



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

VIABILIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DA CARBONIZAÇÃO EM RESÍDUOS SÓLIDOS: EFICIÊNCIA E PERSPECTIVAS

Carolina Cerqueira Barbosa¹; Juan Carlos Valdés Serra²

RESUMO

Um dos grandes problemas da atualidade é o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, este decorrente, dentre outros fatores, do processo de expansão e urbanização das cidades. A pirólise ou carbonização é um processo que consiste na degradação térmica de materiais orgânicos em atmosfera inerte e gera três subprodutos: carvão, bio-óleo e gases. Para tanto, a técnica de pirólise aplicada aos resíduos sólidos agrega valor aos subprodutos e minimiza o impacto ambiental da destinação destes em aterros sanitários por diminuir significativamente seu volume total. Estudos demonstram sua eficiência aplicada a resíduos sólidos de serviço de saúde (RSSS), em resíduos plásticos e resíduos sólidos urbanos. Para realização deste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico em artigos científicos para avaliar a viabilidade técnica e ambiental da pirólise em resíduos sólidos, considerando sua eficiência e perspectivas.

Palavras-chave: Pirólise; resíduos sólidos; meio ambiente.

ABSTRACT

Nowadays, one of the major problems is the increased generation of solid waste, this due, among other factors, the process of expansion and urbanization of cities. Pyrolysis or carbonization is a process that consists in thermal degradation of organic material in an inert atmosphere, and generates three-products: coal, bio-oil and gas. Therefore, the technique of pyrolysis adds value applied to solid waste and minimize the environmental impact of landfill disposal by significantly reducing its total volume. Studies demonstrate its efficiency applied to solid waste health service, in plastic residue and municipal solid waste. For this work, was carried out a literature review of scientific articles to assess the technical and environmental viability of pyrolysis solid waste, considering its efficiency and prospects.

Key words: Pyrolysis; waste; environment.

¹ Fundação Universidade Federal do Tocantins, Av. NS 15, ALCNO 14, Bloco IV, 109 Norte, Palmas - TO, Engenharia Ambiental, Msc. Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, carollcbarbosa@gmail.com;

² Professor Doutor do curso de Engenharia Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Juras (2000), a grave situação quanto ao tratamento dos resíduos sólidos no Brasil é resultado, por um lado, da falta de recursos destinados ao setor, bem como do despreparo e desinteresse das administrações municipais, e, por outro, da falta de cobrança por parte do Ministério Público e da sociedade como um todo.

A destinação adequada a ser dada aos resíduos sólidos, principalmente os industriais, por serem, devido a sua grande diversidade e variação na concentração de seus poluentes, altamente perigosos, ainda é um problema (CABRAL *et. al*, 2007).

Dos resíduos atualmente tratados, os dois principais destinos são: a incineração e aterros controlados, acarretando sérios riscos sociais e ambientais e, por isso faz-se necessário a busca de novas formas para racionalizar a utilização destes resíduos, sendo a pirólise uma destas alternativas.

A pirólise é um processo que consiste na degradação térmica de materiais orgânicos na ausência de oxigênio do ar. Em seus primórdios, a pirólise tinha como principal objetivo a obtenção de carvão vegetal e é por isso que o processo era feito a baixas velocidades de aquecimento e a relativas baixas temperaturas. Estes conhecimentos foram

adquiridos, sem dúvida, através do método de tentativa e erro. Hoje existem técnicas analíticas, como a análise termo-diferencial que demonstram esta afirmação, além de permitir conhecer o rumo que tomará o processo ao realizar variações de seus parâmetros operacionais (SANCHÉZ *et. al*, 2000).

De acordo com Costa-Muniz (2004), a reação de pirólise gera três fases, uma fase gasosa constituída de compostos orgânicos voláteis (VOCs) com alto poder calorífico, uma fase líquida com características de óleos combustíveis; e sólidos (carvão) que pode ser aproveitada como carga em indústrias como a da construção civil, entre outros.

Nesse contexto, a aplicação da técnica de pirólise, também chamada de carbonização, ao tratamento de resíduos sólidos apresenta-se bastante promissora e eficaz, no sentido de diminuir a quantidade de resíduos que vão para os aterros sanitários, e ainda, reaproveitar o carvão obtido para a produção de briquetes, com alto poder calorífico, que poderá ser utilizado como fonte energética para uso industrial, ou seja, produção de energia termoelétrica, e/ou destinação do bio-óleo para utilização como óleo combustível. Além disso, a descentralização do tratamento proporcionada por pequenos reatores pirolíticos permite que o resíduo seja tratado na própria unidade de geração,

evitando problemas com seu acondicionamento, coleta e transporte.

Este estudo busca realizar um levantamento bibliográfico dos estudos acerca da viabilidade técnica e ambiental da carbonização em resíduos sólidos, quanto a eficiência, e, ainda, quais perspectivas nessa área.

MATERIAL E MÉTODOS

Procedeu-se um levantamento bibliográfico de estudos que abordavam o processo de pirólise aplicado a resíduos sólidos. Para isso, analisou-se como o processo é realizado em resíduos de serviço de saúde, que apresentam em sua destinação final inadequada um grave problema ambiental e sanitário; a possibilidade de recuperação de produtos químicos; potencialidades do líquido pirolítico (bio-óleo) como combustível; e a diminuição do volume agregado total, de acordo com os materiais de origem e sua viabilidade como alternativa a garantia de vida útil dos aterros sanitários.

Nos trabalhos pesquisados foram analisados os objetivos almejados, alternativas técnicas e eficiência nos resultados obtidos e na qualidade ambiental.

Resultados

3.1. Técnica promissora para resíduos de serviço de saúde

Em relação aos Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (RSSS), verifica-se ainda uma ausência de orientação técnico-científica consolidada, onde as discussões sobre os riscos potenciais, assim como as possibilidades de manejo e tratamento dessa categoria de resíduos, são taxadas por estereótipos e escassa disponibilidade de informações com rigor científico, sobretudo no que diz respeito à forma de tratamento e destinação final (MACHADO e MORAES, 2004).

Melo *et. al* (2008), estudou a viabilidade técnica e ambiental da utilização do processo de pirólise como tratamento de resíduos sólidos de serviços de saúde, através de um experimento utilizando uma amostra simulada destes resíduos em um reator de pirólise construído em escala piloto, analisou-se a redução em massa após o tratamento, a formação de gases comparando os valores obtidos com os dispostos na Resolução CONAMA nº 316/02 e a classificação do resíduo resultante segundo a NBR 10.004/04, verificando a possibilidade de disposição em aterros sanitários após o tratamento. A Figura 01 apresenta o esquema do processo de tratamento de resíduos pela pirólise.

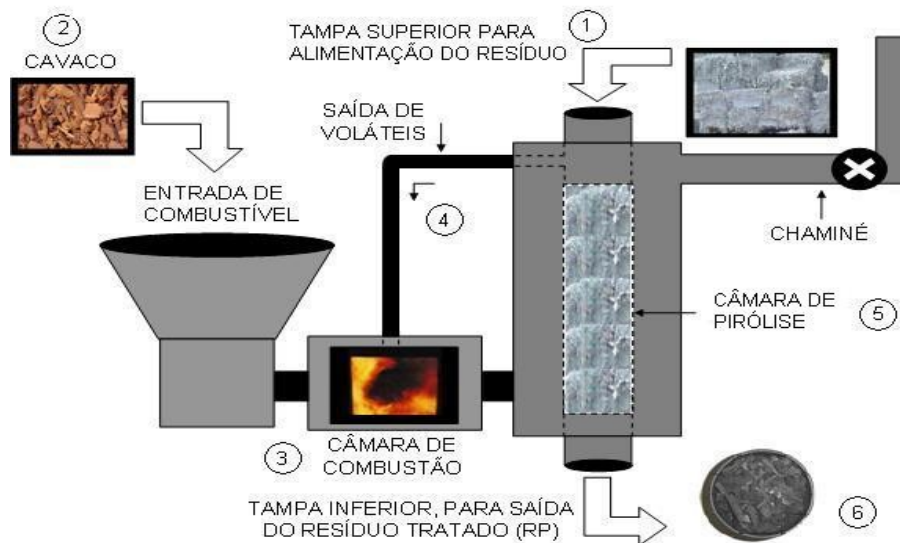


Figura 01 -Planta de pirólise. Fonte: Melo *et. al* (2008).

3.2. Recuperação de produtos químicos

O estudo realizado pelo químico Paul Willians, citado por Lovett *et al.* (1997) usou a pirólise para reciclar pneus, transformando-os em petróleo e outras substâncias úteis na indústria química. O procedimento consiste em aquecer a borracha em atmosfera inerte de nitrogênio. Esta se decompõe em alta temperatura, produzindo óleo combustível, carbono e aço.

A pirólise de diversos compostos de resíduos plásticos tem sido estudada quanto ao rendimento de óleo, gás e sólido (carvão) e também realizada caracterização detalhada da composição de seus derivados. Estudos mais recentes foram realizados por CUNLIFFE *et al.* (2003), que analisaram os resíduos de poliéster, resina fenólica, epóxi, viniléster,

polipropileno e polietileno, e THALLADA *et al.* (2003) que estudaram a degradação térmica de outras misturas de resíduos plásticos contendo polietileno, polipropileno, poliestireno, PVC, além da comparação destes com resíduos sólidos municipais. Em temperaturas acima de 400°C, uma cadeia linear de polímeros é tão instável que se decompõe espontaneamente em pequenas moléculas depois de um certo período de tempo, mesmo sem a penetração do ar, de outros gases reativos ou de substâncias com efeito catalítico. Por isso a pirólise é realizada acima desta temperatura.

De acordo com Costa-Muniz (2004), no processo de pirólise, os diferentes componentes do polímero atingem suas temperaturas de decomposição e começam a liberar uma ou mais das seguintes substâncias:

- a) Gases combustíveis como alcanos, alcenos, formaldeído e monóxido de carbono;
- b) Gases não combustíveis, como vapor d'água e dióxido de carbono;
- c) Gases corrosivos como cloreto de hidrogênio e brometo de hidrogênio;
- d) Líquidos, geralmente fragmentos das cadeias poliméricas;
- e) Partículas sólidas como fuligem, fibra de vidro e cargas minerais;
- f) Radicais livres.

Nota-se que a técnica de pirólise auxilia na recuperação de produtos químicos e é uma possível alternativa para a reciclagem terciária de plásticos industriais.

3.3. Potencialidades do líquido pirolítico como combustível

Cada maneira de operar o reator pirolítico vai produzir mais ou menos um determinado produto, um exemplo, é a pirólise rápida com temperatura na faixa de 350 – 500 °C, que visa à produção de bio-óleo. Esse líquido resultante do processo pode ser facilmente armazenado e transportado, e por essa característica mostra-se muito mais vantajoso que outros

processos de termoconversão para materiais lignocelulósicos.

As aplicações do bio-óleo são bastante promissoras por ele possuir várias substâncias de grupamentos químicos diferentes. Uma das aplicações é a produção de combustíveis líquidos através do processo de catálise, onde podem ser obtidos hidrocarbonetos leves, misturas aromáticas de gasolina e até o próprio diesel de origem vegetal. No caso da utilização do bio-óleo para combustão em motores ciclo diesel, são necessários mais estudos para solucionar problemas com corrosão, baixo valor de aquecimento e reações de polimerização ou envelhecimento (GOMES, 2010).

3.4. Diminuição do volume agregado

A redução do volume total de resíduos destinados à deposição final em aterros sanitários é uma das mais benéficas vantagens da pirólise dos resíduos sólidos. Cabral *et al* (2007), analisou amostras de diferentes tipos de resíduos, conforme a Tabela 01, e os submeteu ao processo pirolítico a temperatura de 450° para realizar o balanço de massa e sua relação com os rendimentos obtidos.

Tabela 1: Técnicas de pirólise em diferentes compostos, de acordo com alguns autores, seus objetivos, eficiências constatadas e impactos ambientais provenientes.

Técnica	Autor	Objetivo	Eficiência	Impactos Ambientais
---------	-------	----------	------------	---------------------

Pirólise em RSSS	Melo <i>et al</i> (2008)	Avaliar a viabilidade da pirólise em RSSS	Em torno de 89% de redução em massa	Positivos- Redução do volume útil necessário em aterros e técnica menos poluidora que a incineração
Pirólise em compostos plásticos	Costa-Muniz (2004)	Recuperação de produtos químicos	Em temperaturas acima de 400°C, eficiência alta	Positivos- Realiza reciclagem terciária de plásticos industriais
Pirólise com ênfase na obtenção de bio-óleo	Gomes (2010)	Obter bio-óleo e avaliar suas aplicações	Em temperatura na faixa de 350 – 500°C, que visa à produção de bio-óleo, varia de acordo com a matéria-prima, podendo chegar a um rendimento de 80%.	Positivo- Atribuição de valor ao bio-óleo, utilizando-o como biocombustível
Pirólise com ênfase em diminuição de volume agregado	Cabral <i>et al</i> (2007)	Avaliar a eficiência do processo em diferentes matérias-primas	Redução em até 90% do volume útil de acordo com cada matéria-prima	Positivo- Prolongamento da vida útil dos aterros sanitários

Após os testes, constatou-se uma eficiência na redução mássica dos RSSS de 89% e conclui-se que as concentrações de compostos clorados nas emissões atmosféricas foram significativamente inferiores às máximas permitidas na legislação utilizada como referência. Esses resultados colocam o processo de pirólise como vantajoso em relação ao processo de incineração, cuja atmosfera oxidante favorece a formação desses compostos; a classificação do resíduo carbonizado como classe II possibilita sua disposição final em

aterros sanitários, juntamente com resíduos domésticos, com a vantagem adicional de não contribuir com a geração de chorume nas células de aterramento; esses resultados também indicam que a tecnologia de tratamento térmico de RSSS por pirólise pode ser considerada uma alternativa promissora e segura, em relação aos aspectos ambientais (Melo *et. al*, 2008).

Após o experimento realizado por Cabral *et. al* (2007), foi realizado o balanço de massas dos produtos, onde

podemos notar que a quantidade obtida de cada subproduto da pirólise: resíduo (carvão), líquido pirolítico e gases, variou significativamente de acordo com as características próprias das matérias-primas submetidas ao processo, ou seja, a variação nos rendimentos pode ser entendida em função da diferença entre as estruturas moleculares dos polímeros. Dependendo do tipo de interação que a molécula possui, esta apresentará uma maior ou menor degradação quando for submetida a um tratamento térmico.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Percebe-se que a técnica de pirólise mostra-se promissora para os resíduos de serviço de saúde por ser uma alternativa de destinação final mais eficiente e de valor agregado considerável se comparada à incineração que, atualmente, é a mais utilizada nesses casos.

A viabilidade técnica de uma planta industrial de pirólise é função de fatores como:

- a) o tipo de resíduo industrial;
- b) o tipo de combustível produzido;
- c) os equipamentos que compõem uma planta de pirólise;
- d) a análise de investimento.

A pirólise também pode ser utilizada para a recuperação de produtos

químicos que são liberados á altas temperaturas e na produção do bio-óleo que está sendo bastante estudado para aplicação como combustível. Porém, a maior eficiência comprovada da pirólise é a redução do volume agregado das matérias-primas, o qual viabiliza o descarte final por diminuir em até 45% seu volume total, tornando-se a melhor opção para os resíduos urbanos domésticos, aumentando assim a vida útil dos aterros sanitários.

Portanto, a pirólise é uma técnica que se apresenta viável tanto do ponto de vista tecnológico, quanto o ambiental, no sentido de reaproveitamento de subprodutos, atribuição de valor agregado ao bio-óleo originado no processo e, principalmente, ao prolongamento da vida útil dos aterros sanitários ou controlados.

REFERÊNCIAS

- CABRAL, L.L; AGUIAR, M.R.M. **Pirólise de resíduos sólidos da Bacia de Campos**. Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Campus Maracanã. Rio de Janeiro, 2007.
- COSTA-MUNIZ, A.R. **Otimização da Operação de um Reator de Pirólise de Resíduos Sólidos Industriais**. Florianópolis, 2004. 197p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CUNLIFFE AM.; JONES N.; WILLIAMS PT. - **Pyrolysis of Composite**

- Plastic Waste.** Environmental Technology, 24, 5, p.653-663, 2003.
- GOMES, M.S. Produção de bio-óleo através do processo termoquímico de pirólise (Monografia). Araçatuba, SP: Fatec, 2010.
- JURAS, I.D.A.G.M. **Destino dos resíduos sólidos e legislação sobre o tema** (Nota técnica). Dezembro, 2000.
- LOVETT, S.; BERRUTI, F.; BEHIE, L.A. - **Ultrapolyrotic upgrading Of Plastic Wastes And Plastics/Heavy Oil Mixtures To Valuable Light Gas Products.** Industrial Engineering Chemistry, 1997.
- LUCAS, E. F.; SOARES, B.G.; MONTEIRO, E.E.C. Caracterização de Polímeros, Determinação de Peso Molecular e Análise Térmica, 1º ed., E-papers: Rio de Janeiro, 2001.
- SANCHÉZ, C.G; DEL CAMPO, E.R.B. **Tecnologia da gaseificação.** Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Térmica e de Fluidos. Campinas, 2000.
- TALLADA B.; MD. A.U.; KAZUYA M.; JUN K.; KENJI H.; TOSHIKI K.; AKINORI M.; YUSAKU S. - **Comparison of thermal degradation products from real municipal waste plastic and model mixed plastics.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 70, 2, p.579-587, 2003.