



EIXO TEMÁTICO: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS.  
FORMA DE APRESENTAÇÃO: RESULTADO DE PESQUISA.

## **BIO-ÓLEO DE RESÍDUOS SÓLIDOS OBTIDO VIA PIRÓLISE: ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

Juliana Araujo da Silva<sup>1</sup>

Adriana Garcia<sup>2</sup>

Marcelo Aparecido Mendonça<sup>3</sup>

Caio César Spíndola de Oliveira<sup>4</sup>

Maria Alvina Krähenbühl<sup>5</sup>

### **Resumo**

O trabalho baseia-se no processo de pirólise para a destinação final dos resíduos sólidos, com a utilização de seu produto líquido para fins energéticos. Realizaram-se ensaios físico-químicos com o objetivo de avaliar as propriedades do bio-óleo. Apresentando, em média, massa específica de  $0,9436 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , viscosidade cinemática de  $1,34 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , 0,20 % m/m de enxofre, poder calorífico de  $40,4 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  e teor de hidrogênio de 7,9 % m/m.

**Palavras Chave:** Bio-óleo; Pirólise; RSU.

### **INTRODUÇÃO**

A crescente produção de resíduos urbanos traz questionamentos quanto às futuras diretrizes sobre esse assunto: devem-se destinar mais áreas para aterros? Incinerar é a melhor solução? Deve-se investir em reciclagem até que não se precise mais de outras opções? Em meio a essas e tantas outras propostas, a pirólise do resíduo sólido urbano (RSU) tem sido estudada. Esse processo consiste na conversão térmica do RSU, utilizando um reator com controle de temperatura, o qual converte o material em produtos líquidos, sólidos e gasosos. Esses produtos, por sua vez, apresentam compostos que possui aplicabilidade na indústria, principalmente como fonte de energia (CHEN, et al., 2014).

Mundialmente as principais tecnologias térmicas utilizadas para conversão de RSU para geração de energia são incineração, gaseificação e pirólise. Sendo a pirólise

<sup>1</sup> Bolsista no IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, julianasilva@ipt.br

<sup>2</sup> Pesquisador no IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, adrianag@ipt.br

<sup>3</sup> Pesquisador no IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, marmend@ipt.br

<sup>4</sup> Pesquisador assistente no IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, caiocso@ipt.br

<sup>5</sup> Prof.<sup>a</sup>. na Unicamp, Av. Albert Einstein, 500, mak@feq.unicamp.br

uma tecnologia incipiente necessitando ainda de vários estudos, principalmente na avaliação das características do bio-óleo obtido.

As propriedades físico-químicas são de suma importância para caracterizar os produtos da pirólise, uma vez que esses produtos podem ser utilizados como combustíveis; além dessas informações serem úteis no projeto de caldeiras e na determinação de quantidades de ar necessárias para a combustão (SILVA, 2004).

## **METODOLOGIA**

Foram utilizadas amostras das sobras alimentares (SA) e copos plásticos/poliestireno (PS) do restaurante do IPT e sobras de papel rascunhos para esse trabalho. As sobras alimentares passaram por processo de secagem em estufa a 105 °C, seguida de moagem para obtenção de um pó com granulometria menor que 60 *mesh*. As amostras de papel e poliestireno foram picotadas para redução da granulometria.

O experimento de pirólise foi conduzido em parceria entre o IPT e a empresa Bioware. Um reator em aço inox com leito fixo, temperatura máxima de 500 °C, em escala de bancada, foi utilizado para executar os experimentos. Foram obtidos bio-óleos das sobras alimentares (SA), poliestireno (PS) e papel; de misturas binárias (Papel e PS; PS e SA; Papel e SA); e por fim, da mistura ternária Papel, PS e SA, com a finalidade de simular as diferentes frações dos resíduos sólidos urbanos.

Para a análise dos produtos gerados, foram realizados ensaios conforme especificação da norma ASTM D7544, que inclui dentre outros: massa específica, viscosidade cinemática, poder calorífico e teor de enxofre.

Para complementar as análises foi realizado o ensaios de CHN (ASTM D5291).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Todas as amostras que continham em sua composição papel e sobras alimentares produziram frações líquidas com duas fases, uma fração aquosa e outra de bio-óleo.

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), os óleos combustíveis são classificados de acordo com os limites de viscosidade e teor de enxofre. No caso de óleos combustíveis em turbinas geradoras de energia elétrica (OCTE), estabelece que a viscosidade cinemática precisa estar entre 1,6 mm<sup>2</sup> · s<sup>-1</sup> e 6,0 mm<sup>2</sup> · s<sup>-1</sup> (40 °C), e teor de enxofre menor que 1 %. Já para óleos combustíveis com aplicações diferentes das geradoras de energia, a viscosidade cinemática deve ser menor que 620 mm<sup>2</sup> · s<sup>-1</sup>, e teor de enxofre menor que 1 %. Os óleos obtidos via pirólise apresentaram, em média, valor de viscosidade cinemática de 1,34 mm<sup>2</sup> · s<sup>-1</sup> a 40 °C e 0,20 % em massa de enxofre.

Ao se comparar o poder calorífico superior (PCS) dos óleos de pirólise com outros combustíveis, percebe-se que os conteúdos energéticos são semelhantes. Segundo Rodrigues (2009), o PCS do óleo diesel é em média de 43,0 MJ · kg<sup>-1</sup>. Já os óleos da mistura ternária apresentaram um valor médio de 40,4 MJ · kg<sup>-1</sup>. O valor médio encontrado para todas as amostras foi de 37,2 MJ · kg<sup>-1</sup>.

O teor de carbono dos bio-óleos apresenta-se na faixa de 65,7 a 86,3 % em massa, o teor hidrogênio encontra-se entre 7,2 a 8,6 % m/m e o teor de nitrogênio entre 0,1 a 7,6 % em massa.

O teste com matéria-prima de sobras alimentares continha inicialmente 2 a 4 % de nitrogênio e após a pirólise o teor de nitrogênio obtido foi de 7,6 %.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das caracterizações físico-químicas das amostras de bio-óleo obtido da pirólise de RSU apresentaram valores similares ao óleo combustível, considerando as propriedades viscosidade cinemática, teor de enxofre e PCS, e similar ao óleo diesel quanto ao PCS.

Constatou-se que o valor do poder calorífico do bio-óleo obtido variou conforme a composição da matéria-prima utilizada, podendo ser classificadas em ordem decrescente de valor de PCS: PS+Papel, PS+Papel+SA e PS+SA.

O teor de Nitrogênio presente inicialmente nas amostras das sobras alimentares, após a pirólise foi transferido preferencialmente para a fração óleo.

## REFERÊNCIAS

- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>> Acesso em: 27 de julho de 2017.
- CHEN, J., Huang, L.W., Zhang, X.M., 2008. Pyrolysis analysis of RDF by TG-FTIR techniques. **Environ. Sci. Technol.** 31, 29-32 (in Chinese), 2014.
- RODRIGUES MARTINI, Paulo Roberto. **Conversão Pirolítica de Bagaço Residual da indústria de suco de laranja e caracterização química dos produtos.** 2009. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química)- Área de concentração em química analítica, UFSM, Rio Grande do Sul, 2009.
- SILVA LORA, Electo Eduardo ; ROSA DO NASCIMENTO, Marco Antônio . **Geração Termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004.