

# FRACIONAMENTO DE ÓLEO DE PIRÓLISE DE PNEU EM UMA FRAÇÃO DE COMBUSTÍVEL LEVE POR DESTILAÇÃO A VAPOR

Guilherme Anchieta Costa<sup>1</sup>, Ronaldo Gonçalves dos Santos

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Química, FEI

<sup>2</sup>Departamento, Instituição

[anchieta.guilherme@yahoo.com.br](mailto:anchieta.guilherme@yahoo.com.br), [rgsantos@fei.edu.br](mailto:rgsantos@fei.edu.br)

**Resumo:** A pirólise foi identificada como um processo suplementar para produzir combustíveis alternativos a partir da degradação térmica do resíduo. Neste trabalho, um processo de destilação a vapor foi aplicado para extrair uma fração de combustível leve do óleo de pirólise do pneu (FCL). Os resultados dos estudos apontam a viabilidade do FCL em substituir a gasolina convencional.

## 1. Introdução

Os resíduos de pneus têm sido uma preocupação ambiental, devido aos graves danos potenciais que podem ser causados pelo descarte inadequado em lixões e aterros sanitários, resultando na contaminação das águas subterrâneas e dos cursos de águas. Além disso, o descarte inadequado de pneus e seu manuseio devem levar ao risco de emissão de poluentes nocivos, como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e compostos orgânicos voláteis, uma vez que, esses resíduos de pneus são praticamente imunes a tratamentos químicos e biológicos. A conversão térmica de resíduos é um método em potencial, uma vez que degrada o pneu sucateado e obtém-se combustíveis não convencionais. A pirólise rápida foi identificada como uma alternativa promissora para converter as longas estruturas moleculares em pequenas moléculas [1,2]. A pirólise é um processo redox que opera sob uma atmosfera inerte em altas temperaturas para clivar moléculas químicas, produzindo uma fase líquida contendo uma mistura orgânica [3]. De acordo com a disposição do processo, o óleo derivado da pirólise pode ser um substituto adequado para os combustíveis derivados da gasolina [4,5,6,9].

Um grande conjunto de estudos abordou a conversão de pneus de sucata em combustíveis e produtos químicos por meio do processo de pirólise [1,2]. A composição do óleo derivado do pneu foi tipicamente caracterizada como uma mistura de hidrocarbonetos com 7-14 carbonos, contendo um único anel alquilbenzenos e aromáticos policíclicos, tais como derivados de indeno e naftaleno, e terpenos, como limoneno (1-metil-4-prop-1-en-2-il-ciclohexeno) e cimeno (1-metil-4-(1-metiletil) benzeno). Ácidos graxos e compostos nitrogenados com alto valor agregado também foram identificados em óleos de pirólise.

No entanto, o óleo pirolítico é pouco propenso a ser usado diretamente em motores de combustão. Em vez disso, o uso do óleo derivado da pirólise como combustível automotivo requer um estágio

suplementar de atualização para alcançar todos os requisitos técnicos e legais.

Os métodos mais comuns para o fracionamento de óleo de pirólise foram extração por solvente, cromatografia e destilação.

O processo de destilação baseia-se na relativa volatilidade dos componentes da mistura e podem ser aplicados para a separação de uma ampla gama de compostos orgânicos voláteis (COVs) do óleo de pirólise. A injeção de vapor aquece o óleo, aumenta a pressão de vapor total e diminui seu ponto de ebulição. A adição de vapor permite que a mistura de água orgânica ferva em temperaturas abaixo de 100°C, evitando a degradação de compostos termicamente sensíveis. A destilação a vapor pode ser aplicada para separar componentes importantes de uma variedade tipo óleo, compreendendo óleos essenciais e óleos crus. A destilação a vapor também tem sido usada com sucesso para obter substâncias valiosas de óleos de pirólise.

Neste trabalho apresentado, um leve corte foi extraído de um óleo pirolítico utilizando destilação a vapor para ser utilizado como combustível alternativo. O óleo de pirólise foi produzido a partir de resíduos de pneus em um reator de pirólise em escala piloto. A fração orgânica separada por destilação a vapor foi caracterizada visando sua posterior aplicação no motor de combustão. A gravidade específica, a viscosidade dinâmica, a composição química e as propriedades do combustível foram avaliadas usando métodos padrão experimentais. As principais propriedades da fração leve mostraram uma semelhança muito próxima à gasolina derivada do petróleo. Os resultados apontam para a viabilidade de substituir a gasolina convencional pela fração leve obtida do óleo derivado do pneu por destilação a vapor.

## 2. Metodologia

**Destilação a vapor do óleo proveniente da pirólise do pneu:** o vapor de água desionizada é injetado em 500 ml do óleo pirolisado, causando um aumento da pressão de vapor total suficiente para ferver o óleo e volatilizar substâncias de baixa pressão de vapor (óleos leves). Posteriormente, a mistura gasosa contendo vapor d'água e orgânicos leves foi condensada em um condensador operado a -7°C, utilizando álcool etílico como fluido refrigerante. Finalmente, a fração líquida orgânica foi separada da fase aquosa e rotulada como fração combustível leve (FCL). A Figura 1 ilustra o processo de destilação a vapor.

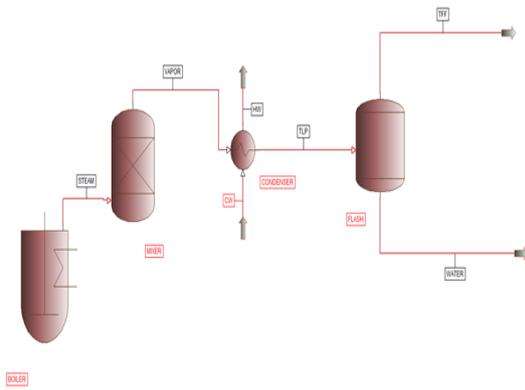


Figura 1: Destilação por arraste de vapor do óleo pirólítico de pneu.

**Composição e propriedades do LFF:** A fração combustível leve foi submetida a testes laboratoriais como: cromatografia gasosa acoplado a um espectrometria de massa (GC-MS), espectrometria infravermelho (Mid-IR), número de octanas do motor (MON e RON) e viscosidade dinâmica.

### 3. Resultados

A fração combustível leve (LFF) obtida a partir do óleo de pirólise de pneu (TPO) apresentou uma coloração translúcida amarelo claro, com peso específico de  $0,76 \text{ g.cm}^{-3}$  e viscosidade aparente de  $0,40 \text{ mPa.s}$ , ambos avaliados a  $20^\circ\text{C}$ . Os dados da Tabela 1 mostram as propriedades da LFF muito semelhantes às da gasolina derivada do petróleo (PDG).

Tabela 1: Propriedades físico-químicas do TPO, LFF e PDG.

Property	TPO	LFF	PDG
Specific gravity ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) at $20^\circ\text{C}$	0.93	0.76	0.75
Dynamic viscosity ( $\text{mPa.s}$ ) at $20^\circ\text{C}$	5.54	0.40	0.60
Water content (wt.%) <sup>a</sup>	0.18	-	0.15
Elemental analysis (wt.%)			
C	85.71	-	77.09
H	10.01	-	13.83
N	0.32	-	0.06
H/C ratio	0.12	-	0.18

A Figura 2 mostra os efeitos da temperatura na viscosidade dinâmica para o LFF, PDG, TPO e S10. O TPO e S10 diminuem exponencialmente com o aumento da temperatura, já as curvas PDG e LFF seguem um decaimento exponencial suave.

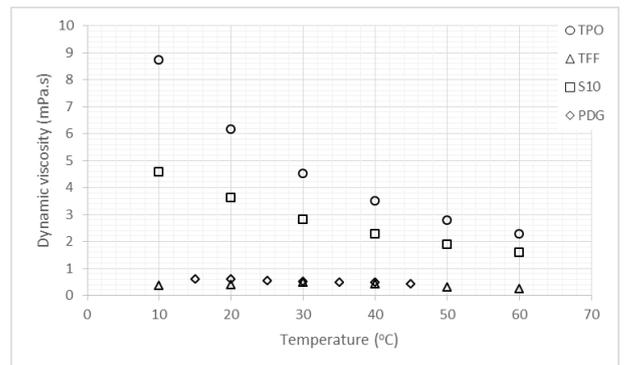


Figura 2: Comportamento da viscosidade dinâmica em relação a temperatura.

### 4. Conclusões

Uma fração de combustível leve extraída do óleo de pirólise de pneu por destilação a vapor foi considerada um combustível alternativo viável. O corte leve foi composto principalmente por componentes orgânicos voláteis. As propriedades físico-químicas da fração de combustível leve se assemelham muito às propriedades da gasolina derivada do petróleo, incluindo propriedades típicas de destilação (como T50, T90 e índice de dirigibilidade) e número de octanas (MON, RON e AKI). A avaliação do combustível extraído por meio de destilação a vapor mostrou a viabilidade de substituir a gasolina de petróleo pela fração leve obtida do óleo derivado do pneu por destilação a vapor.

### 5. Referências

- [1] Murugan S, Ramaswamy MC, Nagarajan G. Assessment of pyrolysis oil as an energy source for diesel engines. *Fuel processing technology* 2009; 90:67-74.
- [2] Ilkiliç C, Aydin H. Fuel production from waste vehicle tires by catalytic pyrolysis and its application in a diesel engine. *Fuel Processing Technology* 2011;92:1129-1135.
- [3] Virmond E, Rocha JD, Moreira RFPM, José HJ. Valorization of agro-industrial solid residues and residues from biofuel production chains by thermochemical conversion: A review, citing Brazil as a case study. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 2013;30:197-229.
- [4] Banar M, Akyildiz V, Ozkan A, Çokaygil Z, Onay O. Characterization of pyrolytic oil obtained from pyrolysis of TDF (Tire Derived Fuel). *Energy Conversion and Management* 2012;62:22-30.

### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pela realização das medidas ou empréstimo de equipamentos, pelo suporte à realização do projeto de pesquisa.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI, R.A: 15.113.150-5 (CNPq). Projeto com vigência de 08/17 a 10/18.