citado por Oliveira (2002) diz que “não existe relação etiológica entre resíduo sólido (resíduo) e doença microbiana”, e que “a incidência de doenças microbianas não é maior entre as pessoas que manipulam o resíduo do que na população em geral”.

Uma ação que vem juntamente com o gerenciamento adequado, e reduz os índices volumétricos de resíduos é a segregação, que nada mais é do que a separação dos resíduos de acordo com a sua classe pertencente. A NBR 12.809 prevê esta ação como um requisito básico do gerenciamento de resíduos dos serviços de saúde (OLIVEIRA, 2002).

Quando falamos em redução de resíduos, estamos falando em gestões avançadas de gerenciamento, mas também em economia de energia. Oliveira *et al* (2000), diz que quando reduzimos os gastos em materiais ou fazemos a sua reutilização, estamos economizando energia.

O excesso de cuidados com os resíduos dos serviços de saúde (RSS) é desnecessário. Visto que não são apenas os RSS que trazem contaminantes, o lixo domiciliar também traz grandes quantidades de fraldas descartáveis, papel higiênico, lenços de papel e fezes de animais domésticos, que ao pensarmos que todo e qualquer resíduo “gerado” dentro de um estabelecimento de saúde ser considerado contaminante e/ou perigoso, se torna exagero (FERREIRA, 1995).

A preocupação em aproveitar energia de resíduos vem crescendo. Um exemplo é o aproveitamento energético do gás do lixo gerado num aterro na cidade de São Paulo. Esse aterro recebe metade do lixo produzido no município, onde coleta o gás metano (CH₄), por tubulações que quando queimado gera energia elétrica que é integrada à distribuição local de energia pública (FURLAN, 2007).

TIPOS DE PROCESSOS DE DESTINAÇÃO FINAL DE RSS

Incineração

De acordo com Oliveira *et al* (2000) a incineração é definida como: “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”.

Segundo Maranhão (2008) a incineração é uma tecnologia que tem como principal objetivo a redução do volume dos resíduos que pode chegar entre 4 à 10 % do volume total reduzindo a grande problemática de espaço para aterramento. As cinzas resultantes do processo são consideradas subprodutos, pois podem ser aplicadas na fabricação de alguns materiais, como os de construção civil.

Valas Sépticas

O sistema de valas sépticas é uma alternativa muito utilizada no Brasil, principalmente em cidades pequenas para fazer a disposição dos resíduos sólidos dos serviços de saúde, onde esses são colocados em sacos plásticos e depositados em valas. Quando a vala atinge seu limite, é coberta com uma camada de terra de aproximadamente 20 cm, de acordo com Machado e Morais (2003).

Segundo os mesmos autores, a capacidade das valas sépticas variam de acordo com o projeto, mas geralmente apresentam um tempo de operação de 2 anos.

Autoclave

A autoclave é um sistema de tratamento térmico de resíduos que consiste em submeter os resíduos a certas condições de pressão, tempo e temperatura.

Todos os microrganismos e até esporos podem ser mortos pelo calor seco ou úmido, desde que expostos à temperatura adequada. No caso dos esporos as temperaturas devem ser superiores a 100°C (BRASIL, 2001).

Aterros

O aterro sanitário constitui uma forma de disposição final de resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas. São dispostos no aterro, resíduos de vários seguimentos, dentre eles os de serviços de saúde, domiciliares, industriais, comerciais e de construção.

Microondas

O tratamento de RSS a partir da utilização de microondas é uma tecnologia recente e consiste na descontaminação dos resíduos emitindo-se ondas de alta ou baixa frequência com temperatura entre 95 e 105° C (IBAÑEZ, 2010).

Nesse processo os RSS passam por um triturador e são umedecidos com vapor, seguindo para um forno microondas onde recebem vibrações eletromagnéticas que junto com o vapor gera um intenso calor, eliminando os microrganismos presentes (MONTEIRO *et al*, 2001; BRASIL, 2001).

Gaseificação

Sabiá *et al* (2005, p. 3), definem a gaseificação como:

A gaseificação consiste na formação de gases mais simples (CH₄, CO, CO₂ e H₂) a partir do fornecimento de calor, para a desintegração das cadeias poliméricas dos materiais existentes no lixo.

Na gaseificação ocorre o processo de conversão dos combustíveis sólidos em gasosos através de reações termoquímicas juntamente com vapor quente e ar, ou oxigênio, na câmara ou reator de gaseificação. Quando um gás é produzido num reator, esse passa por processos de troca térmica e limpeza para adequar a temperatura e composição química. A eficiência térmica desse processo é superior ao processo de incineração, pois atinge temperaturas mais altas que de um incinerador, além de possibilitar melhor controle da poluição (FURTADO & SERRA, 2009).

O gás resultante desse processo é comumente chamado de Gás de Síntese e pode ser utilizado diretamente para aquecimento, em motores de combustão interna, turbinas, ou distribuído em gasodutos (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

A gaseificação é um processo que compõem várias reações complexas e que ainda não são conhecidas totalmente. Mas, de maneira didática é possível dividir a gaseificação em várias etapas. São elas:

- Etapa de pirólise que acontece em torno dos 600° C;
- Oxidação de uma parte do carbono contido na matéria a ser gaseificada, constituindo a fonte de energia térmica para o processo de volatilização e gaseificação;
- A gaseificação, incluindo uma série de reações entre os gases, o coque residual e o produto já formado;
- Craqueamento do alcatrão, onde este é um processo de destruição das moléculas formadoras do alcatrão, obtendo-se CO, CO₂, CH₄, entre outros;
- Oxidação parcial dos produtos da pirólise.

É interessante saber, que todas essas etapas acontecem simultaneamente em regiões diferentes do gaseificador (CENBIO, 2002).

Os principais tipos de gaseificadores utilizados atualmente são:

- Gaseificador de leito fixo;
- Gaseificador de leito fluidizado ou leito circulante.

Os gaseificadores de leito fixo são os mais utilizados no mundo. Leito fixo significa que o material a ser gaseificado só se move por ação da gravidade. Esse tipo de gaseificador é indicado para converter quantidades pequenas de biomassa, por exemplo (CENBIO, 2002; KINTO *et al.*, 2003).

Atualmente esses gaseificadores são empregados na geração de energia elétrica através de motores de combustão interna com capacidade entre 100kW e 10MW (KINTO *et al.*, 2003).

Segundo o mesmo autor, os gaseificadores de leito fixo, são divididos em dois tipos: o de fluxo ascendente e o de fluxo descendente. Sendo esse último indicado para motores de combustão interna.

Já nos gaseificadores de leito fluidizado, são assim chamados por utilizarem um material como meio fluidizante, que fará o papel de arrastar consigo a biomassa, aumentando o contato dessa com o elemento oxidante, e tendo como resultado o aumento das taxas de reação. Esse tipo de gaseificador é utilizado na conversão termoquímica da turfa, um material vegetal que contém componentes inflamáveis e por isso é utilizado como combustível (KINTO *et al*, 2003).

Leal *et al* (2002) diz que a gaseificação é uma possibilidade de utilizar ciclos combinados de alta eficiência como Rankine e Brayton, utilizando combustíveis sólidos de baixo custo. Com isso, é possível obter a geração integrada de mais de uma forma de energia, a partir de um combustível apenas.

Kinto *et al* (2003), acredita que a geração de energia a partir da gaseificação no Brasil é promissora, por se tratar de um país rico em biomassa. Exemplo disso, é a planta comercial que utiliza resíduos da plantação de arroz para a geração de energia com níveis tecnológicos compatíveis aos países desenvolvidos. Para que essa tecnologia seja mais viável economicamente, os benefícios ambientais e os mecanismos de incentivo devem se internacionalizar para que os custos de investimento e operação se tornem mais viáveis e atrativos.

A Westinghouse Plasma Corporation é a empresa líder na indústria da gaseificação. Entre suas missões, está a de transformar as práticas atuais de gestão de resíduos. Uma de suas plantas, a Yoshiito-Energy mostrou ao governo japonês que era possível obter energia de resíduos de forma confiável e economicamente viável. A partir dessa planta, criaram-se gaseificadores comerciais capazes de processar resíduos de 40 indústrias diferentes. A Inglaterra comprou um reator de gaseificação, com capacidade diária de processamento de 1000 toneladas por dia de resíduos (WESTINGHOUSE PLASMA CORP., 2012).

Atualmente, a tecnologia de gaseificação é utilizada globalmente no processamento de resíduos urbanos, perigosos e lodo de esgoto. Esses gaseificadores podem ser encontrados na Grã-Bretanha, China, Índia, Japão e EUA.

Os benefícios não são somente econômicos, eles são associados a maior eficiência, produtos de maior valor final e benefícios ambientais (WESTINGHOUSE PLASMA CORP., 2012).

Pirólise

A pirólise é um processo que antecede a gaseificação, e é geralmente utilizada para a produção de combustível líquido, usado em motores, produtos químicos e adesivos, por exemplo. Nesse processo, há a produção de gases e sólidos advindos da matéria prima utilizada. Objetivamente, a pirólise é um processo que degrada termicamente um material sem a adição de ar ou oxigênio (FURLAN, 2007).

Primariamente, a pirólise tinha como objetivo a produção de carvão vegetal, que para tanto necessita de baixa velocidade de aquecimento e temperatura. Desse processo, tem-se como subprodutos o metanol, o ácido acético, aldeídos e cetonas (SÁNCHEZ & CAMPO, 2003).

NOVAS TECNOLOGIAS

Quintanilha (2007) citado por Dmitrijevas (2010, p. 3) afirma que:

(...) algumas inovações são excelentes no desenvolvimento de ideias, mas pecam na viabilidade econômica dos projetos. Uma nova tecnologia somente será viável se os benefícios advindos impactarem de forma positiva nos custos de uma determinada operação ou, ainda, se a legislação impuser mudanças que a viabilizem. Se uma tecnologia nova representa uma melhoria ambiental, mas o seu custo é alto, ela estará fadada ao fracasso. A maior parte do mercado fará o discurso da melhoria contínua, mas optará pela solução de menor custo e que atendam a legislação.

Através dessa afirmação, é possível ver uma correlação com o conceito de ecoeficiência, que é definido pela WBCSD (2000) citado por Dmitrijevas (2010, p. 6) como:

(...) a oferta de bens e serviços a preços competitivos que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, até atingirem um nível que, pelo menos, respeite a capacidade de sustentação estimada para o planeta Terra.

O Plano Nacional de Energia 2030 mostra que o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos apresentam várias vantagens socioambientais, havendo um significativo interesse na viabilização do seu aproveitamento energético. Tecnologias maduras já existem para a produção de energia elétrica a partir de RSU (DMITRIJEVAS, 2010).

Oliveira citado por Teixeira (2004, p. 2) cita algumas rotas que poderiam ser utilizadas para o aproveitamento energético do lixo. Seriam elas:

- A utilização do poder calorífico do lixo por meio da queima direta ou da gaseificação;
- O aproveitamento calorífico do biogás ou GDL;
- A produção de um combustível sólido a partir dos restos alimentares como “a celulignina, para ser queimada em caldeiras e mover turbinas a vapor ou um combustor externo e mover turbinas a gás – sendo possível o aproveitamento do ciclo combinado”.

Furtado e Serra (2009) mostram que de maneira geral, as tecnologias que têm sido consideradas no aproveitamento energético dos RSU (o que acreditamos também, poderemos considerar para os RSS), se dividem em dois grupos:

- Processos que tem como resultado a produção de gases a partir da decomposição da matéria orgânica; e,
- Os processos termoquímicos de tratamento direto dos RSU ou de fração deles.

No primeiro grupo podemos verificar que se trata da tecnologia de produção do gás do lixo (GDL), ou biogás. No segundo grupo, compreendem as tecnologias de Incineração, Pirólise, Gaseificação, Tecnologia BEM e Plasma Térmico.

Em ambos os casos, esses processos compreendem em produzir gases e vapores energéticos ou não, podendo ser acopladas em sistemas termoelétricos convencionais de geração de energia.

A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático das tecnologias que podem ser utilizadas no aproveitamento energético de RSU.

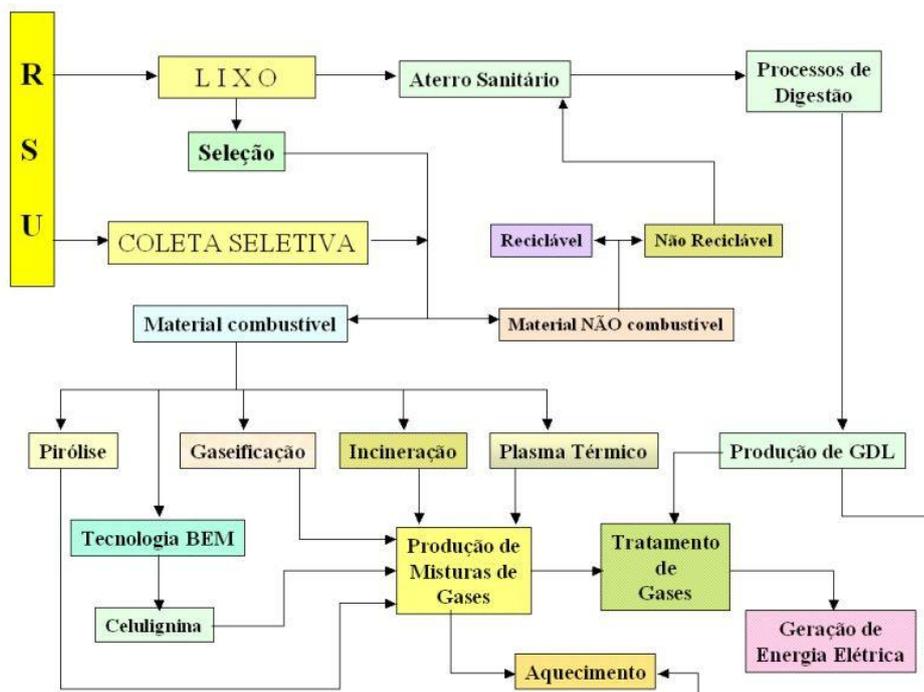


Figura 1: Rotas Tecnológicas para Aproveitamento Energético de RSU

Fonte: FURTADO; SERRA, 2009.

MATERIAS E MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa foram enviados e-mails e realizados contatos telefônicos para 3 hospitais, 2 empresas de coleta de RSS, Secretaria de Saúde de Piracicaba, Secretaria de Defesa do Meio

Ambiente de Piracicaba, além de 12 empresas fabricantes de produtos médico-hospitalares, na tentativa da obtenção de dados que possibilitassem a realização dessa pesquisa.

Nos e-mails, foi enviado o questionário abaixo, com apenas algumas adaptações, dependendo do tipo de estabelecimento: hospital ou empresa de coleta.

O questionário foi elaborado na tentativa de levantar informações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho, como a quantidade de lixo produzida e se esses resíduos passam por algum processo de tratamento.

Questionário

1. Qual a quantidade de lixo hospitalar recolhida?
2. O lixo hospitalar coletado é enviado para onde? Quem faz essa coleta?
3. O lixo hospitalar coletado recebe algum tipo de tratamento? Qual?
4. É feita alguma separação, classificação ou caracterização desse lixo?
5. Sabe-se quanto de metal, plástico, papel, restos orgânicos, vidro, etc, possui o lixo hospitalar?
6. Existe algum projeto de modificação do atual sistema ou gerenciamento, visando o aproveitamento de energia ou a redução da produção de lixo hospitalar?
7. O referido estabelecimento possui alguma biblioteca, artigos, publicações, livros, ou algum material de estudo disponível para a utilização ou para envio?
8. Existe mais alguma informação ou dado que julgue importante e poderia nos passar?

Fonte: Autoras.

Para os fabricantes, foram pedidas através de e-mails, composições químicas e elementares dos materiais que foram selecionados como seringas, esparadrapos e agulhas, para a realização dos cálculos de Dulong e Mendeleev.

A Secretaria de Saúde de Piracicaba nos disponibilizou uma lista com parte dos gastos anuais de uma das UPA's da cidade.

Sendo assim, a cidade foco do estudo é Piracicaba. Uma cidade de médio porte localizada no interior do estado de São Paulo à 170 km da capital e possui 4 UPA's – Unidades de Pronto Atendimento localizadas nos bairros: Vila Rezende, Vila Cristina, Piracicamirim e Vila Sônia. Essas unidades fazem atendimento de urgência e SADT – Serviço de Atendimento as Doenças Transmissíveis. As 4 UPA's prestam em média 267 atendimentos por dia. Em 2011, essas unidades realizaram no total 389.729 atendimentos médicos. A quantidade de médicos trabalhando nas 4 UPA's varia de 13 a 30 médicos por unidade. Já o número de funcionários varia de 31 a 59 funcionários por unidade (IPPLAP, 2012; BRASIL, 2012).

A lista com parte dos materiais utilizados anualmente por uma UPA – Unidade de Pronto Atendimento, foi fornecida pelo Almoxarifado da Secretaria de Saúde da Prefeitura Municipal de Piracicaba – SP. A utilização dos dados e quantidades de materiais comprados, e não a utilização dos dados e quantidades de materiais já utilizados (lixo), se deu pela falta de dados disponíveis e existentes tanto nos hospitais quanto nos órgãos de coleta e de destinação final dos RSS. Ou seja, como não há separação dos RSS, não se sabe quanto de seringas, algodão, agulhas, etc., há no lixo de determinado estabelecimento, ou aterro sanitário por exemplo. Um dos motivos já apresentados em revisão é o tipo de gestão empregada nos estabelecimentos de saúde no Brasil.

A única opção, para se saber a quantidade de cada material que está presente nos RSS, é pela entrada. Ou seja, a compra dos materiais que posteriormente virarão resíduos.

Sendo assim, a lista que nos foi disponibilizada, possui 253 itens e representa parte dos gastos anuais de uma UPA. Para essa pesquisa, selecionamos 16 itens com base nos critérios de: maiores quantidades consumidas, facilidade na obtenção de suas composições e aposta nos itens que possuíssem maior poder calorífico.

A partir dessa seleção, pesquisou-se as composições e fórmulas moleculares de cada item em literatura, para posteriormente utilizar esses dados nas fórmulas apresentadas a seguir, de Dulong e Mendeleev para quantificação do poder calorífico que cada material possui.

As fórmulas de Dulong e Mendeleev são consideradas como fórmulas elementares e foram escolhidas, pois são as únicas maneiras de se estimar teoricamente o poder calorífico de um material através apenas de sua composição elementar.

Seguem as Equações 1 e 2 de Dulong e Mendeleev utilizadas para a obtenção dos poderes caloríficos dos materiais apresentados.

Equação 1: Equação de DULONG.

$$PCS = 34,00.C + 144,00.[H - (O/8)] + 10,50.S$$

$$PCI = PCS - 2,43.w$$

$$w = 9.H + u$$

Onde:

PCS = Poder Calorífico Superior [MJ]/kg]

PCI = Poder Calorífico Inferior [MJ]/kg]

C= Fração mássica de carbono na amostra

H = Fração mássica de hidrogênio na amostra

O = Fração mássica de oxigênio na amostra

S = Fração mássica de enxofre na amostra

u = Fração de umidade

w = Água na combustão.

Equação 2: Equação de MENDELEEV.

$$PCI = 339 \%C + 1030 \%H - 109 (\%O - \%S) - 24 W$$

Onde:

PCI = Poder calorífico inferior (MJ/kg)

C = percentual de carbono no material [%]

H = Teor de hidrogênio [kg C/ kg combustível]

O = Teor de oxigênio [%]

S = Teor de enxofre [%]

W = Umidade [%]

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de entrarmos em contato com 3 hospitais, 2 empresas de coleta de RSS e 12 empresas fabricantes de produtos médico-hospitalares solicitando dados, informações e composições químicas e elementares dos 16 produtos selecionados, nenhuma delas forneceu qualquer dado ou informação. Sendo assim, a obtenção dessas composições para o andamento da pesquisa, foram obtidas através de revisão em literatura.

A Tabela 2 a seguir mostra a relação dos materiais selecionados, suas composições, fórmulas moleculares e teores de umidade.

Nessa tabela encontram-se apenas os dados que foram selecionados de uma série de dados encontrados para cada composto, além das composições de cada material.

Tabela 2: Relação dos Materiais Selecionados.

Material	Composição	Fórmula Molecular	Teor de umidade	Fonte	Data
Aglhas	Inox	C, Mn, Si, P, S, Cr, Ni	0	http://www.elinox.com.br/aco-inox/composicao-quimica-e-propriedade-mecanica	26/9/2012
	Aço carbono	C, Mn, P, S	0	ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM343/07catalogo_acos_gerdau.pdf	26/9/2012
Algodão	Celulose	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	8%	http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3255/1/Tese.pdf	19/9/2012
Atadura de crepe	Celulose	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	8%	http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3255/1/Tese.pdf	19/9/2012
Caixa coletora	Celulose	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	8%	http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3255/1/Tese.pdf	19/9/2012
Canhão da agulha	Polipropileno	(C ₃ H ₆) _x	0	http://pt.wikipedia.org/wiki/Polipropileno	14/9/2012
Colchão	Espuma de poliuretano	(C ₁₇ H ₁₆ O ₄ N ₂) _n	0	http://pt.wikipedia.org/wiki/Poliuretano	17/9/2012
Compr. Gaze	Celulose	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	8%	http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3255/1/Tese.pdf	19/9/2012
Copo plástico	Poliestireno	(C ₈ H ₈) _n	0	http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/mylinks/viewcat.php?cid=16&min=800&orderby=titleA&show=10	18/9/2012
Esparadrapo	Algodão com resina acrílica	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n ; (C ₅ O ₂ H ₈) _n	8%; 0%	http://biblioteca.univap.br/dados/000000/00000081.pdf	21/9/2012
Lâmina de bisturi	Inox	C, Mn, Si, P, S, Cr, Ni	0	http://www.elinox.com.br/aco-inox/composicao-quimica-e-propriedade-mecanica	26/9/2012
	Aço carbono	C, Mn, P, S	0	ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM343/07catalogo_acos_gerdau.pdf	26/9/2012
Luva Cirúrgica	Látex	(C ₅ H ₈) _n	0	http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Hugo%20David%20Chirinos%20Collantes_M.pdf	21/9/2012
Papel Grau envelope	Polipropileno e poliéster	(C ₃ H ₆) _x e (C ₁₀ H ₂₂ O ₁₀) _n	0	http://alkimia.tripod.com/corantes.htm	14/9/2012
Saco de lixo	Poliétileno linear	(C ₂ H ₄) _n	0	http://www.scielo.br/pdf/po/v13n1/15064.pdf	19/9/2012
Seringa	Polipropileno	(C ₃ H ₆) _x	0	http://www.fem.unicamp.br/~caram/8.%20MATERIAIS%20POLIMERICOS%20GRAD.pdf	19/9/2012
Travesseiro	Espuma de poliuretano	-[OC-HN-R1-NH-COO-R2-O] _n	0	http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n8/v32n8a11.pdf	18/9/2012
Vasilha em isopor	Poliestireno expandido	(C ₈ H ₈) _n	0	http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/mylinks/viewcat.php?cid=16&min=800&orderby=titleA&show=10	18/9/2012

Fonte: Autoras

Depois de selecionados os materiais, pesquisado suas composições químicas e elementares, calculou-se os poderes caloríficos pelas fórmulas já apresentadas de Dulong e Mendeleev. A Tabela 3 mostra os valores utilizados nas fórmulas com as quantidades de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e umidade presentes nos materiais.

A partir de Dulong é possível calcular os poderes caloríficos inferior (PCI) e superior (PCS). Já a partir de Mendeleev, é possível calcular apenas o poder calorífico inferior.

Como se pode observar os metais, ou seja, os itens Agulhas e Lâminas de Bisturi não aparecem nessa tabela. Isso se deu porque suas composições (inox e aço carbono) não liberam energia em um processo de combustão para obtenção de energia utilizando como matéria prima RSS ou RSU. Esse fato se dá, pois os níveis de temperatura que uma combustão atinge, são muito baixos para que esses materiais que são compostos de vários tipos de metais se fundam e liberem alguma energia. Por isso, esses metais irão contribuir de outra forma no processo de obtenção de energia, eles serão reciclados depois de tratados em equipamentos de tratamento térmico, atingindo as temperaturas exigidas pela legislação para o extermínio de qualquer ameaça biológica.

Como se sabe, os metais podem ser 100% reciclados. Os vários tipos de metais presentes no aço inox e no carbono, podem ser separados atingindo os níveis de temperatura de fundição de cada metal. Com isso, é possível sua reutilização para diferentes áreas e materiais.

Tabela 3: Poder Calorífico dos Materiais Selecionados, a partir das Fórmulas de Dulong e Mendeleev.

Materiais/Compo sição elementar	C %	H %	O %	N %	S %	Umidade %	Dulong PCI (MJ/kg)	Dulong PCS (MJ/kg)	Mendele ev PCI (MJ/kg)
Algodão	6	10	5	0	0	8	13,1586	15,54	11,597
Atadura de crepe	6	10	5	0	0	8	13,1586	15,54	11,597
Caixa coletora	6	10	5	0	0	8	13,1586	15,54	11,597
Canhão da agulha	3	6	0	0	0	0	8,3478	9,66	7,197
Colchão	17	16	4	2	0	0	24,6008	28,1	21,807
Compr. Gaze	6	10	5	0	0	8	13,1586	15,54	11,597
Copo plástico	8	8	0	0	0	0	12,490	14,24	10,952
Esparadrapo (Celulose)	6	10	5	0	0	8	13,1586	15,54	11,597
Esparadrapo (Resina Acrílica)	5	8	2	0	0	0	11,1104	12,86	9,717
Luva Cirúrgica	5	8	0	0	0	0	11,4704	13,22	9,935
Papel Grau Envelope (Polipropileno)	3	6	0	0	0	0	8,3478	9,66	7,197
Papel Grau Envelope (Poliéster)	10	8	4	0	0	0	12,4504	14,2	11,194
Saco de lixo	2	4	0	0	0	0	5,5652	6,44	4,798
Seringa	3	6	0	0	0	0	8,3478	9,66	7,197
Travesseiro	17	16	4	2	0	0	24,6008	28,1	21,807
Vasilha em isopor	8	8	0	0	0	0	12,494	14,24	10,952

Fonte: Autores.

A Tabela 4 mostra uma comparação entre os PCI dos materiais selecionados e de três biomassas: bagaço de cana-de-açúcar, pinus e serragem de *eucaliptos*.

Pode-se observar a proximidade dos PCI de Dulong e Mendeleev. A diferença fica entre 0,77 – 2,8 MJ/kg. Em comparação com as biomassas apresentadas, à uma grande proximidade com os valores dos PCI dos materiais. Alguns chegam a ultrapassar os valores das biomassas, como é o caso do Colchão e o Papel Grau Envelope. Os materiais que apresentaram os menores PCI foram o Canhão da Agulha, a Seringa e o Saco de Lixo. Mesmo assim são valores significativos de energia, ainda mais quando levados em conta pelas quantidades consumidas desses materiais. Nessa comparação, podemos dizer que esses materiais competem de forma significativa com as biomassas, em termos de quantidades de energia que podem ser aproveitadas.

Essa tabela também apresenta a média dos PCI de cada material, a partir dos resultados obtidos pelas fórmulas de Dulong e Mendeleev. A última coluna apresenta os resultados da transformação da média dos PCI em MJ/kg para KJ/kg.

Essa conversão de MJ/kg em kJ/kg, se deu para melhor visualização e facilitar os próximos cálculos, para convertê-los em energia.

A conversão de MJ/kg em kJ/kg foi feita, considerando que 1MJ é igual a 1000 kJ.

A Tabela 5 mostra a média das quantidades de energia em kJ/kg de cada material selecionado, também já apresentadas na tabela anterior. E a potência em kW.h que geraria cada kg do material selecionado.

Pode-se observar que os materiais consumidos em maior quantidade anualmente são as agulhas juntamente com o canhão da agulha, em seguida as seringas e os copos plásticos respectivamente. Mas apesar da grande quantidade consumida, os materiais que apresentam maior poder calorífico e conseqüentemente maior potencia são o colchão, juntamente com o travesseiro e em seguida o esparadrapo. Isso mostra que não são necessárias grandes quantidades de materiais para se produzir grandes quantidades de energia. O que realmente conta, é a composição química do material. Provando mais uma vez o grande potencial energético que os RSS possuem.

Na Tabela 6, foi selecionado os valores de PCI mínimo, médio e máximo obtidos pelas fórmulas de Dulong e Mendeleev, para se ter uma noção da quantidade mínima, média e máxima em reais que se pode obter a partir dos materiais selecionados.

Utilizando a mesma conversão de que 1kW.h é igual a 3.600kJ/kg, transformou-se os PCI mínimo, médio e máximo de Dulong e Mendeleev de MJ/kg em kJ/kg e posteriormente em kW.h. A partir do resultado, multiplicou-se os valores pelo preço médio do kW.h pago pela CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz que opera na cidade de Piracicaba, obtendo-se os valores mínimo, médio e máximo em reais pago pelos kW.h gerados. A partir disso, utilizou-se o valor de 76 toneladas produzidas de RSS por mês da cidade de Piracicaba, obtido através do questionário respondido pela SEDEMA. Multiplicando-se os valores mínimo, médio e máximo em reais pelas 76 toneladas produzidas por mês, obtendo-se os valores em reais que essa quantidade de RSS geraria por mês. Ou seja, se obteria de no mínimo R\$ 33.426,62 (Mendeleev) a R\$ 171.386,68 (Dulong) por mês apenas com os RSS produzidos na cidade.

Tabela 4: Comparação entre os PCI dos Materiais Selecionados e 3 Biomassas: Bagaço de cana-de-açúcar, Pinus e Serragem de *Eucaliptus*.

Materiais selecionados/ Biomassa	PCI (MJ/kg) (Dulong)	PCI (MJ/kg) (Mendeleev)	Média dos PCI (MJ/kg)	KJ/kg
Algodão	13,1586	11,597	12,3778	12377,8
Atadura de crepe	13,1586	11,597	12,3778	12377,8
Caixa coletora	13,1586	11,597	12,3778	12377,8
Canhão da agulha	8,3478	7,197	7,7724	7772,4
Colchão	24,6008	21,807	23,2039	23203,9
Compr. Gaze	13,1586	11,597	12,3778	12377,8
Copo plástico	12,490	10,952	11,7212	11721,2
Esparadrapo (Celulose, Resina Acrílica)	24,269	21,314	22,7915	22791,5
Luva Cirúrgica	11,4704	9,935	10,7027	10702,7
Papel Grau Envelope (Polipropileno, Poliéster)	20,7982	18,391	19,5946	19594,6
Saco de lixo	5,5652	4,798	5,1816	5181,6
Seringa	8,3478	7,197	7,7724	7772,4
Travesseiro	24,6008	21,807	23,2039	23203,9
Vasilha em isopor	12,494	10,952	11,7212	11721,2
Bagaço de Cana-de-açúcar		19,33		19330
Pinus		18,71		18710
Serragem de Eucaliptos		14,10		14100

Fonte: adaptado de Vissotto, *et al.*, 2012 (biomossas).

Tabela 5: Energia e Potência dos Materiais Selecionados.

Produto	Quantidades Anuais	Energia kJ/kg	Potência kW.h
Agulha (vários tamanhos)	228.434 unid.	--	--
Algodão (pct c/500g)	602 pct	12377,8	3,4383
Atadura de crepe (vários tamanhos de rolo)	8.436 rolos	12377,8	3,4383
Caixa coletora 13L	1.750 unid.	12377,8	3,4383
Canhão da agulha (vários tamanhos)	228.434 unid.	7772,4	2,159
Colchão (1,88X0,88)	17 unid.	23203,9	6,4455
Compr. Gaze (pct c/ 10 unid.)	26.640 pcts	12377,8	3,4383
Copo plástico (180 ml)	135.000 unid.	11721,2	3,2559
Espardrapo (12,7X44,45mm)	17 caixas	22791,5	6,331
Lâmina de bisturi (vários tamanhos)	1.300 unid.	--	--
Luva Cirúrgica (vários tamanhos)	3.600 pares	10702,7	2,973
Papel Grau Envelope (vários tamanhos)	6.700 unid.	19594,6	5,4429
Saco de lixo (preto e branco)	45.700 unid.	5181,6	1,4393
Seringa (vários tamanhos)	169.620 unid.	7772,4	2,159
Travesseiro (45X65)	100 unid.	23203,9	6,4455
Vasilha em isopor 1300ml	10.000 unid.	11721,2	3,2559

Fonte: Autores.

A conversão de KJ/kg em KW.h foi feita, considerando que 1kW.h é igual a 3.600kJ/kg.

Tabela 6: Comparação entre os PCI dos materiais e o preço do kW.h.

Dulong – PCI (MJ/kg)	KW/h	Preço do KW/h (R\$)	R\$/kg	Qtd Produzida /Mês	Valor gerado (R\$)/mês
Mínimo	5,5652	1,5459	0,510147		38.771,17
Médio	14,6868	4,0797	Médio 0,33 1,346301	76 Toneladas	102.318,87
Máximo	24,6008	6,8336	2,255088		171.386,68
Mendelev – PCI (MJ/kg)	KW/h	Preço do KW/h (R\$)	R\$/kg	Qtd Produzida /Mês	Valor gerado (R\$)/mês
Mínimo	4,798	1,3328	0,439824		33.426,62
Médio	12,9098	3,5861	Médio 0,33 1,183413	76 Toneladas	89.939,38
Máximo	21,807	6,0575	1,998975		151.922,10

Fonte: Autores.

A Tabela 7 é para fins de comparação. Leme, 2010 fez um estudo e mostra que a grande maioria dos sistemas instalados de produção de energia a partir de RSU gera de 0,4 a 0,95 MW.h/t. Mas que essa geração dependerá fortemente do poder calorífico do material processado, como mostrado nos resultados anteriores.

Tabela 7: Valor gerado em MW.h/t de uma usina em estudo.

Taxas de conversão	MW.h/t	Preço do MW.h	Valor gerado em R\$
Mínimo	0,4		132,00
Máximo	0,95	330,00	313,50

Fonte: Autores.

Em relação aos contatos feitos com os fabricantes, hospitais e empresas de coleta, apenas a SEDEMA – Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente, que é o órgão responsável pelo destino dos resíduos urbanos e hospitalares da cidade de Piracicaba respondeu o questionário apresentado.

Resumindo, os únicos dados que foram enviados para a realização dessa pesquisa, foram: o questionário respondido pela SEDEMA e a lista com parte dos gastos de uma UPA que o Almojarifado da Secretaria da Saúde de Piracicaba nos forneceu. Todas as outras empresas e hospitais contatados, não responderam ou negaram qualquer tipo de informação.

A partir do questionário respondido pela SEDEMA, podemos ver que a gestão clássica é o tipo de gestão que se utiliza na cidade atualmente, e que não há previsão de mudanças. Observa-se também que o transporte dos RSS até São Bernardo do Campo para tratamento em microrondas deve ter um alto custo, que poderia ser diminuído com a utilização da energia presente nos RSS pela gaseificação. Outra questão, é que não há a separação dos RSS, o que seria difícil reciclar os metais, como foi citado anteriormente. Sendo assim, mudanças no gerenciamento seriam importantes para o sucesso do processo apresentado.

A escolha pela utilização de fórmula elementar para a obtenção do poder calorífico dos materiais, ao invés de análises elementares se deu para que não houvesse contaminação na manipulação dos RSS, além de não haver financiamento para a compra de materiais. Já que não recebemos respostas dos hospitais, que dirá fornecimento de amostras, além de indisponibilidade de bomba calorimétrica.

Esse é um trabalho investigativo teórico que acredita que com a mudança da legislação do Código Ambiental feita pelo CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, seja possível a criação de um novo mercado. Atualmente existe uma legislação que impede o uso do calor proveniente da queima dos resíduos dos serviços de saúde. É uma lei menos técnica e mais política, pois não há justificativas, já que os níveis atingidos de temperatura no processo de gaseificação cumprem os níveis mínimos de temperatura exigidos para o total extermínio de qualquer tipo de atividade viral e microbiana que venha causar algum perigo à vida humana.

Com a mudança dessa legislação, um novo mercado de geração de energia a partir de RSS, utilizando o processo de gaseificação aqui já apresentado, possam ser alternativas possíveis para os próximos anos. Já que os municípios, o estado e o país “enterram” literalmente milhões de reais em RSS que poderiam ser facilmente transformados em energia.

Esse trabalho não está focado em falar sobre os custos que a gaseificação pode ter, mas sim de uma nova alternativa de produção de energia acompanhada da resolução de um problema sanitário com baixo impacto ambiental.

Mesmo assim, o exemplo apresentado da Westinghouse Plasma Corporation mostra que a implantação de vários gaseificadores comerciais em várias partes do mundo, com alta capacidade de processamento, deixa claro que os benefícios não são apenas ambientais. São economicamente viáveis, associados à alta eficiência energética e produtos finais de alto valor agregado.

CONCLUSÃO

Assim, com uma mudança de pensamento com relação aos resíduos sólidos (como a própria intenção do governo brasileiro na Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei 12.305 de 02/08/2010), com uma preocupação maior com o meio ambiente e a necessidade cada vez maior de empresas e organizações se inserirem nos programas de Gestão Ambiental (ISO 14001); se requer urgentemente novas medidas de geração de energia e de pesquisas tecnológicas que atendam essa necessidade global.

Os resultados do trabalho mostram o potencial de energia de maior valor foi obtido através do colchão e do travesseiro que chegou a 23203,9 kJ/kg e o menor o do saco de lixo com 5181,6 kJ/kg, já com relação a de geração de renda o valor mínimo foi de R\$ 33.426,62 (Mendeleev) e o máximo de R\$ 171.386,68 (Dulong) produzidos com as 76 toneladas coletadas mensalmente na cidade.

A gaseificação é uma excelente forma para se aproveitar a energia dos RSS, gerando receita para a cidade, cumprindo a PNRS, oferecendo o tratamento térmico necessário ao resíduo e garantindo um meio ambiente saudável. Com as mudanças recentes na legislação ambiental, a gaseificação oferece uma forma de tratamento ao RSS e gera um gás combustível.

A geração de energia utilizando-se resíduos é importante para o meio ambiente e para o desenvolvimento econômico e social de qualquer país, além de tornar desnecessária grandes áreas para aterros sanitários próximos a grandes centros urbanos.

Agradecemos à Secretaria de Saúde de Piracicaba o apoio a este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004 - **Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro. 2004. 77p. disponível em: <http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2011

bioenergia em revista: diálogos, ano 6, n. 1, p. 85-110, jan./jun. 2016.

MAZZONETTO, Alexandre Witier; CUNHA, Janaína Rodrigues da; VICENTINI, Mariane
Potencial energético dos resíduos dos serviços de saúde (rss): perspectivas e propostas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde**. DF, 2006. disponível em:
http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_gerenciamento_residuos.pdf. Acesso em 23 Jan. 2012

BRASIL, Ministério da Saúde. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília; MS, 2001. p. 120. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/Manual_RSS_Parte3.pdf. Acesso em: 13 mar 2012.

BRASIL, Ministério da Saúde. **CNES – Cadastro Nacional de Estabelecimentos da Saúde**. Brasília; MS, 2012. Disponível em: <http://cnes.datasus.gov.br>. Acesso em: 11 out 2012.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Matriz Energética Nacional 2030**; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília; MME: EPE, 2007. p. 254:Il. Disponível em:
http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/matriz_energetica_nacional_2030/MatrizEnergeticaNacional2030.pdf. Acesso em: 20 out. 2011.

CENBIO, Centro Nacional de Referência em Biomassa. Comparação entre Tecnologias de Gaseificação de Biomassa Existentes no Brasil e no Exterior e Formação de Recursos Humanos na Região Norte. **Estado da Arte da Gaseificação**. São Paulo, 2002. Disponível em:
cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/Estado_da_Arte.pdf. Acesso em: 09 ago 2012.

DMITRIJEVAS, C. **Análise de Ecoeficiência de Técnicas para Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2010. p. 131. Disponível em:
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-02082011-091654/pt-br.php>. Acesso em: 19 mar 2011.

FERREIRA, J. A. Resíduos sólidos e lixo hospitalar: uma discussão ética. **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, 11 (2): 314-320, Abr/Jun, 1995. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/csp/v11n2/v11n2a14.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.

FLORES, L. L. C.; PULIDO, A. C. **Problemas Ambientais Causados Pelos Resíduos Sólidos Urbanos**. Est. Pesquisa, Lins, v. 3, n.1, maio de 2002. Disponível em:
<http://revista.unilins.edu.br/index.php/ep/article/view/63/65>. Acesso em: 10 nov. 2011.

FURLAN, W. **Modelo de Decisão para Escolha de Tecnologia para o Tratamento de Resíduos Sólidos no Âmbito de um Município**. Tese de Doutorado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – FEA. Programa de Pós-Graduação em Administração – PPGA. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2007. p. 258. Disponível em:
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-20102007-161243/pt-br.php>>. Acesso em: 19 mar 2011.

FURTADO, J.G.M.; SERRA, E.T. Avaliação Tecnológica Sobre a Geração de Energia Elétrica a partir de Resíduos Sólidos Urbanos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 20., 2009, Recife – PE. Resumos... Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, 2009. P. 8. Disponível em:
http://www.xxiiisnptee.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=8. Acesso em: 09 ago 2012.

GARCIA, L. P.; ZANETTI-RAMOS, B.G. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. **Caderno de saúde pública**. Rio de Janeiro. Maio/junho de 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v20n3/11.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2012.

bioenergia em revista: diálogos, ano 6, n. 1, p. 85-110, jan./jun. 2016.

MAZZONETTO, Alexandre Witier; CUNHA, Janaína Rodrigues da; VICENTINI, Mariane
Potencial energético dos resíduos dos serviços de saúde (rss): perspectivas e propostas

IBAÑEZ, Wendy Alessis Rocha de Gimenez. **Viabilidade da Autoclavagem para Tratamento dos Resíduos de Serviço de Saúde em Foz do Iguaçu - PR.** 2010. P. 77. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, União Dinâmica de Faculdade Cataratas, Foz do Iguaçu, 2010. Disponível em: <<http://www.udc.edu.br/monografia/monoamb99.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2012.

IPPLAP – Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba. **Atendimento Médico por Pronto-Socorro do Município de Piracicaba - 1999 a 2012.** Piracicaba – SP. 2012. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/docs/Atendimento%20Medico%20por%20Pronto%20Socorro%20-%202012.pdf>. Acesso em: 14 out. 2012.

KINTO, O. T.; GRIMONI, J. A. B.; GALVÃO, L. C. R.; UDAETA, M. E. M. Energia da Gaseificação de Biomassa como Opção Energética de Desenvolvimento Limpo. In: 5th latin-American Congress: Electricity Generation and Transmission, 2003, São Pedro - SP. P.1-8. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0097.pdf>. Acesso em: 09 ago 2012.

LEAL, M. R. L. V.; LAMÔNICA, H. M. Gaseificação: Chegou a Hora? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CANA E ENERGIA, 2. Copersucar. Ribeirão Preto, 2002. Disponível em: http://www.inee.org.br/down_loads/eventos/Gaseifica.pdf. Acesso em: 09 ago 2012.

MACHADO, N. L.; MORAES, L. R. S. RSSS: Revisitando as soluções adotadas no Brasil para tratamento e destino final. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.** Bahia, v. 9, n. 1, p. 55-64, jan./mar 2003. P. 55-64. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes/v9n1/p55a64.pdf>. Acesso em: 25 jan 2012.

MARANHO, Alexander da Silva. **Potencial de Geração de Energia Elétrica a Partir de Resíduos Sólidos Urbanos Para Bauru e Região.** Dissertação apresentada. Faculdade de Engenharia da UNESP – SP, 2008. 107 p. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bba/33004056080P8/2008/maranho_as_me_bauru.pdf. Acesso em: 10 nov. 2011

MONTEIRO, J. H. P.; *et al.* **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Brasília: SEDU – Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República/IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal. 2001. 204p. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2012.

NAIME, R.; SARTOR, I.; GARCIA, A. C. Uma abordagem sobre a gestão de resíduos de serviços de saúde. **Revista Espaço para a Saúde.** Londrina, v.5, n.2, p. 17-27, jun. 2004. Disponível em: <http://www.ccs.uel.br/espacoparasaude/v5n2/artigo2.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.

OLIVEIRA, J. M. **Análise do gerenciamento de resíduos de serviço de saúde nos hospitais de Porto Alegre.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Administração. Porto Alegre – RS, 2002. 102 p. Disponível em: http://www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/grs_dis_03.pdf. Acesso em: 15 ago. 2011.

OLIVEIRA, L. B., et al. Resíduos Sólidos Urbanos: Lixo ou Combustível? ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.** Porto Alegre – RS, 2000. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/iii-007.pdf>. Acesso em: 20 ago 2008.

SABIÁ, R. J. *et al.* Estudo da Geração de Energia a partir dos Resíduos Sólidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande – MS. Resumos...Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. P.5, ref. 3. Disponível em: www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-045.pdf. Acesso em: 09 ago 2012.

bioenergia em revista: diálogos, ano 6, n. 1, p. 85-110, jan./jun. 2016.

MAZZONETTO, Alexandre Witier; CUNHA, Janaína Rodrigues da; VICENTINI, Mariane
Potencial energético dos resíduos dos serviços de saúde (rss): perspectivas e propostas

SÁNCHEZ, C. G.; Campo, E. R. B. **Tecnologia da Gaseificação**. Campinas: Unicamp, 2003. Cap. 5, P. 5-17. Disponível em: <<ftp://ftp.fem.unicamp.br/pub/IM338/Gaseif-Abertura.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2012.

SPATUZZA, A. Geração de resíduos aumenta em 2010, mas a reciclagem continua estacionada. **Revista Sustentabilidade: Novas Tecnologias para um Mundo Melhor**, abr. 2011. Disponível em: <http://www.revistasustentabilidade.com.br/reciclagem/geracao-de-residuos-aumenta-em-2010-mas-reciclagem-continua-estacionada>. Acesso em: 13 set. 2011.

TEIXEIRA, A.C. Lixo ou rejeitos reaproveitáveis? **Revista Eco21**, Rio de Janeiro, v.87, 2004. Disponível em: http://www.fiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Artigo_Lixo_Rejeitos_Reaproveitaveis.pdf. Acesso em: 19 set 2011.

VISSOTTO, J.P.; *et al.* Caracterização de *Pinus*, *Eucalyptus*, Casca de *Eucalyptus* e Resíduos Florestais e de Destoca para Fins Energéticos. In: VII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA. São Luís. Maranhão. 2012. Disponível em: <http://www.conem2012.com.br/#>. Acesso em: 21 out 2012.

WESTINGHOUSE PLASMA CORP. (Canadá). **Plasma Gasification**. Disponível em: <http://www.westinghouse-plasma.com>. Acesso em: 01 dez. 2012.

1 MAZZONETTO, Alexandre Witier, graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas - FEAGRI/UNICAMP, Mestrado em Agronomia - Máquinas Agrícolas/Biomassa - Colheita Integral de Cana Crua, pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP, Doutorando pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas - Departamento de Energia - FEM/UNICAMP, com previsão de defesa em 2016. Na Graduação envolveu-se em Pesquisa/Desenvolvimento processos térmicos, desenvolvendo um secador rotativo de sementes e outro de leite fluidizado. Desde o Mestrado vem trabalhando com fontes renováveis de energia e resíduos agroindustriais; energia da biomassa e resíduos urbanos (o que levou a cursar Química na Universidade Mackenzie - Bacharel, Licenciatura e Industrial), processos térmicos para obtenção de biocombustíveis, gaseificação e pirólise e combustíveis sustentáveis, gás de síntese (Syngas), produção e uso do biogás, bem como condicionamento do biogás. Envolvido em vários projetos (pesquisa, desenvolvimento e inovação) de processos e produção de tratamento de resíduos com geração de energia renovável, produção biocombustíveis, gases combustíveis, utilizando-se processos térmicos e anaeróbios. Professor nas FATEC's de Piracicaba (Biocombustíveis e Gestão Empresarial) e Tatuapé (Controle de Obras)

2 CUNHA, Janaína Rodrigues da, tecnóloga em Biocombustíveis (2013) pela Faculdade de Tecnologia de Piracicaba do Centro Estadual de Educação Tecnológica "Paula Souza", janaina.cunha@fatec.sp.gov.br

3 VICENTINI, Mariane, tecnóloga em Biocombustíveis (2013) pela Faculdade de Tecnologia de Piracicaba do Centro Estadual de Educação Tecnológica "Paula Souza", mariane.vicentini@fatec.sp.gov.br