

mostram potencial economicamente de tucumã

go da altura do leito de partículas. O objetivo é encontrar a condição operacional a ser mantida no reator para evitar a segregação dos materiais.

Em outra frente, o aluno de doutorado Eugênio de Souza Morita, com tese em andamento, está conseguindo comprovar as vantagens da utilização da serragem de pinus nos experimentos em que avalia o aproveitamento dessa matéria-prima na co-pirólise com carvão mineral. A proposta de seu estudo é identificar uma fonte renovável capaz de auxiliar na redução de emissões poluentes liberadas no processo de pirólise de carvão mineral, combustível abundante na região sul do Brasil e que não deve ser desprezado.

De acordo com ele, a adição da serragem de madeira juntamente com o carvão mineral em processos de termoconversão apresenta vantagens no que diz respeito aos créditos de carbono, contribuindo para a redução do efeito estufa e também amenizando o impacto ambiental provocado pelas indústrias que utilizam a madeira como fonte de matéria-prima a partir do uso e tratamento consciente de seus resíduos.

Em sua pesquisa, Eugênio cita que a indústria moveleira no Brasil, ao empregar como matéria-prima principal a madeira maciça e seus laminados, depara-se com volume cumulativo de resíduos que podem ser aproveitados para inúmeras utilidades, como por exemplo, na confecção de material combustível industrial e familiar e painéis de aglomerado. A baixa qualidade da matéria-prima, o desconhecimento das propriedades físicas, mecânicas e organolépticas da madeira e também a inadequação do emprego de tecnologias de processamento estão entre as causas da geração residual.

Como alternativa ao aproveitamento de resíduos, Eugênio menciona iniciativas como as de fabricantes de painéis reconstituídos, que compram de indústrias moveleiras grandes quantidades de serragem e cavacos, cujo destino final é a produção de aglomerado e MDF. Em relação ao uso da biomassa para gerar energia, no Rio Grande do Sul, após investimentos em pequenas centrais termoelétricas, por exemplo, a Usina de Piratini produz 10 megawatts, utilizando resíduos provenientes de madeireiras da região, com consumo da ordem de 160 mil toneladas anuais.

Eugênio esclarece que a madeira possui em sua massa um considerável teor de lignina, molécula responsável pela rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos nos tecidos vegetais, que se revelou bastante interessante para fins de bioconversão. A serragem de pinus submetida a temperaturas elevadas (350° a 550o C) em testes laboratoriais liberou líquido de considerável poder calorífico, demonstrando o seu potencial para aplicação como combustível.

“Os teores de voláteis, hemicelulose, celulose e lignina são fatores importantes quando se está estudando processos de bioconversão a partir de pirólise. A serragem de madeira, assim como outras biomassas, apresenta aproximadamente 85% de voláteis e teores (em massa) ao redor de 20, 40 e 30% de hemicelulose, celulose e lignina, respectivamente”, observa Eugênio, que em seus experimentos utilizou resíduos de serragem pinus gerada na produção de urnas mortuárias de uma indústria de Piracicaba (SP).

Por meio da co-pirólise de combustíveis renováveis e não renováveis é possível obter líquidos combustíveis de propriedades melhoradas em relação à biomassa “in natura”, como por exemplo, teor de água reduzido e acréscimo do potencial calorífico, além de amenizar os riscos ambientais da utilização do combustível fóssil apenas. Salienta-se ainda que além do líquido gerado, o carvão e gás gerados no processo de pirólise também podem ser aproveitados como combustíveis.



O aluno de doutorado Eugênio de Souza Morita: comprovando as vantagens da utilização da serragem de pinus

Processamento de casca de café rende aplicações

ISABEL GARDENAL
bel@unicamp.br

Coordenado pela Araí Augusta Bernárdez Pécora, com vistas ao aproveitamento da casca de café (*Coffea arabica* L.) pelo processo de pirólise, vislumbrou algumas saídas promissoras na dissertação de mestrado de João Paulo da Silva. Da técnica, o engenheiro químico conseguiu extrair o carvão vegetal e o bio-óleo, produtos que podem ser usados como fontes energéticas ou como fontes de componentes químicos. A investigação, feita no período de 2010 a 2012, parte da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM).

Ainda com a análise cromatográfica das frações líquidas, o mes-trando notou uma elevada quantidade de compostos de alto valor agregado – como a cafeína – de grande interesse na indústria química. “O processamento da casca de café mediante a pirólise poderá representar aplicações energéticas tanto no carvão vegetal gerado quanto no produto líquido e permitir a extração de compostos químicos valiosos comercialmente”, festeja a professora Araí Pécora, orientadora da pesquisa.

O termo pirólise significa “decomposição pelo calor” de um material por energia térmica, na ausência de oxigênio. Assim sendo, resíduos agrícolas, por exemplo, podem ser decompostos termicamente através dessa tecnologia. Dela, resultam três produtos, explica a professora: uma fração sólida (carvão), uma fração líquida oleosa e uma fração gasosa. A proporção entre cada uma das frações depende das propriedades do material que está sendo processado e das condições operacionais do reator.

O objetivo da pesquisa foi obter a condição operacional em que a fração líquida fosse maximizada e caracterizar os produtos resultantes do processo. “Para isso, foi necessário caracterizar a casca de café, resíduo pesquisado, a fim de encontrar as condições operacionais a serem estudadas”, expõe a professora.

Esse tipo de investigação, dimensiona ela, procura contribuir para o desenvolvimento tecnológico do país, já que o café é um importante produto da balança comercial interna, e o seu processamento gera a casca como resíduo.

VALOR

Segundo Araí Pécora, a quantidade de casca de café gerada anualmente no Brasil justifica o emprego dessa biomassa como combustível em diversos processos industriais como os de combustão, de pirólise e de gaseificação.

O problema, relata a orientadora, é que, como esse produto é volumoso e possui densidade energética relativamente pequena (baixa energia por unidade de massa), seu transporte produz custos elevados. Isso pode inviabilizar economicamente a sua utilização em locais afastados, do ponto de geração do resíduo.

Agora, o processo de pirólise tem a vantagem de poder ser realizado junto ao local de disposição da biomassa, fornecendo produtos (carvão vegetal e bio-óleo) com maior densidade energética que a biomassa original e, portanto, podem ser mais facilmente transportados, conta a docente.

Além desses produtos poderem ser aplicados como fonte de calor, poderia-se fazer algo mais vantajoso com ele, ou seja, a obtenção de compostos com maior valor agregado, isso porque, do contrário, o resíduo teria unicamente um destino: ser desprezado na própria plantação, por ter nutrientes capazes de serem empregados como adubo.

Ocorre que esse não seria o melhor modo de aplicação, uma vez que a quantidade de resíduo produzida é muito elevada. O que teria então maior apelo social e comercial? A extração da cafeína ou então de outros compostos que poderiam ser obtidos a partir do bio-óleo. Mas esse assunto ainda deve ser melhor desvendado, avalia Araí Pécora.

De acordo com ela, a cafeína pode ser obtida a partir do líquido formado na pirólise e que traz um rendimento – em termos econô-



Resíduo obtido a partir da casca de café

micos – muito maior do que a própria queima do bio-óleo.

“A caracterização dos subprodutos da pirólise da casca de café permitiu a identificação de diversos componentes químicos nitrogenados e uma grande diversidade de ácidos carboxílicos, produtos de interesse de diversas indústrias químicas”, comenta a orientadora. “Até nas cinzas do carvão verificou-se uma maior concentração de nutrientes para o solo do que no produto in natura, o que indica um potencial desse material como fertilizante para o solo”, informa. Apesar disso, mesmo diante de suas vantagens, esse processo a partir da casca de café ainda é pouco difundido.

João Paulo determinou propriedades da casca de café, observando itens como diâmetro do material, formato, massa específica, teor de lignina, celulose, entre outros.

O processo de pirólise, em nível industrial, utiliza a tecnologia de leito fluidizado. Nesse processo, a partícula sólida (no caso a casca de café) é suspensa num gás, adquirindo um comportamento semelhante ao de um fluido, relata a docente. O dimensionamento desses reatores requer o conhecimento de propriedades da partícula como, por exemplo, tamanho, formato e velocidade de mínima fluidização.

A formação do leito fluidizado (que age semelhantemente a um líquido em estado de fervura vigorosa) se dá quando um fluxo adequado de gás inicia o percurso por entre um leito contendo as partículas sólidas. A formação de bolhas, que atravessam esse leito, cria uma condição de rápida mistura, ou turbulência, que favorece a transferência de calor e de massa, fenômenos desejados no processo de degradação térmica.

Por outro lado, como a pirólise industrialmente é feita com a tecnologia de leito fluidizado, é importante caracterizar fluidodinamicamente a partícula. Isso foi efetuado no trabalho do João Paulo, e os dados coletados possibilitam ajudar a engenharia a projetar os equipamentos de pirólise que usam a tecnologia de leito fluidizado.

A caracterização dos produtos resultantes na pirólise da casca de café, informa a docente, mostrou que o poder calorífico do produto líquido é bem maior do que o da biomassa, o que sinaliza seu potencial para a geração de energia.

Com isso, é possível desenvolver um produto líquido que pode ser levado a uma termoelétrica para ser queimado posteriormente. O gasto com transporte será menor (por ser mais concentrado), e a sua capacidade energética, maior, garante a orientadora.

O mes-trando verificou a influência da taxa de aquecimento e da temperatura sobre as características dos produtos no processo. “Foi possível verificar que, dependendo da condição operacional, a proporção entre as frações sólida, líquida e gasosa geradas variam”, expõe Araí Pécora. “Logo, se o interesse está no líquido, é necessário achar uma condição operacional que forneça um maior rendimento dele. João Paulo variou algumas condições para encontrar, ao final, a que fornecia maior quantidade de líquido.”

Publicações

Dissertação: “Pirólise rápida da semente de tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*): caracterização da biomassa in-natura e dos produtos gerados” | **Autor:** Claudio Silva Lira

Dissertação: “Caracterização da casca de café (*Coffea arabica* L.) in natura e de seus produtos obtidos pelo processo de pirólise” | **Autor:** João Paulo da Silva

Orientadora: Araí Augusta Bernárdez Pécora

Unidade: Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM)