O Impacto da Reciclagem no poder calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos da cidade de São Paulo e no trabalho de catadores de materiais recicláveis.

Clauber Barão Leite

Doutorando Faculdade de Saúde Pública – USP
E-mail: clauber@usp.br

Resumo

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no Brasil tem suas peculiaridades, enquanto a média nacional apresenta números de 51,4% de orgânicos, 31,9% de secos e 16,7% de rejeitos, cidades como São Paulo tem uma composição de 55% de orgânicos 28% secos e 17% de rejeitos. Dois fatores são determinantes para se definir qual serão as opções de tratamento de resíduos sólidos urbanos em uma cidade, sua quantidade e sua composição gravimétrica. Algumas tecnologias utilizadas pelo mundo estão agora sendo oferecidas para o Brasil como uma alternativa. Entre elas está a incineração tipo mass burn, que segundo o World Bank, 1999, tem entre seus fatores de viabilidade a capacidade mínima anual de 50.000 toneladas métricas e o poder calorifico mínimo de 6MJ/kg. Neste artigo foi avaliada a quantidade de resíduos gerada na cidade de São Paulo e sua composição gravimétrica, com o intuito de se avaliar a viabilidade técnica de implementação de certas tecnologias, em especial a incineração no Brasil. Foram avaliados alguns cenários de incremento da coleta seletiva, dispostos no Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos, que por sua vez devem priorizar o trabalho de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, e seus impactos no poder calorifico inferior.

Palavras-Chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Incineração, Catadores de Material

Abstract

Gravimetric composition of municipal solid waste in Brazil has its own peculiarities, while the national average shows numbers of 51.4% organic, 31.9% dry and 16.7% rejects, cities like Sao Paulo has a dry composition of 55% organic, 28% dry and 17% of rejects. Two factors are crucial to define what are the treatment options for municipal solid waste in a city, its quantity and the gravimetric composition. Some technologies used around the world are now being offered to Brazil as an alternative. Among them is the mass burning incineration type, which according to the World Bank, 1999, has among its factors feasibility minimum annual capacity of 50,000 metric tons and the minimum 6MJ / kg calorific value. In this paper we evaluated the amount of waste generated in the city of São Paulo and its gravimetric composition, in order to assess the technical feasibility of implementing certain technologies, particularly incineration in Brazil.

Key-words: Municipal Solid Waste, Incineration, Pickers

1. Introdução

O objetivo desse artigo é analisar o Impacto da Reciclagem no poder calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos da cidade de São Paulo e no trabalho de catadores de materiais recicláveis. O tema é importante pois, para a aplicação de tecnologias de tratamento de resíduos é importante conhecer a composição dos resíduos, e politicas públicas que incentivem por exemplo a reciclagem podem afetar diretamente a composição dos resíduos, e por outro lado a escolha de certas tecnologias podem conflitar com política públicas.

A partir da regulamentação da Lei Federal 12.305/2010, por meio do Decreto 7.404/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os municípios brasileiros passaram a ter prazos legalmente definidos para apresentação e implementação dos seus Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Tais planos devem definir em curto e médio prazos, um sistema integrado de gerenciamento dos resíduos.

No início deste século XXI, a coleta regular de resíduos sólidos urbanos no Brasil alcançou uma taxa de aproximadamente 87% do total de domicílios urbanos (IBGE, 2010). Isto significa um montante superior a 180 mil toneladas de resíduos por dia. É de se esperar que esta taxa tenda a aumentar com a melhoria dos serviços de coleta e o aumento populacional. A PNRS mostra-se muito clara em seu artigo 3º quando traz algumas definições, primeiro define que uma destinação final ambientalmente adequada inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético. Segundo, define que disposição final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros. E, finalmente, define como rejeito todo o resíduo sólido que depois de esgotadas as possibilidades de tratamento, por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. (PNRS,2010)

Para cumprir o objetivo proposto, o presente artigo está estruturado em 4

partes. A primeira parte será feita uma revisão da literatura onde serão levantados dados da caracterização dos resíduos sólidos na cidade de São Paulo, sua composição gravimétrica, metas estabelecidas e a relação da cidade com os catadores de materiais recicláveis. Na segunda parte será abordado o tema do aproveitamento energético de resíduos, abordando questões como o poder calorifico de resíduos e alguns critérios chave para implantação da incineração. Na terceira parte serão feitos os cálculos do poder calorifico dos resíduos segundo a composição atual e um simulação de cenário com a nova composição decorrente das metas estabelecidas. E finalmente na quarta parte serão apresentadas as considerações finais sobre a alteração do poder calorifico e o impacto dessa alteração no trabalho de catadores de materiais recicláveis.

2. Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade de São Paulo

A cidade gera volumes expressivos de resíduos, de várias origens, e parcela significativa deles são manejados sob responsabilidade pública. Em 2012 foram 20,1 mil toneladas por dia de resíduos sólidos, sendo 10,5 mil toneladas de resíduos domiciliares, 296 toneladas provenientes de feiras livres, 1,14 mil toneladas de resíduos da limpeza de ruas e logradouros, 2,2 mil toneladas de limpeza das estruturas de drenagem, 805 toneladas de lodos das estações de tratamento de esgotos, 4,3 mil toneladas diárias de entulhos, 619 toneladas de resíduos volumosos, 137 toneladas de poda, e 101,3 de resíduos de saúde.

A geração média per capita de resíduos em São Paulo em 2012 foi de 1,1 quilo por habitante por dia, mas há uma variação entre os resíduos gerados nos dois agrupamentos em que se divide a cidade: no agrupamento Noroeste a média per capita é de 1,23 quilo por habitante por dia e no agrupamento Sudeste 1,01 quilo por habitante por dia.

A coleta de resíduos sólidos domiciliares indiferenciados no município ocorre de segunda a sábado, diária ou alternadamente, nos períodos diurno e noturno, na maior parte da cidade, de forma direta, porta a porta, com caminhões compactadores, com guarnição de motorista e três coletores.

2.1. Cooperativas de Catadores

A PNRS,2010 determina alguns pontos importantes, o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania e a integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Essa determinação é de fundamental importância para o trabalho dos catadores, especialmente para a cidade de São Paulo, que teve a primeira cooperativa de catadores do Brasil, fundada em 1989.(SANTOS, et al, 2011)

De acordo com o Censo Demográfico de 2010, aproximadamente 390 mil pessoas declararam com ocupação principal a de catadores. Basicamente o trabalho dessas pessoas consiste em catar, transportar, separar e acondicionar os resíduos, e negociar no mercado.

Segundo o Compromisso Empresarial para a Reciclagem – CEMPRE (2013), apenas 13% do total de resíduos são encaminhados para a reciclagem. De acordo com o PLASTIVIDA (2012), 21% do total de plásticos pós consumo são reciclados no Brasil. E ainda segundo o OLIVEIRA (2011) o papelão e o papel tem índices de reciclagem de 43,7% e 94% respectivamente.

2.2. Coleta Seletiva e Logística Reversa

Assim, a reinserção da fração seca (recicláveis) no ciclo produtivo, deve ser feita por meio da responsabilidade compartilhada entre administração pública, setor empresarial e consumidores. Mas fundamentalmente, a logística reversa consiste na responsabilização de toda a cadeia produtiva na criação e manutenção de um sistema de retorno dos produtos pós-consumo, independente do sistema público de coleta de resíduos, que caso participe da operação deverá ser remunerado para tal. Até o advento da PNRS, a coleta seletiva dos recicláveis era operada pelos municípios, mas isso mudou com a responsabilização do setor empresarial pela logística reversa das embalagens.

A composição gravimétrica dos resíduos brasileiros e de cerca de 51% de resíduos orgânicos, 32% de recicláveis secos e 17% de rejeitos. Os municípios estimam que 70% dos resíduos secos sejam constituídos por

embalagens constrangidas a logística reversa. O que torna especialmente importante a logística reversa deste item (embalagens em geral).

Uma questão que vale a pena um maior aprofundamento se refere aos 16,7% dos rejeitos. Estudos demonstram que o principal componente desses rejeitos são as fraldas e absorventes femininos, e cabe questionar, portanto, como responsabilizar a o setor empresarial a respeito desses resíduos. Já que a PNRS define logística reversa como um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. Por exemplo, podemos citar a cidade de São Paulo, que na composição de rejeitos temos os seguintes resíduos: Terra e Pedra- 3,8%, Madeira – 2%, Trapos e Panos – 2%, Fraldas e absorventes – 7% e outros 2%. Ou seja, a maioria destes resíduos é passível de identificação do setor que produziu a mercadoria e, portanto, o responsável pela gestão pós-consumo.

A PNRS previu a assinatura de Acordos Setoriais entre o poder público e o setor empresarial, na forma de contratos que detalham a logística reversa e as respectivas responsabilidades.

Os resíduos que requerem Acordo Setorial são:

- Embalagens de agrotóxicos;
- Embalagens de óleos lubrificantes;
- Embalagens em geral;
- Lâmpadas;
- Medicamentos;
- Óleos lubrificantes usados ou contaminados;
- Pilhas e baterias;
- Pneus;
- Produtos eletroeletrônicos.

Analisando esses resíduos, percebe-se que, com exceção das embalagens em geral e pneus, todos os demais tem características de resíduos perigosos, que de alguma forma podem contaminar mais gravemente o meio ambiente, se não coletados e tratados adequadamente. No caso dos pneus, tem-se problemas de saúde pública quando da disposição inadequada e ambientais, mesmo quando descartados em aterros sanitários, dado seu volume e material. Mas, são embalagens em geral que provocam

um impacto direto nos serviços prestados pelo poder público, seja pelos custos, seja pela logística necessária para sua coleta diferenciada, segundo exige a Lei de 2010.

A partir da assinatura dos Acordos Setoriais, os municípios já não deveriam coletar as embalagens, a menos que fossem remunerados para este fim. Mas o Acordo Setorial, firmado em 25 de novembro de 2015, pelo governo brasileiro com o setor empresarial, estabeleceu um sistema que depende da boa vontade dos cidadãos em passar a assumir rotineiramente o papel de coletores e transportadores de suas embalagens a Pontos de Entrega Voluntaria - PEV. Não considerou que as experiências de sucesso existentes contam com um sistema de coleta seletiva financiado pelo setor empresarial, como na Europa, onde as empresas criaram entidades gestoras para garantir a reciclagem das embalagens a partir de sua coleta domiciliar e de PEVs.

Se a efetividade do sistema de PEV for pequena, a maior parte das embalagens continuará a ser recuperada pela coleta seletiva municipal, ou na sua ausência, coletada convencionalmente e destinada a aterros.

Além disso, a remuneração das administrações municipais, prevista na PNRS não ficou assegurada. Segundo o Acordo Setorial das Embalagens "as operações realizadas pelos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos relativas à logística reversa objeto deste Acordo Setorial poderão ("serão" segundo a PNRS) ser devidamente remuneradas".

3. Composição Gravimétrica

Os Resíduos Sólidos Domiciliares Secos (RSD Secos) constituem parcela significativa da massa de resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas.

São classificados como resíduos recicláveis ou reutilizáveis, de acordo com as definições estabelecidas na PNRS. Constituem-se de materiais como papel, papelão, vidro, metais (ferrosos ou não ferrosos) e plásticos (moles ou duros) e, também, de alguns produtos industrializados após o término de sua vida útil.

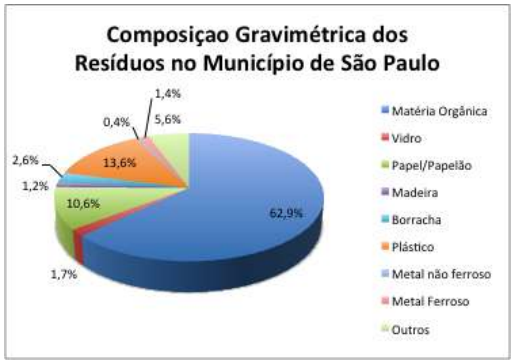
Apesar de não se configurar como a maior fração, os resíduos sólidos secos atingem cerca de 1/3 da massa total de resíduos coletada nos domicílios. Dados de caracterização dos resíduos coletados nas residências da cidade de São Paulo apontam para valores além dos 30% para os RSD Secos.

Estes dados não são discrepantes dos observados no cenário nacional. Pelos dados disponíveis, no ano de 2010, o Brasil coletou, na massa total de resíduos, uma fração correspondente a 32% do total, caracterizada como RSD Secos.

Ainda segundo estas fontes, do volume total de RSD, apenas 10,3% são recuperados atualmente. Ou seja, quase 40 mil toneladas ainda estão sendo destinadas aos aterros sanitários ou a lixões, sem que sejam destinadas a rotas voltadas ao seu reaproveitamento ou reciclagem.

Na figura 1, pode-se verificar a composição gravimétrica dos resíduos no município de São Paulo.

Figura 1 – Composição Gravimétrica dos Resíduos no Município de São Paulo



Fonte: São Paulo (Cidade), 2014.

3.1. Poder Calorífico

A definição do poder calorifico é a quantidade de energia na forma de calor que é liberada pela combustão de uma unidade de massa. No Sistema Internacional o poder calorifico é expresso em joules por grama(J/g) ou Quilo joules por quilograma (kJ/kg), mas é comumente expresso em quilocaloria por quilograma (kcal/kg).

O poder calorifico é dividido entre superior e inferior. O poder calorifico superior é aquele em que a combustão acontece a volume constante e no qual a água formada na combustão é condensada e o calor que é derivado da condensação é recuperado. O poder calorifico inferior é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após a dedução das perdas com a evaporação da água.

O poder calorifico é uma das características mais importantes de um combustível. Ele pode ser medido a volume constante ou à pressão constante, para a medição a volume constante é realizada através de uma bomba calorimétrica, e a pressão constante através de um calorímetro para gases. Na avaliação da composição de um combustível, ele geralmente é composto de carbono, hidrogênio e oxigênio. A capacidade

potencial do combustível influencia diretamente no dimensionamento de instalações de processos térmicos. Em instalações industriais, a temperatura dos gases de saída em processos de combustão é maior que a temperatura de condensação da água na pressão atuante. Assim sendo, o PCI tem maior aplicação prática no dimensionamento e avaliação de equipamentos.

No que se refere aos resíduos sólidos urbanos, o poder calorifico inferior é resultado das contribuições dos poderes caloríficos específicos de cada material. Portanto para calcular o poder calorifico inferior do resíduo sólido urbano significa somar essas contribuições individuais. Além da composição do resíduo sólido urbano, o poder calorifico inferior do resíduo sólido urbano pode variar de acordo com a umidade e quantidade de cinzas.

3.2. Reciclagem

O Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo prevê algumas metas, entre elas a redução de resíduos recicláveis dispostos em aterro, com base a caracterização nacional de 2013. A metas podem ser vistas na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Plano de metas de redução de resíduos recicláveis dispostos em aterro

2019	2023	2025
37%	42%	50%

Fonte: São Paulo(Estado), 2014

Entre as ações previstas para o cumprimento das metas estão a fomentação da implantação de coleta seletiva nos municípios, e profissionalizar e integrar das cooperativas e dos catadores no mercado formal de materiais recicláveis.

3.3. Aproveitamento Energético

Parte central de qualquer aproveitamento energético é o sistema de combustão. Para o tratamento de resíduos elas podem ser divididas em duas partes, a incineração com e sem um pré-tratamento dos resíduos. O pré-tratamento serve para homogeneizar os resíduos. O tipo mais usual é a tecnologia conhecida como *mass burning* que usa uma grelha móvel no sistema de queima, e que não necessita de um pré-tratamento, recebendo os resíduos de forma indiferenciada.

Um Estudo do Banco Mundial, 1999, definiu alguns critérios chaves para o

sucesso da implementação desse tipo de tecnologia. Entre os quais estão o poder calorífico inferior (PCI) dos resíduos e a quantidade anual disponível para o incinerador.

Segundo este estudo o PCI dos resíduos devem ser no mínimo 6 MJ/kg (1433 kcal/kg) ao longo de todas as estacoes. E a média anual não pode ser inferior a 7 MJ/kg (1672 kcal/kg). Referente a quantidade a média anual deve ser não menor que 50.000 toneladas métricas, com variações semanais máximo de 20%.

4. Resultados

A caracterização dos resíduos da cidade de São Paulo mostrou os resultados da tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Composição Gravimétrica dos Resíduos no Município de São Paulo

Matéria Orgânica	**62,9%**
Vidro	1,7%
Papel/Papelão	10,6%
Madeira	1,2%
Borracha	2,6%
Plástico	13,6%
Metal não ferroso	0,4%
Metal Ferroso	1,4%
Outros	5,6%

Fonte: São Paulo (Cidade), 2012

Podemos portanto considerar para os cálculos do poder calorifico inferior apenas os materiais que possuem esta característica, que são a matéria orgânica, o papel/papelão, a madeira, a borracha e os plásticos. Na tabela 3 a seguir podemos verificar os respectivos valores dos PCI desses materiais.

Tabela 3: Poder Calorífico Resíduos Sólidos (kcal/kg)

Matéria Orgânica	**712**
Papel/Papelão	2729
Madeira	2490
Borracha	8633
Plástico	8193

Fonte: FEAM, 2012

Portanto para as características demonstradas dos resíduos acima podemos obter os seguintes valores, demonstrados na tabela 4 a seguir .

Tabela 4: Poder Calorífico Resíduos Sólidos (kcal/kg) – Cálculo composição I

Matéria Orgânica	448
Papel/Papelão	289
Madeira	30
Borracha	224
Plástico	1114
Vidro	0
Metal não ferroso	0
Metal Ferroso	0
Outros	0
Total	**2105**

Fonte: Elaboração Própria

Considerando os cenários do Plano Estadual, do ano de 2019, onde prevê-se uma redução de 37% dos resíduos recicláveis e 35% dos resíduos orgânicos para aterro, pode-se supor que a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos também irá mudar. Portanto em um cenário em que a quantidade de plásticos e papel/papelão reduz-se em 37% obtêm-se os valores de PCI da tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Poder Calorífico Resíduos Sólidos (kcal/kg) – Cálculo composição II

Matéria Orgânica	**448**
Papel/Papelão	182
Madeira	30
Borracha	224
Plástico	702
TOTAL	1586

Fonte: Elaboração Própria

5. Conclusão

Tendo como referência os fatores de sucesso para aplicação da tecnologia de incineração *mass burning,* estabelecidas no estudo do Banco Mundial, conclui-se que se a composição gravimétrica dos resíduos for mantida como estão a tecnologia se torna viável, quando o mínimo estabelecido é 1672 kcal/kg e o poder calorifico inferior calculado é de 2105 kcal/kg.

Por outro lado, com uma política de redução tanto na geração como na disposição final em aterro de resíduos, certamente alterará a composição gravimétrica dos resíduos, e consequentemente alterando seu poder calorifico inferior. Vimos no cenário estabelecido acima que uma redução de 37% do volume de apenas dois resíduos recicláveis, contribui para que o poder calorifico inferior fique em 1586 kcal/kg, ou seja inferior à meta da média anual que é de 1672 kcal/kg.

Com relação ao outro critério de avaliação da aplicação da tecnologia, sobre a quantidade mínima de resíduos, a tecnologia se aplicaria na cidade de São Paulo que gera anualmente mais de 3 milhões de tonelada ano de resíduos domiciliares.

Ressalta-se que a tecnologia da incineração necessita de um poder calorífico elevado, e que os materiais que mais contribuem para a elevação deste são justamente os materiais recicláveis, em especial o papel e o plástico. Portanto há um conflito de interesse entre esta rota tecnológica e a reciclagem. No Brasil a coleta seletiva e a triagem são essencialmente e preferencialmente feita por catadores, organizados ou não. Salienta-se então,

que além do impacto sobre a ordem de prioridade de gestão de resíduos que prevê a reciclagem e reutilização antes de qualquer tratamento, haverá também um notório impacto social, sobre uma classe que historicamente tem sido desfavorecida no âmbito da gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Conclui-se que para aplicação de uma tecnologia como essa, além dos aspectos econômicos, sociais e ambientais, como o melhor uso dos recursos naturais, que são exigidos de qualquer projeto, o aspecto técnico da composição gravimétrica do resíduo é de fundamental importância antes da tomada de decisão, inclusive considerando aspectos futuros que podem comprometer o funcionamento de uma planta, pois essa tecnologia irá ter algum conflito com o mercado da reciclagem. Embora a tecnologia possa avançar e haver uma alteração nos critérios de escolha de uma tecnologia, é recomendável que estudos da composição gravimétrica dos resíduos da cidade sejam feitas de maneira sistemática e continua.

Referências

BANCO MUNDIAL - World Bank Technical Guidance Report Municipal Solid Waste Incineration, 1999.CEMPRE Review 2013 – Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Pesquisa Ciclosoft,. São Paulo, CEMPRE, 2013

FEAM, Aproveitamento Energético De Resíduos Sólidos Urbanos: Guia De Orientações Para Governo Municipais De Minas Gerais, 2012.IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012a.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Diagnóstico sobre os catadores de resíduos sólidos. Brasília: Ipea, 2011.

OLIVEIRA, Denise A. M. Percepção de riscos ocupacionais em catadores de materiais recicláveis: estudo em uma cooperativa em Salvador-Bahia. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

PLASTIVIDA – Instituto Socioambiental dos Plásticos. Monitoramento dos Índices de Reciclagem mecânica de Plásticos no Brasil (IRmP):2011. São Paulo, 2012.

SANTOS, Maria C. L. et al. Frames de ação coletiva: uma análise da organização do MNCR. In: SCHERER-WARREN, Ilse; LUCHMANN, Lígia H. H. Movimentos sociais e participação. Florianópolis: Editora UFSC, 2011.

SÃO PAULO (Cidade). Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2012.

SÃO PAULO (Cidade). Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2014.

SÃO PAULO (Estado), Secretaria do Meio Ambiente. Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo. 2014