



**Obtenção de bio-óleo a partir de resíduos de casca de batata**  
**Lívia C. Marra<sup>1</sup>, Camila O. Guimarães<sup>1</sup>, Edgar C. Furtado<sup>1</sup>, Maikel L. Maloncy<sup>2</sup>, Marcelo S. Batista<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ (marcelobatista@ufsj.edu.br)

<sup>2</sup> The Hague University of Applied Sciences – THU (m.l.maloncy@hhs.nl)

**Resumo**

A pirólise é um dos métodos mais eficazes, vantajosos e econômicos de se obter bio-óleo na ausência de oxigênio. Por isso, neste artigo estudou-se a obtenção de bio-óleo a partir da pirólise de resíduos de casca de batata. Objetivou-se avaliar a influência do tamanho médio das partículas do resíduo de casca de batata, bem como comparar os resultados obtidos com o de outra matéria prima, a casca de arroz. Das três faixas granulométricas avaliadas: (a) entre 0,500 mm e 1,400 mm; (b) entre 1,400 e 3,350 mm e (c) superior a 3,350 mm, o melhor rendimento em líquido (água e bio-óleo) foi de 29,18%, sendo obtido com a menor granulometria. Comparados os resíduos de batata e de arroz, nas granulometrias (a) e (b), observou-se que, na menor faixa de tamanho, a casca de arroz se mostrou mais eficaz para a produção de bio-óleo, com um rendimento em líquido de 44,29%. Por outro lado, para a maior granulometria, a casca de batata apresentou maior rendimento em líquido em torno de 27,74%.

Palavras-chave: Pirólise. Bio-óleo. Casca de batata. Casca de arroz.

Área Temática: Biocombustíveis

**Bio-oil production from waste potato peel**

**Abstract**

*Pyrolysis is one of the most effective, economic and useful ways to produce bio-oil in the absence of oxygen. This article presents a study about the production of bio-oil from pyrolysis of waste potato peel. This study aimed to evaluate the influence of the average particle size of the waste potato peel, and compare the results with another raw material, the rice husk. Three particles size were analyzed : (a) between 0.500 mm and 1.400 mm, (b) between 1.400 and 3.350 mm, and (c) greater than 3.350 mm. The best result with liquid (water and bio-oil) was 29.18% and it was obtained from the smaller particle size. The results obtained from potato peel and rice husk were compared for grain sizes (a) and (b). It was observed that the rice husk with the smaller size is more effective for bio-oil production than the other, with results with liquid of 44.29%. However for the large particles sizes, the most effective raw material was the potato peel presenting a result with liquid of 27.74%.*

*Key words: Pyrolysis. Bio-oil. Potato peel. Rice rusk.*

*Theme Area: Biofuels*



## 1 Introdução

No mundo atual, as reservas de petróleo de mais fácil acesso estão se esgotando e as novas reservas têm se concentrado em regiões inóspitas, como em desertos, regiões geladas e a grandes profundidades abaixo de águas marinhas (MORTENSEN et al, 2011). Com isso, tem havido um enorme esforço em desenvolver tecnologia para a exploração desse tradicional combustível, o que tem feito o preço desta fonte energética crescer e aberto perspectivas para alternativas energéticas.

Dentro desse contexto, os combustíveis derivados de biomassa, ou biocombustíveis, são considerados materiais energéticos de grande potencial, uma vez que são fabricados num ciclo produtivo de curto prazo e constituem fontes renováveis.

Os biocombustíveis de primeira geração são produzidos a partir da fermentação de açúcar ou amido, caso do bioetanol, ou fabricados a partir de óleos vegetais, caso do biodiesel. Há alguns anos atrás surgiram os biocombustíveis de segunda geração, dentro do conceito de “coprodutos” e, por isso mesmo, com origem em resíduos de produtos agrícolas, sobras de madeira e de outros rejeitos de produtos orgânicos (VALLE et al, 2010).

Assim, o bio-óleo, como um combustível de segunda geração, não interfere e nem compete com os produtos agrícolas, se valendo simplesmente dos resíduos desses materiais. O conceito embutido nesse tipo de combustível é a conversão de matérias orgânicas rejeitadas em produtos mais valiosos e nobres. Dentro desta perspectiva, os bio-óleos certamente representam uma atrativa alternativa para o Brasil, que possui uma produção agrícola muito significativa em termos mundiais, e que onde há, por consequência, uma substancial geração de resíduos e rejeitos orgânicos (ÖNAL et al, 2011).

A tecnologia de pirólise de biomassa é um método econômico e vantajoso de obter combustível líquido (bio-óleo), à pressão atmosférica e na ausência de oxigênio, podendo isso ser feito continuamente e em grande escala. O bio-óleo é considerado energia limpa, apresenta alta densidade energética e baixíssimo conteúdo de compostos de enxofre e nitrogênio (ROCHA et al, 2005). Ressalta-se ainda que, no processo de pirólise, tem-se a geração de subprodutos de bom conteúdo energético, que são o biogás e o biocarvão. No gás gerado no processo de pirólise têm-se, predominantemente, óxidos de carbono ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ). Por outro lado, a fração líquida gerada, bio-óleo, é composta de ácidos orgânicos, ésteres, álcoois, cetonas, aldeídos, fenóis, alcenos, furanos, guaiacóis, seringóis, açúcares e diversos oxigenados (JAYASINGHE et al, 2012).

A batata inglesa é considerada a principal hortaliça cultivada atualmente no Brasil, sendo sua produção estimada em 3.785.257 toneladas nesse ano de 2013, com crescimento médio de 1,6% nos últimos 5 anos (IBGE, 2013). A área plantada anualmente está em torno de 170.000 ha, com produção superior a 2.500.000 ton/ha. As Regiões Sul e Sudeste (PR, SC, RS, MG e SP) são responsáveis por mais de 95% da produção brasileira atual, contribuindo com aproximadamente 98% da área plantada com batata no Brasil (ARRUDA, 2004). Em termos mundiais, o Brasil é o décimo maior produtor desse tubérculo.

A batata é matéria-prima para a produção de amido (panificação), álcool (vinho) e de tradicionais alimentos dos lares brasileiros. Uma forma industrializada da batata como alimento, que tem crescido bastante nos últimos anos, é na forma de “chips” (batatas fritas embaladas). Estima-se que no processo de industrialização desse tipo de produto alimentício sejam descartadas mais de 300 mil toneladas de cascas de batata por ano. Diante dessa enorme geração de resíduos, e por ser um produto orgânico, esse tipo de resíduo constitui-se certamente numa boa fonte de bio-óleo (FERNANDES et al, 2008). Segundo YORINORI (2012), no Brasil a batata, como alimento, é consumida em grande escala na sua forma “in natura”, ou seja, aproximadamente 85% do alimento produzido tem esse destino. A batata na forma de chips representa 10%, enquanto a forma pré-processada demanda 5%.



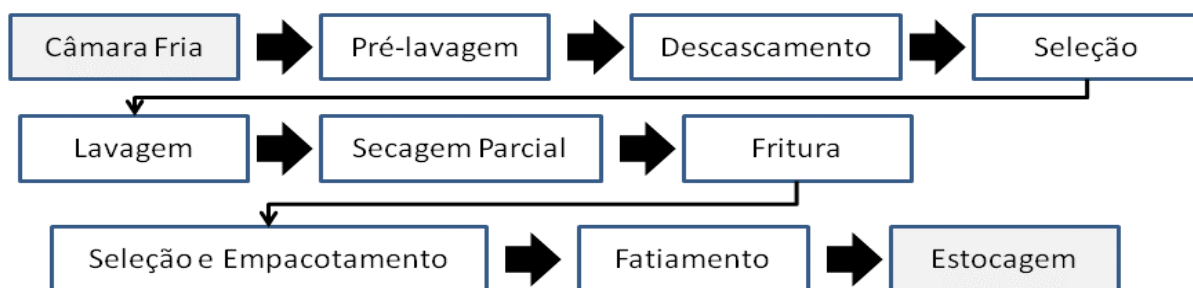
Outra fonte com bom potencial para a produção de bio-óleo é a casca de arroz. O Brasil produz aproximadamente 11 milhões de toneladas de casca de arroz por ano, sendo que esse material representa 20% do peso total do grão. A casca de arroz é composta por aproximadamente 10% de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), e o restante é material orgânico, como celulose, hemicelulose e lignina (CAMPOS et al, 2013). DINIZ (2005), em sua tese de doutorado, mostrou que a produção de bio-óleo a partir de casca de arroz pode ser realizada em leito fixo e em temperaturas mais baixas em relação a outras fontes orgânicas, a cerca de  $420^\circ\text{C}$ . O óleo obtido não era tóxico e apresentava bom nível energético, com a vantagem de não gerar gases poluidores. Isto ocorre quando se queima a casca de arroz em fornos ou em caldeiras de vapor, uma vez que esse material possui um bom poder calorífico: 3384 kcal/kg (COELHO et al., 2002). Uma grande desvantagem da casca de arroz é sua baixa densidade e grande higroscopicidade, que onera seu custo em termos de transporte, se considerado como insumo energético.

Neste trabalho, estudou-se a produção de bio-óleo, a partir da pirólise de resíduos de casca de batata, com o objetivo de avaliar a influência do tamanho médio da casca no rendimento em combustíveis (gasosos, líquidos e sólidos). Para fins de comparação de resultados, também foi avaliada a pirólise de casca de arroz.

## 2 Metodologia

A Figura 1 mostra o fluxo sequenciado de operações, típico para a produção industrial de batata na forma de chips. Pode ser observado que na etapa de descascamento são geradas as cascas de batatas, insumo utilizado nesse trabalho para a fabricação do bio-óleo.

Figura 1- Fluxograma da produção de batata chips



A casca de batata utilizada neste trabalho foi fornecida pela empresa Frithais (Conselheiro Lafaiete – MG), que produz Chips, do tipo batata palha. Inicialmente, realizou-se a preparação da matéria-prima, que constou da secagem das cascas de batata em estufa de aquecimento resistivo, a temperatura de  $120^\circ\text{C}$ , por cerca de 3 h. Nessas condições de secagem, a perda de massa é devida unicamente à remoção de água (ÖNAL et. al. 2011).

As partículas secas foram separadas por faixas de tamanho com o auxílio de peneiras granulométricas, em mesa vibratória, por um período de 10 min. Foram classificadas seis diferentes faixas granulométricas, sendo elas: (i) inferior a 0,150 mm; (ii) entre 0,150 mm e 0,300 mm; (iii) entre 0,300 e 0,500 mm; (iv) entre 0,500 mm e 1,400 mm ;(v) entre 1,400 e 3,350 mm e (vi) superior a 3,350 mm.

A pirólise rápida das cascas de batata e de arroz foi realizada em um reator de aço inox (AISI 306) de 280 mL, pressão atmosférica. O aquecimento ( $\sim 100^\circ\text{C}/\text{min}$ ) foi efetuado com o auxílio de uma resistência de 2.000 watts, feita sob medida para o reator de aço. Para evitar a perda de calor, o reator foi envolto com lã de rocha. A temperatura foi medida e controlada por um controlador PID ligado a um termopar. Em cada batelada utilizou-se



aproximadamente 30 g de casca seca de batata ou de arroz. Foi utilizado nitrogênio como gás de arraste, com fluxo de aproximadamente 50 mL/min., durante todo o processo. O tempo de residência na temperatura final de pirólise foi de 2 a 3 min para cada experimento. Na saída do reator, o produto líquido (bio-óleo + água) foi condensado em tubos de ensaio imersos em banho de gelo. Para avaliar a influência do tamanho das cascas de batata no rendimento em líquido, associado à produção do bio-óleo, foram definidas três faixas granulométricas: (a) entre 0,500 mm e 1,400 mm; (b) entre 1,400 e 3,350 mm e (c) superior a 3,350 mm. Os rendimentos em sólido (carvão), líquido (bio-óleo+água) e gás foram calculados pela seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{m_i \times 100}{m_{\text{total}}} \quad (1)$$

Onde:  $m_{\text{total}}$  = massa de casca seca de batata ou de arroz usada na batelada

$m_i$  = massa obtida de sólido ou de líquido ou de gás.

massa de gás =  $m_{\text{total}}$  – massa sólido+líquido

### 3 Resultados e Discussão

O resultado da classificação granulométrica das cascas de batatas secas está apresentado na Tabela 1. Esta tabela mostra que as cascas de batata concentram-se em faixas de maior tamanho granulométrico, ou seja, 80% do material estão acima de 1,40 mm. Somente 1,5% do material encontram-se na faixa de menor tamanho, abaixo de 0,30 mm. O restante do material (18,5%) apresenta tamanho intermediário na classificação granulométrica, ou seja, de 0,30 a 1,40 mm. Diante deste resultado, optou-se por trabalhar com as faixas granulométricas com maior quantidade de material e, assim, foram tomadas três classes de tamanho para efeito da produção do bio-óleo: classe (a), entre 0,500 mm e 1,400 mm (com 16,8% do material recebido); classe (b), entre 1,400 e 3,350 mm (com 55,5% do material recebido); e classe (c), superior a 3,350 mm (com 24,5% do material recebido).

Tabela 1- Distribuição granulométrica do resíduo de casca de batata

Faixa granulométrica	Massa da casca de batata (g)	Porcentagem ponderal (%)
Menor que 0,150 mm	0,06	0,4
Entre 0,150 mm e 0,300 mm	0,18	1,1
Entre 0,300 mm e 0,500 mm	0,29	1,7
Entre 0,500 mm e 1,400 mm	2,80	16,8
Entre 1,400 mm e 3,350 mm	9,21	55,5
Maior que 3,350 mm	4,07	24,5

Durante a realização dos experimentos de pirólise da casca de batata observou-se que a produção de gás dentro do reator inicia entre 60°C e 70°C, e que, a saída de gás é atenuada ao se atingir temperaturas superiores a 80°C. Os produtos líquidos e gasosos foram obtidos após o tratamento de pirólise rápida em temperaturas de 550°C a 580°C. No Quadro 2 são apresentados os rendimentos das frações de gás, sólido e líquido, nas três faixas granulométricas avaliadas.

Na Tabela 2 pode ser observado que à medida que foi aumentado o tamanho das cascas de batata, houve um decréscimo do rendimento da fração líquida e, por consequência, menos bio-óleo foi produzido e, em contrapartida, maior rendimento da fração gasosa, enquanto que o rendimento da fração sólido praticamente se manteve constante. ONAY E KOÇKAR (2001), trabalhando com pirólise de sementes de cartamo, também observaram queda do rendimento em bio-óleo com o aumento do tamanho de partículas. Para esses



pesquisadores, a queda de rendimento foi atribuída à transferência de calor dentro da partícula, que durante a pirólise, ocorre mais lentamente para materiais com maior tamanho de partícula. Com isso, o aquecimento da carga de cascas de maior granulometria é menos uniforme, demorando mais para se atingir a temperatura de tratamento. Por outro lado, a menor granulometria, entre 0,500 e 1,400 mm, apresentou aquecimento mais uniforme e, consequentemente, mostrou o maior rendimento em líquido (29,18%).

Tabela 2- Rendimento em gás, sólido e líquido, usando diferentes granulometrias e temperatura entre 550-580°C

Experimento	Tamanho (mm)	Rendimento em gás (%)	Rendimento em líquido (%)	Rendimento em sólido (%)
1	Classe (a): entre 0,500 e 1,400	40,04%	29,18%	30,78%
2	Classe (b): entre 1,400 e 3,350	39,91%	27,74%	32,35%
3	Classe (c): superior a 3,350	55,31%	16,21%	28,48%

ÖNAL et al (2011) realizaram a pirólise rápida a 550°C, utilizando casca de batata com uma granulometria média de 0,80 mm, e obteve diferentes rendimentos em gás (32,05%), líquido (47,50%) e sólido (20,45%). Comparando-se esses valores com os obtidos na Tabela 2, na faixa de tamanho entre 0,500 mm e 1,400 mm, observa-se que o rendimento em líquido obtido na Tabela 2 foi muito menor (29,18%). Por outro lado, o rendimento em sólido observado por ÖNAL et al (2011) foi menor do que o observado na Tabela 2. Essas diferenças entre rendimentos podem ser explicadas por dissimilaridades das condições e técnicas utilizadas nesse experimento e por ÖNAL et al (2011). Observa-se que a relação massa de casca por volume de reator utilizada neste estudo (0,107 g de casca/cm<sup>3</sup> de reator), foi muito maior que ÖNAL et al (2011) usou nos experimentos (0,025 g de casca/cm<sup>3</sup> de reator).

Os resultados da pirólise da casca de batata foram comparados com os da pirólise da casca de arroz. Com isso, foram realizados experimentos visando à produção de bio-óleo a partir da casca de arroz nas mesmas condições experimentais (massa de casca, temperatura, reator, etc.) empregadas para a casca de batata. No caso da casca de arroz foram avaliadas duas faixas granulométricas: (a) entre 0,500 e 1,400 mm; (b) entre 1,400 e 3,350 mm. Os resultados são mostrados nas Figuras 2, 3 e 4.

Na Figura 2 pode ser observado que o rendimento em sólido, na pirólise da casca de batata e da casca de arroz, pouco se alterou com a variação da granulometria dos resíduos. Nota-se, ainda, que os rendimentos em sólido nos dois tipos de casca apresentaram valores próximos.

A Figura 3 mostra que na pirólise da casca de arroz, para a menor faixa granulométrica, classe (a), houve uma intensa geração de líquido, e, por consequência de bio-óleo. Esse resíduo apresentou rendimento em líquido de 44,3%, enquanto a casca de batata mostrou rendimento de 29,2%. Por outro lado, para a maior faixa granulométrica, classe (b), o desempenho dos dois tipos de casca foi reduzido, sendo que a casca de arroz teve uma queda de rendimento consideravelmente maior. Para essa situação, o rendimento da casca de batata (27,7%) suplantou levemente ao da casca de arroz (25,4%). Esse efeito pode ser justificado pela geração mais intensa de fração gasosa ocorrida na pirólise dos materiais mais grosseiros, conforme mostrado na Figura 4. Nesse aspecto, a casca de arroz, na faixa de tamanho de 1,40 a 3,35 mm, gerou muito mais gases do que a casca de batata.

Nas próximas etapas desta pesquisa esta prevista a separação e caracterização físico-química do bio-óleo. Vale ressaltar que o potencial de aplicação desta pesquisa depende da avaliação econômica das variáveis envolvidas no processo de produção do óleo.



Figura 2 – Rendimentos dos produtos na fração sólida obtidos da pirólise de casca de batata e casca de arroz, em duas faixas granulométricas: (a) entre 0,500 e 1,400 mm e (b) entre 1,400 e 3,350 mm.

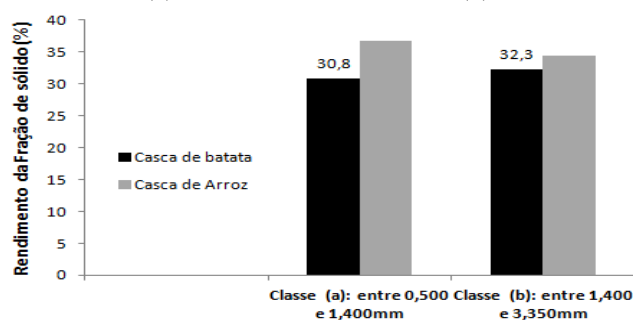


Figura 3 – Rendimentos dos produtos na fração líquida obtidos da pirólise de casca de batata e casca de arroz, em duas faixas granulométricas: (a) entre 0,500 e 1,400 mm e (b) entre 1,400 e 3,350 mm.

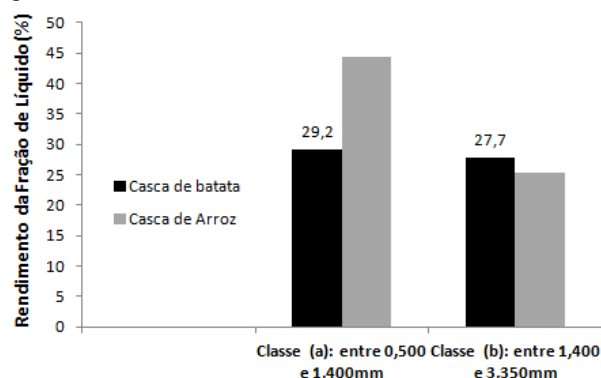
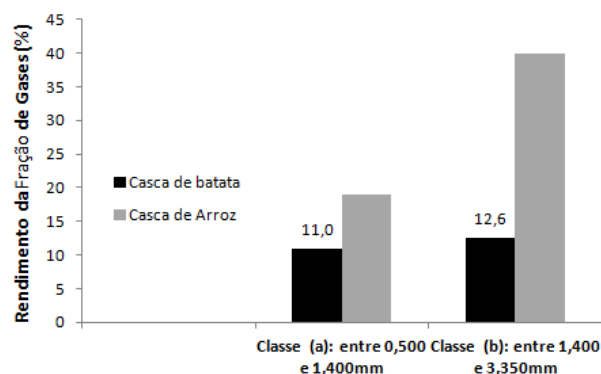


Figura 4 – Rendimentos dos produtos na fração gasosa obtida da pirólise de casca de batata e casca de arroz, em duas faixas granulométricas: (a) entre 0,500 e 1,400 mm e (b) entre 1,400 e 3,350mm.



#### 4 Conclusão

Diante dos resultados apresentados e nas condições experimentais utilizadas pode-se concluir que, a maioria das partículas de casca batata apresenta tamanho entre 1,400 mm e 3,350 mm. Na pirólise rápida da casca de batata em reator batelada, a granulometria da casca influencia no rendimento de produtos líquidos e gasosos. Foi observado que, para a menor classe de tamanhos dos resíduos de batata, entre 0,500 mm e 1,400 mm, obteve-se o melhor rendimento em produtos líquidos (29,2%).

Os resultados da pirólise da casca de batata foram comparados com os da pirólise da casca de arroz. O rendimento em sólido apresentou valores próximos na pirólise da casca de batata e da casca de arroz, e pouco se alterou com a variação da granulometria dos resíduos. A pirólise da casca de arroz, para a menor faixa granulométrica, apresentou rendimento em





líquido de 44,3%, enquanto que a casca de batata mostrou rendimento de 29,2%. Por outro lado, para a maior faixa granulométrica dos resíduos orgânicos, entre 1,400 mm e 3,350 mm, constatou-se que, embora o rendimento de geração de líquido tenha caído para a casca de batata (27,7%), o mesmo foi superior ao apresentado pela casca de arroz (25,4%).

### Agradecimentos

Camila Oliveira Guimarães agradece à FAPEMIG pela bolsa de Iniciação Científica. Agradecemos ao apoio financeiro do projeto CAPES/BRANETEC 009/2012.

### Referências

ARRUDA, C. R. **Análise das Etapas do Processamento de Batatas Chips**, Relatório de Trabalho de Final do Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Católica de Goiás, 38p, 2004.

CAMPOS, R. A.; RODRIGUES, F. A. **Reaproveitamento Total da Casca de Arroz em Processos Produtivos**. Anais do XV Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Moji das Cruzes, 4p, 2013.

COELHO, S. T.; SILVA, O. C.; CONSÍGLIO, M.; PISSETA, M.; MONTEIRO, M. B. C. A. **Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil**, ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), MCT, Brasília, 75 p, 2002.

DINIZ, J. **Conversão Térmica de Casca de Arroz à Baixa Temperatura: Produção de Bio-óleo e Adsorvente Sílico-Carbonoso**, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 185 p, 2005.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. **Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata**, Ciência e Tecnologia de Alimentos, V. 28, p. 56-65, 2008.

IBGE, **Indicadores IBGE - Estatística da Produção Agrícola**. Relatório publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília/Brasil, jan. de 2013, 80p, disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201301comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201301comentarios.pdf)

JAYASINGHE, P.; HAWBOLDT, K. “A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste.” **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. n.16, p. 798-821, 2012.

MORTENSEN, P.M.; GRUNWALDT, J.-D.; JENSEN, P.A.; KNUDSEN, K.G.; JENSEN, A.D. “A review of catalytic upgrading of bio-oil to engine fuels.” **Applied Catalysis A** 407, 2011, p.1-19.

ÖNAL E. P.,UZUN B. B., PÜTÜN A. E. “Steam pyrolysis of an industrial waste for bio oil production.” **Fuel Processing Technology**. Vol. 1, n. 92, p. 879 – 885, 2011.



ONAY, Ö., KOÇKAR, Ö.M. “*Fixed-bed pyrolysis of safflower seed: influence of pyrolysis parameters on product yields and compositions.*” **Renewable energy** n.26, p.21-32, 2001.

ROCHA, J. D.; PÉREZ, J. M. M.; GÓMEZ, E. R.; CORTEZ, L. A. B. **Tecnologia transforma resíduos em novos negócios: Bio-óleo obtido por pirólise rápida de palha e bagaço como fonte de combustível e produtos químicos.** ALCOOLbrás, Vol. 95, 2005, p.88-91.

VALLE, B.; GAYUBO, A. G.; ALONSO, A.; AGUAYO, A. T.; BILBAO, J. “*Hydrothermally stable HZSM-5 zeolite catalysts for the transformation of crude bio-oil into hydrocarbons.*” **Applied Catalysis B: Environmental**, Vol. 100, 2010, p. 318-327.

YORINORI, N. **Panorama da Indústria de Batata Chips no Brasil e no Mundo.** Trabalho apresentado no XXV Congresso Latinaamericana de La Papa, Uberlândia, Brasil, 2012.