

# O USO DA CARBONIZAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

*The use of carbonization as an alternative to the treatment and destination of solid residues*

Laercio Voloch<sup>1</sup>

Luiza Regina Peralta<sup>2</sup>

## Resumo

O aumento dos resíduos sólidos, nas últimas décadas, tem convergido as atenções de vários setores e profissionais para as consequências da degradação ambiental. No espaço urbano brasileiro, a opção é o depósito do lixo em aterros que, em sua maioria, apresentam irregularidades, poluindo e comprometendo o ambiente. A Lei Federal 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos abriu possibilidades para novas formas de gerenciamento e destinação de resíduos sólidos, mobilizando iniciativas que apontam para transformações sociais, econômicas e ambientais. Nesse novo formato, o processo de carbonização apresenta potencial para a destinação de resíduos, assim como perspectivas de crescimento do setor de aproveitamento energético a partir do lixo. Em vista desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o sistema de carbonização como alternativa para destinação de resíduos sólidos urbanos, com foco na tecnologia nacional utilizada pelo Núcleo Tecno-Ambiental Railton Faz. A pesquisa fundamentou-se em investigações bibliográficas sobre o tema e em entrevistas com pesquisadores envolvidos.

**Palavra-chave:** Resíduos sólidos; Carbonização; Aproveitamento energético

## Abstract

In recent decades, the increasing amount of solid waste has been attracting the focus of different industries and professionals to the consequences for the environmental degradation provoked by this kind of waste. In the Brazilian urban space a large part of this kind of waste is intend to landfills. Much of these waste destinations have irregularities, harming the environment around. The Federal Law 12.305/2010 establishing the National Policy on Solid Waste has open possibilities for new ways of management and disposal of solid waste, leading to initiatives that point to social, economic and environmental transformation. With this new format, the carbonization process has potential for waste disposal as well as prospects for growing in the sector of energy produced from waste disposal. This paper aims to analyze the carbonization system as an alternative to disposal solid waste, focusing on the technology used by the Techno-Environmental Center Railton Faz. The research involved the review of the literature on the subject and interviews with the researchers involved.

**Keywords:** Solid waste; Carbonization; Energy use.

---

<sup>1</sup> Mestrando em Geografia. Universidade Estadual de Londrina. laerciovoloch@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Mestrando em Geografia. Universidade Estadual de Londrina. luiza658@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O modo de produção e de vida contemporâneo implica, entre outros, na geração de grande quantidade de resíduos que compromete o meio ambiente, com a poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos.

No Brasil, a Lei Federal 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece regras e metas para a solução dos problemas que envolvem essa temática no território nacional. Uma das medidas determina que todo município brasileiro terá a obrigação legal de destinar e dispor adequadamente seus resíduos. De acordo com o Art. 3º, Inciso VII, da referida lei, destinação final ambientalmente adequada é definida como:

[...] destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes [...] entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Estratégias de redução na fonte, reaproveitamento de materiais e programas bem estruturados de coleta seletiva são essenciais para diminuir o montante de resíduos gerados, entretanto, sempre haverá uma considerável quantia de rejeitos<sup>3</sup> que precisará de tratamento e destinação adequada. O intuito do presente trabalho é justamente adentrar na discussão do que fazer com a parcela dos resíduos sólidos urbanos (RSU) que não pode ser reutilizada ou reciclada.

A possibilidade de aproveitamento energético dos resíduos abre uma nova perspectiva de destinação diferente dos tradicionais aterros sanitários. As tecnologias denominadas WTE do termo em inglês “waste-to-energy” ou “energia a partir do lixo”, apesar de pouco difundidas no Brasil, são muito utilizadas no mundo, especialmente nos países desenvolvidos.

Considerando o amplo potencial de crescimento desse setor no Brasil, o presente estudo busca analisar o sistema de carbonização como alternativa de destinação final de resíduos sólidos. O foco central é a reflexão sobre o trabalho desenvolvido pelo pesquisador brasileiro José Railton de Souza Lima, cujo processo transforma as sobras em carvão para aproveitamento energético. A análise está fundamentada na revisão bibliográfica do tema abordado, além de entrevistas com fontes envolvidas.

---

<sup>3</sup> Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, ARTIGO 3º, INCISO XVI).

## QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS RELATIVAS À PROBLEMÁTICA DO “LIXO”

Em relação à questão conceitual, a concepção de lixo é extremamente relativa no espaço e tempo. Produtos outrora disputados podem a partir de novas descobertas cair em desuso, ou ao contrário, em função da escassez, se tornarem valiosos.

O termo *lixo* está menos em uso do que *resíduo*. Segundo alguns autores, entre eles Waldman (2010), essa mudança foi estratégica para sinalizar aos consumidores que muito do que é descartado pode ser aproveitado novamente, nesse sentido a palavra *lixo* remete a algo muito pejorativo, repulsivo, que deve ser mantido longe de ao menos dois dos sentidos – olfato e visão; enquanto resíduo transmite a sensação de algo ecologicamente correto, de que determinado produto ainda não cumpriu totalmente seu ciclo de vida, podendo ser reaproveitado, reciclado ou transformado em novos itens de consumo. Assim, nos meios jurídicos e acadêmicos, o termo lixo está sendo substituído por resíduo quando ainda é passível de aproveitamento, ou por rejeito quando, contrariamente, não apresenta potencial de uso e deve ser encaminhado à disposição final.

Dentre as muitas definições encontradas para resíduos sólidos, destacamos a da PNRS que estabelece:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Mesmo se tratando de um transtorno global, é na escala local que se dá a acumulação resíduos, sendo cidade o centro consumidor de matéria e energia retiradas do meio natural. As dificuldades surgem no momento da reintegração dessas substâncias ao meio ambiente, implicando diretamente na qualidade de vida do homem. Para Fuscaldo (2001), o problema é que o meio ecológico, de onde é obtida toda matéria-prima que precisamos é um sistema complexo e suporta intervenção limitada. A partir desta capacidade de suporte, surgem desequilíbrios, podendo levar ao colapso do sistema natural.

Na esfera pública, muitos governantes, especialmente os municipais, justificam a não implantação de gestão adequada dos resíduos devido ao alto custo. Fuscaldo (2001) afirma que o déficit apresentado é sinônimo de prejuízo se o custo da prefeitura for entendido isoladamente. Mas, se considerar a totalidade com os gastos evitados com energia,

água, matéria-prima, saúde pública, educação e conservação ambiental, esses valores representarão resultados satisfatórios, visto o ganho da sociedade como um todo.

Mesmo que uma minoria da sociedade esteja despertando para a gravidade dos problemas referentes a esta questão, a outra maior parte parece ainda não se dar conta das implicações sociais, econômicas e ambientais ocasionadas pela destinação incorreta dos resíduos. Isso em muito se deve à obsolescência programada que induz as pessoas a almejarem o produto da moda, descartando o anterior mesmo apresentando boas condições de uso. Alguns produtos são feitos de tal forma, que levam o consumidor a querer sempre o último lançamento. Exemplo disso são os celulares que a todo momento tem seus modelos atualizados, seja esteticamente, ou internamente com o acréscimo de novos acessórios e sistemas, isso torna a versão anterior obsoleta em prazo cada vez mais curto.

Quando um consumidor encaminha uma embalagem para reciclagem, há uma soma de fatores positivos como geração de emprego e renda para catadores, alimentação da cadeia produtiva com a transformação do recipiente em novos produtos, além dos ganhos ambientais e econômicos em todo o processo. Entretanto, se o consumidor deposita o recipiente no lixo comum, haverá nulidade dos ganhos enumerados anteriormente, acrescentando-se ainda um passivo ambiental e econômico, decorrente principalmente do fato que a maioria dos resíduos comuns no Brasil é depositada em lixões e aterros. Se for abandonada em um lugar qualquer, poderá ter múltiplos destinos: terrenos baldios, fundos de vale, bueiros ou mesmo, o alto mar.

Soma-se a isso que milhões de embalagens são descartadas irregularmente todos os dias no planeta, as quais podem permanecer por longo período na natureza, causando consequências danosas para a sociedade como um todo. Desta maneira, o reaproveitamento dos resíduos evita desperdício de recursos naturais e é profícuo para o ciclo produtivo.

### **3 RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**

#### GERAÇÃO, DESTINAÇÃO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2012), no ano de 2012, a quantidade média gerada de resíduos foi de 201.058 ton./dia. Desse total, 181.288 ton./dia foram coletadas, sendo 58,0% destinados para aterros sanitários, 24,2% para aterros controlados e 17,8% para lixões a céu aberto. De acordo com os dados, restam 19.770 ton./dia que não foram sequer coletadas. Se somarmos esse número ao volume que foi destinado aos aterros controlados e lixões, temos

aproximadamente 50% do resíduo gerado diariamente no Brasil destinado a locais impróprios, ocasionando poluição, visível ou não, e trazendo inúmeros prejuízos ao país.

Do total gerado, 74.660 ton./dia são encaminhadas, ou para lixões, ou para aterros controlados, que em última instância não passa de um lixão com algumas melhorias. Vale lembrar que esses números referem-se apenas aos resíduos sólidos urbanos, basicamente residenciais.

Em geral, quanto maior a comercialização de produtos industrializados em uma nação, maior o índice de sobras. Quando se analisa a composição gravimétrica dos resíduos coletados no Brasil como um todo, percebe-se que está crescendo o teor de recicláveis por conta do aumento do consumo de industrializados. No entanto, as sobras orgânicas ainda são maioria. A compostagem, por exemplo, que poderia diminuir consideravelmente o total de resíduos encaminhados para disposição final, atinge índices insignificantes do volume de orgânicos coletados diariamente.

Com relação à coleta convencional de resíduos, esta apresenta ampliação da oferta desse serviço no país, especialmente na área urbana, onde supera 98%. Na área rural a situação não é tão cômoda, segundo o IBGE (2014) apenas 33% dos domicílios são atendidos. Não obstante, pelo fato da maioria das pessoas viver nas cidades, essa porcentagem não tem influência significativa; na média mais de 90% da população é beneficiada com a coleta de resíduos.

Simetricamente, uma das alternativas apontadas por todos os envolvidos com a gestão de resíduos para minimizar o problema destes é o aproveitamento de parte dos materiais descartados através da coleta seletiva e reciclagem. Entretanto, a falta efetiva de um sistema adequado de coleta seletiva, especialmente com segregação ainda na origem, faz com que o percentual de resíduos reciclados seja muito baixo. Um estudo do IPEA (2012) revelou que somente 12 % dos resíduos sólidos urbanos e industriais são reciclados no país e apenas 14 % da população é atendida com coleta seletiva, fazendo com que o Brasil perca R\$ 8 bilhões por ano com o que deixa de ser aproveitado. Em alguns países desenvolvidos do ponto de vista econômico, onde a reciclagem não é apenas incentivada, mas antes uma obrigação, os índices de aproveitamento dos resíduos ficam próximos de 50 %.

Muitos são os fatores positivos advindos da reciclagem, como geração de emprego e renda para os envolvidos, menor necessidade de matéria-prima, menor consumo de energia elétrica na produção dos materiais e redução de impactos sociais e ambientais. Há, no entanto, algumas condições para que a reciclagem de RSU realmente funcione. A mais importante talvez seja a segregação ainda na origem, visto que tal ato facilita e agrega valor

ao material coletado. Quando as sobras domésticas são misturadas, muitos materiais são contaminados no contato com o restante dos resíduos, impossibilitando a recuperação. Somam-se ao anteriormente exposto a necessidade de tecnologia adequada, quantidade suficiente de material, distância entre os locais de coleta e as empresas recicladoras, preços compatíveis com a matéria-prima, etc.

O reaproveitamento e a reciclagem são imprescindíveis e benéficos à sociedade, restará, no entanto, parcela dos resíduos que não pode ser reaproveitada e que deve ser destinada adequadamente. Nesse sentido, várias são as alternativas passíveis de adoção, entre as quais os aterros sanitários e a recuperação energética, embora a última ainda seja pouco utilizada e sofra resistência de vários setores no país.

#### ATERROS SANITÁRIOS

Segundo a ABRELPE (2012), pouco mais da metade dos resíduos coletados no país são destinados aos aterros sanitários, e o que diferencia esses dos aterros controlados e lixões são essencialmente as técnicas empregadas em sua construção. Os dois últimos, largamente utilizados, especialmente nas regiões mais carentes de recursos técnicos e financeiros, são relativamente simples de serem construídos; em geral não existe rigor técnico na análise do local escolhido, na proteção do solo ou lençol freático, entre outros cuidados não observados, o máximo que ocorre é a cobertura dos resíduos, queima do metano e captação de parte do chorume<sup>4</sup>.

O aterro sanitário, ao contrário, para assim ser chamado, precisa seguir todas as normas técnicas e ambientais vigentes. O empreendimento, muito utilizado no Brasil e na maioria dos países periféricos, é uma obra de engenharia e tem que ser precedido da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental que analisa a viabilidade ou não do projeto. Apesar das exigências técnicas e ambientais não são isentos de críticas.

Um problema apontado é a baixa disponibilidade de terrenos adequados à implantação, especialmente nas grandes cidades, onde os aterros estão sendo construídos cada vez mais distantes, tornando-se fator preponderante no custo final do processo. Nova York, por exemplo, encaminha parte de seus resíduos para mais de 400 km de distância. Mesmo no Brasil, onde aparentemente há abundância de terras, já ocorrem situações semelhantes, alguns municípios da baixada santista, no estado de São Paulo, encaminham parte de seus dejetos para aterros distantes 150 km.

---

<sup>4</sup> Líquido liberado durante a decomposição da matéria orgânica presente no lixo. Juntamente com a água que se infiltra na massa de resíduos durante as chuvas forma o lixiviado. Em função da variedade de sua composição costuma ser extremamente poluente.

Além dos critérios técnicos que dificultam a escolha dos terrenos adequados, outro fator preponderante é a rejeição das pessoas em relação a esses ambientes, tanto que as manifestações contrárias à instalação de aterros nas proximidades de aglomerações urbanas ficaram conhecidas em todo o mundo, pela sigla NIMBY, referente à expressão inglesa “*not in my back yard*”, algo como “não em meu quintal”. A principal crítica é que as regiões vizinhas perdem atratividade, sofrendo assim desvalorização, principalmente em função do mau cheiro, decorrente da decomposição da matéria orgânica, da presença de vetores de transmissão de doenças e do perigo de incêndio e explosões.

Segundo os opositores deste tipo de empreendimento, os aterros não resolvem o problema dos resíduos, tão somente os tiram da frente dos olhos. O enorme volume de rejeitos permanecerá como um passivo ambiental por longas décadas, sempre como um potencial poluidor caso haja qualquer agravante não previsto, demandando por isso acompanhamento técnico permanente.

#### INCINERAÇÃO E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS

A incineração dos resíduos é uma técnica utilizada para tratar termicamente as sobras, de forma a reduzir a massa e o volume e eliminar os agentes patogênicos presentes no rejeito. O calor liberado durante o processo pode ser aproveitado para geração de energia elétrica ou para o aquecimento das residências, fato, aliás, muito comum no exterior, onde as usinas movidas a resíduos são conhecidas como WTE, da sigla em inglês *waste-to-energy*. No Brasil, tal técnica é praticamente restrita ao tratamento dos itens considerados perigosos, especialmente os resíduos dos serviços de saúde (RSS), uma vez que as altas temperaturas empregadas durante o processo destroem os agentes considerados nocivos ao homem e ao meio ambiente.

A Lei Federal nº 12.305/2010 autoriza, em seu Art. 9º, a produção de energia a partir dos resíduos sólidos, desde que obedeça a parâmetros ambientalmente corretos.

§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental (BRASIL, 2010).

Conforme o Decreto nº 7.404/2010 que regulamenta a PNRS, a utilização de resíduos sólidos nos processos de recuperação energética obedecerá às normas estabelecidas pelos órgãos competentes estaduais e municipais em conjunto com os Ministérios do Meio Ambiente, de Minas e Energia e das Cidades. Com a aprovação e regulamentação da PNRS,

abriu-se, portanto, a possibilidade de aproveitamento dos resíduos para fins energéticos, mas diferentemente do que acontece em muitos países, no Brasil, essa prática ainda é incipiente. Praticamente o que existe de concreto até o momento são usinas comerciais, produzindo a partir do biogás, resultante da decomposição da matéria orgânica depositada nos aterros.

Segundo o Plano Nacional de Energia (PNE), da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2008), o Brasil teria potencial para produzir 1,7 mil MW em 2020 a partir dos resíduos com o uso das térmicas a biogás. Com a incineração, o volume subiria para 5,2 mil MW. Acrescenta-se que na incineração o volume de resíduos é reduzido em média a menos de 10% do tamanho original. Para Sergio Guerreiro (2011 apud ABEGAS, 2014), pesquisador da COPPE/UFRJ e considerado um dos maiores especialistas do setor no Brasil, para viabilizar a implantação de usinas de tratamento de resíduos no país, é preciso vencer a resistência de políticos, ambientalistas e sociedade, além da necessidade de incentivos governamentais.

Um estudo da consultoria finlandesa Pöyry Tecnologia (ABEGAS, 2014) demonstra que se for levado em conta o panorama atual e apenas o aspecto da geração, o megawatt-hora em uma termelétrica movida a lixo pode chegar a R\$ 300,00 e esse valor inviabiliza qualquer concorrência, mas se forem incorporadas outras receitas, como a taxa de coleta e venda de créditos de carbono, o valor poderia ser significativamente menor.

A geração de energia em uma usina WTE depende, entre outros fatores, da composição dos resíduos. Quanto maior for a umidade, menor é o potencial calorífico, portanto, nos locais onde há predomínio de orgânicos a eficiência será comprometida. Para valores caloríficos abaixo da média<sup>5</sup>, é necessária a utilização de complementos, como o uso dos ciclos combinados híbridos, onde é instalada uma turbina a óleo ou a gás natural para aumentar a eficiência de geração.

Na Dinamarca, país europeu que faz uso intensivo da incineração, as usinas são gerenciadas como indústrias, produzindo fertilizantes e energia para aquecimento das residências. Segundo as autoridades locais, os índices de emissão de poluentes são cumpridos com tranquilidade dentro dos rigorosos parâmetros europeus. Por enquanto, a primeira unidade WTE do Brasil, é a Usina Verde, instalada na Ilha do Fundão, no Rio do Janeiro. Essa usina entrou em operação em 2005 e tem capacidade para processar 150 toneladas diárias de resíduos.

---

<sup>5</sup> O ideal é que o poder calorífico dos RSU seja superior a 2000 kcal/kg e com temperatura na câmara de combustão não muito elevada (aproximadamente 450°C), para evitar a corrosão excessiva dos equipamentos. Nessas condições uma usina WTE tem rendimento para conversão em energia elétrica entre 20 e 25% e pode gerar entre 450 e 600 KWh por tonelada de RSU (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2008.)

Há, porém muitas críticas em relação ao tratamento térmico dos resíduos, especialmente as ligadas à liberação de poluentes durante o processo de incineração, entre os quais as dioxinas e furanos, considerados altamente tóxicos. De acordo com Waldman (2010), somam-se a estes os compostos clorados, metais pesados, Monóxido de Carbono, Óxido de Nitrogênio, gases sulfurados, além da dificuldade de descarte das cinzas resultantes do processo por conta de seu elevado grau de contaminação. O referido autor coloca ainda os elevados custos de implantação e manutenção dos sistemas de incineração, com aproveitamento energético ou não, como fator negativo para a adoção dessa tecnologia.

Prós e contras a parte, pode-se dizer que as duas principais formas de gerar energia a partir dos resíduos são a incineração e a utilização do biogás, porém existem outras com custos e sistemas tecnológicos variados. Nesse sentido, no próximo tópico, tratar-se-á da carbonização de resíduos sólidos com aproveitamento energético, buscando compreender se essa tecnologia, sob o ponto de vista econômico, ecológico e social, pode ser uma alternativa que realmente contribua para a solução dos problemas correlacionados ao tratamento e disposição dos resíduos.

## **CARBONIZAÇÃO DE RSU COM APROVEITAMENTO ENERGÉTICO**

No sentido estrito, carbonização é a transformação de determinado material em carvão. Esse processo é muito comum em carvoarias no interior do Brasil que utilizam madeira como matéria-prima no processo de produção. O carvão obtido nesses estabelecimentos abastece indústrias, restaurantes, pizzarias e residências, que usam esse produto como material combustível.

Para transformar a madeira em carvão é necessário queimá-la, porém essa queima é efetuada de forma controlada. Simplificadamente pode-se dizer que o oxigênio é o principal elemento para a combustão de determinado material. Dessa forma, controlando-se a entrada desse componente no forno, a madeira vai “cozinhando” lentamente, até se transformar em carvão vegetal. Isso pode ser feito da forma mais rudimentar, cobrindo-se o material parcialmente com terra, ou em fornos modernos, construídos especialmente para essa função.

Há algum tempo a carbonização começou a ser pensada como possível solução para o tratamento dos resíduos, pois reduz consideravelmente a massa e o volume, e os produtos resultantes podem ser comercializados. No Brasil, um dos precursores do processo de carbonização de resíduos é o pesquisador brasileiro José Railton Souza de Lima, conforme segue.

## NÚCLEO TECNO-AMBIENTAL RAILTON FAZ

O Núcleo Tecno-Ambiental Railton Faz, situado na cidade de Lagarto, no Estado de Sergipe, é uma instituição privada que desenvolve tecnologias para o aproveitamento de resíduos por meio do processo de carbonização, o qual transforma lixo em subprodutos.

Em vista da síntese deste trabalho, não é possível apresentar o funcionamento de todo o processo produtivo do sistema de carbonização. Indica-se para maiores informações, acesso ao site<sup>6</sup> do Núcleo no qual possui fluxograma, mostrando desde a chegada do material até a obtenção dos produtos que serão destinados à comercialização. Ademais, adverte-se que os autores desta produção não possuem qualquer tipo de vínculo pessoal ou profissional com o Núcleo ou com envolvidos a este. Nota-se apenas que, enquanto pesquisadores, os autores concebem a relevância de inventos nacionais que podem trazer soluções para problemas efetivos, mas que devem ser compreendidos a partir dos aspectos sociais, ambientais e econômicos, com vistas à comodidade social.

O mecanismo desenvolvido pelo pesquisador brasileiro José Railton Souza de Lima, fundador do Núcleo destaca-se especialmente pela simplicidade oferecida para o tratamento e destinação dos resíduos, bem como pelo teor tecnológico envolvido, visto que boa parte é automatizada.

Os rejeitos passíveis de carbonização são muitos, vão desde pó de serra, podas de árvores, bagaço de cana, restos animais, estrume bovino e lixo urbano. Os materiais de origem mineral como metais e vidros não são passíveis de carbonização, porém não é necessária a separação prévia e podem ser aproveitados normalmente após o processo.

Segundo Lima (2012), o funcionamento do processo de carbonização é similar ao usado para produzir o carvão a partir da madeira. Porém, a obtenção do carvão a partir dos RSU ocorre por pirólise, que é a desidratação térmica dos resíduos em câmara fechada, com alta temperatura (até 800°C) e sem alimentação de oxigênio, por aproximadamente 1 hora. A diferença fundamental entre incineração e carbonização é que sem oxigênio os resíduos não entram em combustão, não ocorre, portanto a queima do rejeito, mas sim a desidratação do material. Apesar das altas temperaturas, a carbonização ocorre em ambiente relativamente úmido, evitando dessa forma a corrosão excessiva dos equipamentos e permitindo ainda a obtenção de diversos subprodutos.

---

<sup>6</sup> <http://railtonfaz.com.br/>

Da carbonização dos RSU são obtidos cinco itens que podem integrar novamente a cadeia produtiva, a saber: pó de carvão; óleo vegetal que pode ser usado para gerar biocombustível; alcatrão; lignina e água ácida. Com exceção do primeiro, os demais são líquidos presentes na massa vegetal e animal que são volatilizados ao estado gasoso, passam por um processo de destilação e retornam ao estado líquido, sendo coletados e encaminhados para comercialização posterior com as indústrias químicas, de cosméticos, abrasivos, entre outras. O vapor de água é liberado para a atmosfera.

Segundo Lima (2012), para cada cinco toneladas de resíduos são obtidos aproximadamente:

- Óleo vegetal – 32 litros
- Água ácida – 18 litros
- Lignina – 12 litros
- Alcatrão – 18 litros
- Pó de carvão – 2 toneladas

O material sólido resultante do processo passa por resfriamento em um espaço totalmente fechado e desprovido de oxigênio anexo ao forno de carbonização. O material carbonizado atingirá cerca de 60°C em 50 minutos. Da descarga dos veículos de coleta até esta fase do processo não há contato manual de funcionários com o resíduo.

Após o resfriamento do material, o sistema aciona automaticamente a abertura de compartimento, bem como ativação de esteira para transporte do material carbonizado, que é segregado conforme suas diferentes densidades em duas etapas:

- 1ª Segregação manual - os materiais de origem mineral são separados por funcionários.
- 2ª Segregação por equipamento - após a segregação mecânica um exaustor elétrico faz a sucção das partículas menores do material carbonizado direcionando-as para o formulador, onde é adicionado composto vegetal ao pó de carvão, de forma a facilitar a prensagem e transformação em briquetes (Figura 2).

**Figura 2** – Etapas da produção e briquetes feitos do pó de resíduos carbonizados



Fonte: Núcleo Tecno-Ambiental Railton Faz, 2012

De cada 5 toneladas de resíduos sobram aproximadamente 2 toneladas de pó de carvão que são encaminhadas para prensa. Os briquetes resultantes do processo mantêm o poder calorífico e podem ser aproveitados de diferentes formas, inclusive como fonte de energia para geração de eletricidade. Em análise realizada a pedido do Núcleo, o poder calorífico ficou entre 3.384 e 6.460 Kcal/kg.

Paralelamente ao processo de produção de carvão pode ser implantada uma termelétrica para a geração de energia elétrica, alimentada com parte do carvão produzido. A capacidade de geração de energia vai depender do empreendimento, mas segundo Lima (2012) por se tratar de um circuito fechado são necessários entre 300 a 350 kg/h de briquetes para gerar 1 MW/h. Com essa quantia é possível suprir a demanda de aproximadamente 1000 residências. Lima (2012) explica que no sistema em circuito fechado de utilização de vapor e pressão, não há desperdício de energia térmica, em comparação com o tradicional que utiliza caldeira, dessa forma o aproveitamento do calor é maior, reduzindo o custo de depreciação dos equipamentos e de produção.

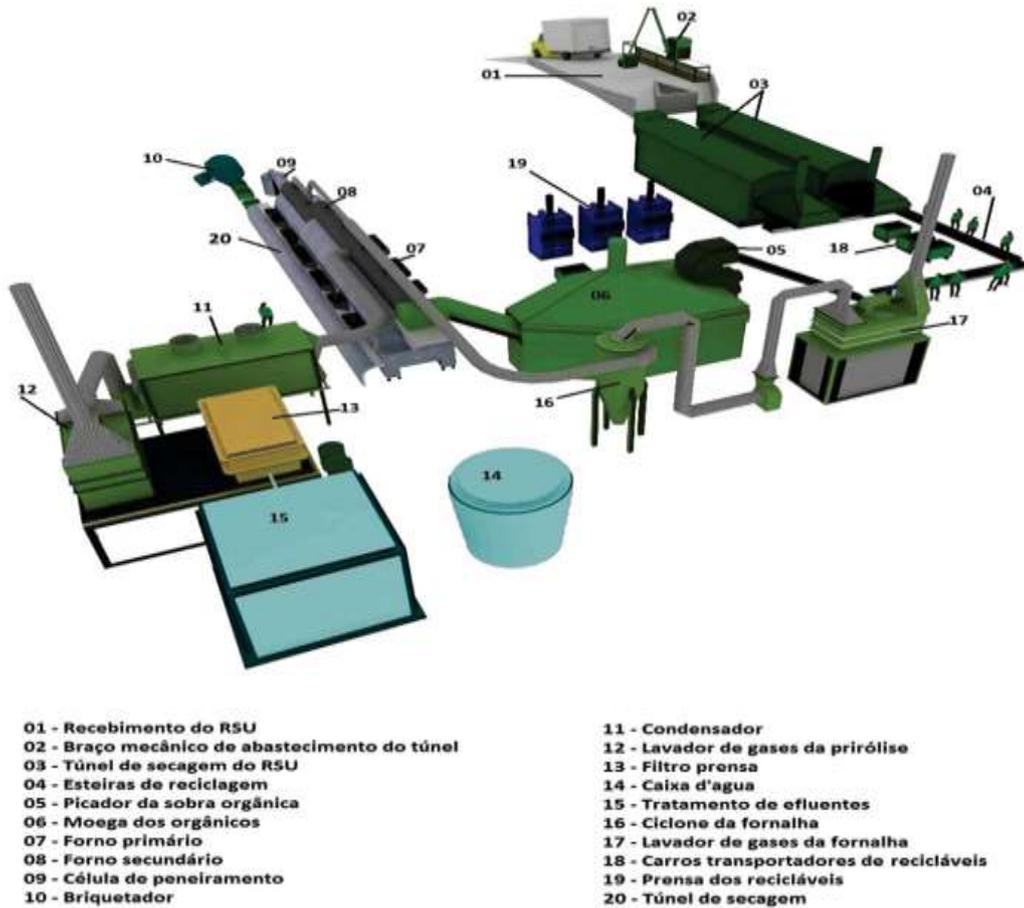
De acordo com Lima (2012), no sistema de carbonização não sobram rejeitos, visto que os produtos resultantes possuem destinação comercial na construção civil e em outros ramos da indústria. Da mesma forma, os minerais (vidro, ferro, latas e peças metalizadas) não se decompõem sendo também reinseridos na cadeia produtiva. Os fornos se auto-alimentam de uma pequena fração (10%) do próprio carvão produzido *in loco*, não

necessitando de suplemento combustível externo e os vapores e gases são purificados por um sistema de filtros, denominado RAITEC, eliminando quase por completo os odores gerados pela decomposição natural dos resíduos orgânicos.

Com exceção da fase inicial em que o sistema deve ser alimentado com lenha de procedência legal, no restante do processo o forno de pirólise utiliza o próprio carvão produzido no empreendimento. Com relação aos custos de implantação de uma usina de carbonização, o valor varia de acordo com o volume de resíduos que o empreendimento consegue operar no período de uma hora.

No ano de 2009 começou a ser instalada na cidade de Unaí, Minas Gerais, uma usina para carbonização de resíduos sólidos urbanos. A TJMC Empreendimentos, empresa responsável pela atividade em Unaí, faz uso de tecnologia similar à desenvolvida pelo Núcleo. O procedimento completo do processo remete a um empreendimento que em nada lembra um aterro sanitário, mas sim uma indústria com toda sua complexidade, conforme ilustra a figura 1.

**Figura 1** – Ilustração do processo produtivo



Fonte: TJMC Empreendimentos, 2011.

O projeto da TJMC Empreendimentos, denominado Natureza Limpa, é um dos únicos em operação no Brasil que colocou em prática o sistema de carbonização como forma de destinação e tratamento dos resíduos. Por conta da escassez de opções para tratamento de RSU, os gestores públicos estão vislumbrando esse tipo de empreendimento como possível solução.

A Geografia, ciência que transita por diversas áreas do conhecimento humano, auxilia entender os diferentes fatores, atuantes no objeto deste estudo, que afetam o espaço vivido das pessoas. O aprofundamento do estudo sobre o tema proposto é essencial para a compreensão das implicações ambientais, econômicas, sociais e espaciais deste processo sobre o território brasileiro, especialmente quando se trata de projetos ainda em fase de implantação e consolidação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É comum a resistência ao uso de tecnologias que remetem à incineração, inclusive nestas o sistema de carbonização, objeto maior desta pesquisa. A falta de conhecimento, muitas vezes, faz confundir esse processo com a queima de resíduos a céu aberto e consequente poluição e mau cheiro. As usinas de RSU existentes, especialmente nos países centrais, são dotadas de avançados sistemas de controle de poluentes, enquadrando-se em rígidas normas ambientais, como as da Comunidade Europeia.

No Brasil, os aterros sanitários estão consolidados de tal modo que parecem a única forma de destinação de RSU. Criou-se na mente coletiva um arcabouço negativo para métodos similares à incineração e parte da comunidade brasileira desdenha soluções de destinação que não sejam os aterros, pois teoricamente são menos poluentes, entretanto, não se observa a mesma rejeição para com o lixo nas ruas, lixões a céu aberto e pessoas tirando sua sobrevivência desses ambientes.

Considerando os fatores e as ressalvas expostos no decorrer do presente trabalho, a carbonização de RSU apresenta, em primeira análise, algumas vantagens em relação aos aterros sanitários e à incineração, tanto do ponto de vista ambiental, espacial ou econômico e pode ser uma alternativa de destinação dos resíduos sólidos urbanos. A instalação e manutenção de empreendimento com uso desta tecnologia são feitas pela iniciativa privada, fato que desonera financeiramente o setor público, permitindo a realocação de numerário para outras áreas de interesse social.

Algumas lacunas devem ser preenchidas, especialmente em relação à emissão de poluentes, para que se tenha a comprovação efetiva da viabilidade desses empreendimentos. Caso sejam comprovados tais benefícios, a carbonização de RSU pode ser uma alternativa para que os resíduos deixem de ser um passivo ambiental e se tornem um bem econômico, gerando empregos, energia e melhor qualidade de vida para a população.

No entanto, é necessário reconhecer que os fatos apresentados são essencialmente de caráter qualitativo e que a escassez de literatura sobre o tema restringiu a obtenção de dados que propiciassem uma análise mais precisa sob o ponto de vista técnico e científico. Fica a expectativa de que outras pesquisas venham contribuir com tal desprovimento, assim como, espera-se que esta possa motivar outros interesses pelo tema.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS CANALIZADO - ABEGAS. **O resto que vira megawatt**. Disponível em:

<[http://www.abegas.org.br/imp\\_noticia\\_view.php?CodNot=21145&CodEditoria=4](http://www.abegas.org.br/imp_noticia_view.php?CodNot=21145&CodEditoria=4) >  
Acesso em: 15 abr. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012**. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/abrelpe\\_quemsomos.cfm](http://www.abrelpe.org.br/abrelpe_quemsomos.cfm)>. Acesso em: 02 jul. 2014.

BRASIL. Decreto nº 7404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.interlegis.leg.br/>>. Acesso em: 07 jul. 2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 03 jul. 2014.

ECO4BUSINESS. **Centrale mobile su rimorchio per la produzione di energia derivata da trattamento di rifiuti e biomassa**. Disponível em: <<http://www.eco4business.com.br>> Acesso em: 23 jun. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Avaliação preliminar do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos de Campo Grande, MS**. Ministério de Minas e Energia, 2008. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208_1.pdf) > Acesso em: 23 jun. 2014.

FUSCALDO, Wladimir C. **Resíduos sólidos: práticas e conceitos**: um estudo a partir da experiência de Londrina – PR. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1/>>. Acesso em: 28 jun. 2014.

IPEA. Comunicado do Ipea – 2012 – Abril - nº 145. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13917](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=13917)>. Acesso em: 28 jun. 2014.

LIMA, Jose Railton de S. **Entrevista concedida por e-mail**. Lagarto, 05 jul. 2012.

TJMC EMPREENDIMENTOS. **Projeto Natureza Limpa**. Disponível em: <<http://www.naturezalimpa.com/tecnologia.asp>>. Acesso em: 08 maio 2012.

WALDMAN, Maurício. **Lixo: cenários e desafios**: abordagens básicas para entender os resíduos sólidos. São Paulo: Cortez, 2010.