



Foto: iFreeimages.com

Foto: Aléides Okubo

POTENCIAL DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE NO CONTEXTO DE BIORREFINARIA

*Por: Daniela Tatiane de Souza, Emerson Léo
Schultz e Mônica Caraméz Triches Damaso*



O conceito de biorrefinaria tem ganhado grande relevância mundial, em virtude de propor o melhor aproveitamento de biomassa e da energia nela contida, em similaridade ao proposto para o petróleo, porém utilizando fontes renováveis. A integração de diversas rotas de conversão – bioquímicas, químicas e termoquímicas – possibilita a produção não somente de combustíveis e energia, mas também de químicos e de materiais.

A concepção de se trabalhar como uma biorrefinaria, seja para produção de etanol, biodiesel, papel e celulose, dentre outros produtos, tem sido almejada mundialmente. O Brasil é um dos países com maior potencial para aplicação desta plataforma tecnológica e de mercado, pelo fato de sua grande extensão territorial e fortalecidos setores agroindustrial e florestal, o que reflete, na possibilidade de agregar valor às diversas matérias-primas, co-produtos e resíduos gerados.

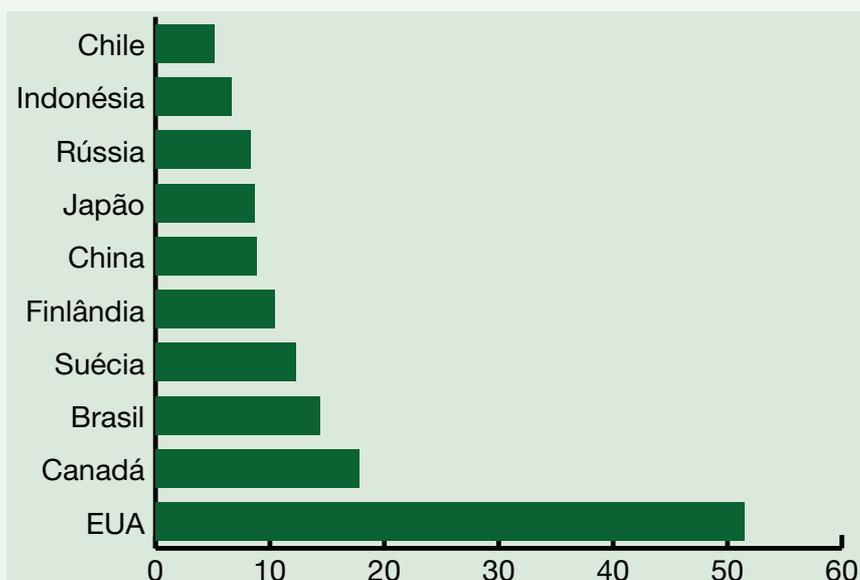
A produção de papel e celulose está relacionada à cadeia produtiva do setor de base florestal. Esta cadeia engloba, principalmente, a produção, a colheita e o transporte de madeira, além da obtenção de diversos produtos nos segmentos industriais de papel e celulose, painéis de madeira industrializada, madeira processada mecanicamente e siderurgia a carvão vegetal.

Conforme dados divulgados pela Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA), no Brasil, o setor de papel e celulose possui 2,2 milhões de ha de florestas plantadas para fins industriais, que representam somente 0,3% do total da área do país e 2,9 milhões de ha de florestas preservadas. As principais espécies nas florestas plantadas são eucalipto (81,2%) e pinus (18,4%).

Segundo a BRACELPA e a FAO, em 2012, a produção mundial de celulose foi de 173,8 milhões de toneladas. O Brasil foi o 3º maior produtor de celulose com 14,4 milhões de toneladas e o 11º maior produtor de papel, com 10,2 milhões de toneladas, sendo produzidos por 220 empresas localizadas em 18 estados.

A figura na página seguinte mostra informações sobre o posicionamento dos países na produção mundial de celulose. Em 2012, os Estados Unidos e Canadá lideraram o ranking com 40%

Produção mundial de celulose em 2012 (em milhões de toneladas). ▶



da produção mundial, seguidos pelo Brasil, com 8,3%, pela Suécia (7,1%), Finlândia (6%), e China (5,1%).

Já em relação ao segmento de papel, China, EUA, Japão e Alemanha respondem por quase 60% do total produzido mundialmente. Verifica-se que nos países desenvolvidos há sinais de esgotamento do dinamismo da demanda de alguns tipos de papel. Este panorama ocorre em virtude dos efeitos do progresso técnico e da evolução tecnológica, que têm favorecido a redução do consumo de alguns tipos de papéis, como o papel imprensa. Este esgotamento é um elemento fundamental a ser considerado nas políticas industriais a serem seguidas pelos países em desenvolvimento como o Brasil, dada a elevada representatividade desta indústria para a economia nacional.

Neste contexto de transformações econômicas e de consumo, as biorrefinarias surgem como uma oportunidade para a diversificação da produção da indústria de papel e celulose. Além disso, poderiam atuar como uma estratégia para minimizar a redução do dinamismo da demanda de algumas categorias de papéis e reduzir os efeitos de uma elevada concentração produtiva em uma gama restrita de produtos.

Atualmente, a indústria de papel e celulose brasileira tem usado a biomassa florestal não somente para produção no setor, mas também para geração de energia, utilizando, inclusive, o seu principal resíduo, o licor negro. Dentre os resíduos da indústria de celulose, estão os resíduos da madeira (cascas e serragem), licor negro, resíduos celulósicos, resíduos florestais, lodo biológico e cinza da caldeira. Estima-se que para cada 100 toneladas de celulose sejam produzidas 48 toneladas de resíduos. As fontes renováveis representam 85,2% da matriz energética do setor de papel e celulose, com licor negro representando 66,2% e biomassa 19,0%.

A indústria de papel e celulose tem buscado ampliar a quantidade de produtos obtidos a partir da matéria-prima, a madeira, bem como a partir dos resíduos gerados no processo de obtenção de celulose e papel, pela aplicação do conceito de biorrefinaria. A madeira é uma fonte de carbono renovável com potencial de conversão em biocombustíveis ou bioprodutos, como produtos químicos, polímeros e demais materiais, empregando tecnologias sustentáveis.

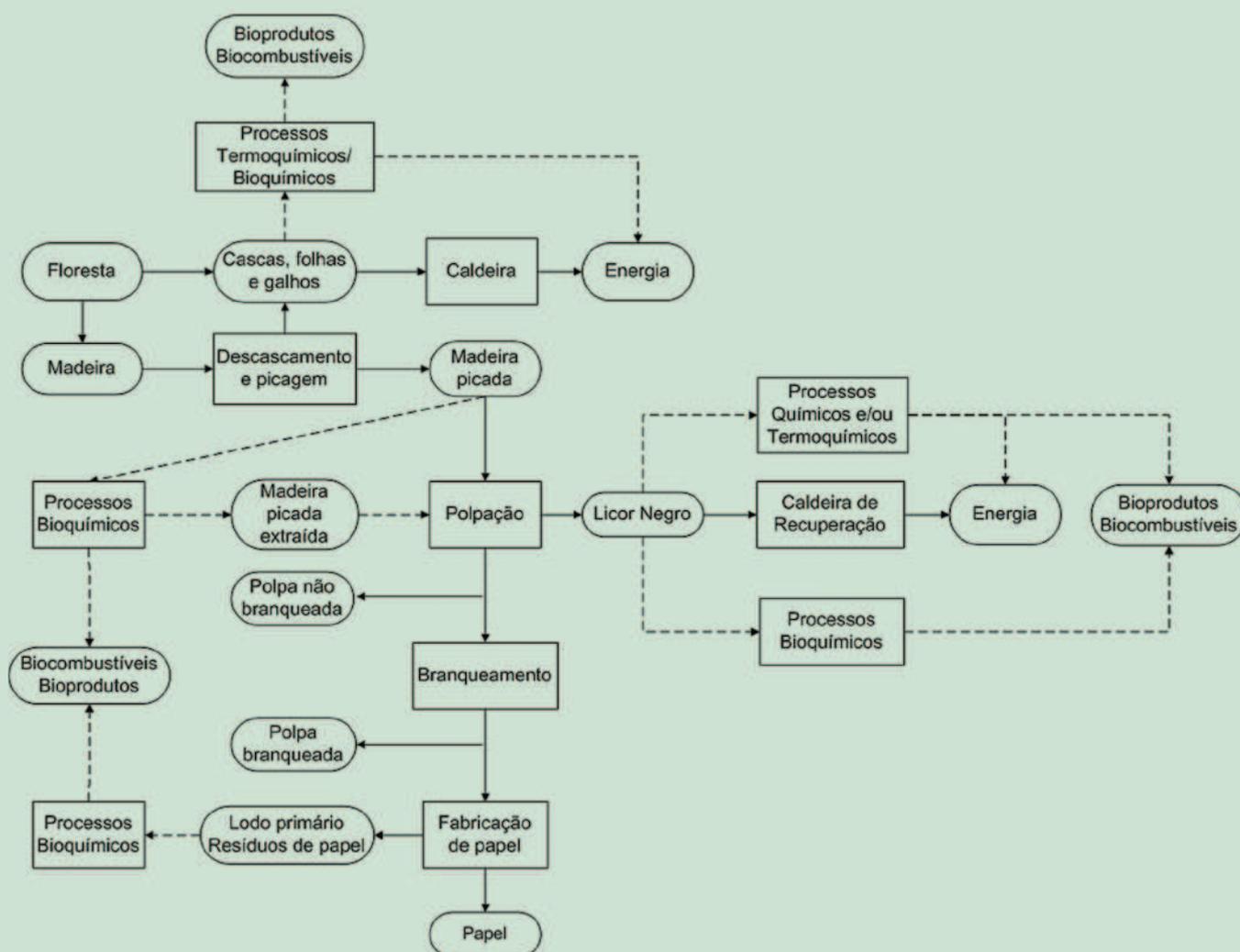
Diversos processos podem ser aplicados à madeira e aos resíduos da indústria de papel e

celulose, como processos bioquímicos, termoquímicos e químicos. Entre as potencialidades do uso da biorrefinaria no setor, podem ser mencionados:

- Produção de químicos de alto valor agregado a partir de resíduos florestais ou gerados no próprio processo industrial;

- Remoção da hemicelulose antes da polpação kraft visando agregar valor a esta corrente de processo. A figura abaixo ilustra a concepção de uma biorrefinaria nas indústrias de papel e celulose.

Resíduos de madeira e florestais, como cascas, folhas e galhos podem ser processados por piró-



Aplicação do conceito de biorrefinaria nas indústrias de papel e celulose (linhas pontilhadas). Operações das atuais fábricas de papel e celulose são indicadas pelas linhas sólidas.

lise e gaseificação. Atualmente, a pirólise rápida para produção de bio-óleo, que pode ser estocado, transportado com maior facilidade e usado na produção de biocombustíveis e produtos químicos, é de considerável interesse. No processo de gaseificação é obtido o gás de síntese, constituído principalmente de CO e H₂, que pode ser usado para geração de energia, produção de biocombustíveis e produtos químicos.

Alguns resíduos da indústria de papel e celulose podem ter componentes de alto valor agregado na sua composição. Extratos lipofílicos da fração externa da casca de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis* cultivados no Brasil são particularmente abundantes em ácidos triterpênicos, como ácidos oleanólico, ursólico e betulínico, os quais são compostos promissores para o desenvolvimento de novos agentes bioativos.

O licor negro da polpação kraft é uma mistura complexa de componentes inorgânicos e orgânicos, que atualmente é usado somente para produção de energia nas caldeiras de recuperação. Entretanto, o licor negro também pode ser usado para produção de produtos químicos e biocombustíveis. As principais tecnologias envolvidas no processamento do licor negro são: remoção de constituintes do licor negro, gaseificação e processamento do *tail oil* para produção de biodiesel. Uma forma muito interessante de valorizar este resíduo consiste em utilizar a lignina para obtenção de macromoléculas de valor agregado, que atualmente são obtidos a partir do petróleo, como fibra de carbono, polímeros modificados, adesivos e resinas, bem como fenol, tolueno e benzeno. A lignina pode ser transformada por processos químicos, como hidroxilação e craqueamento catalítico, para obtenção de produtos químicos e combustíveis.

A remoção de hemiceluloses da madeira picada antes da polpação pode fornecer polissacarídeos para produzir produtos de valor agregado, incluindo biocombustíveis. O desafio é desenvolver tecnologias otimizadas de pré-tratamento que forneçam uma corrente de hemicelulose para produção de biocombustíveis e bioprodutos e uma corrente para produção de celulose. A fração hemicelulósica, rica em pentoses, pode ser utilizada para produção de uma gama de substâncias, como xilitol/arabitol e os ácidos itacônico, levulínico e glutâmico. Estes bioprodutos fazem parte do seletivo grupo das 12 principais moléculas oriundas do processamento de biomassa, que são utilizadas como componentes básicos ou iniciais, os conhecidos "building blocks", para síntese de um grupo diverso e importante de derivados químicos.

Portanto, distintos processos químicos, termoquímicos e bioquímicos podem ser aplicados na indústria de papel e celulose dentro do conceito de biorrefinaria. Esses processos se encontram em estágios diferentes de desenvolvimento. Em todos os casos, existem diversos produtos químicos e biocombustíveis que podem ser obtidos em uma biorrefinaria de papel e celulose, empregando tecnologias sustentáveis.

Atualmente, existem muitas indústrias de papel e celulose sendo construídas em regiões remotas do Brasil, nas quais a venda de uma quantidade substancial de eletricidade não é uma boa opção, pois a conexão com a rede elétrica local é limitada. Assim, a aplicação do conceito de biorrefinaria para produzir biocombustíveis e produtos químicos pode ser mais vantajosa nesses locais. Diretrizes podem ser então concebidas para estimular a obtenção destes produtos a partir de madeira e resíduos florestais.♦

Foto: Sandy Carvalho



Daniela Tatiane de Souza

Economista, doutora em Engenharia de Produção e analista da Embrapa Agroenergia

Foto: Daniela Collares



Emerson Léo Schultz

Engenheiro químico, doutor em Engenharia Química e pesquisador da Embrapa Agroenergia

Foto: Vivian Chies



Mônica Caraméz T. Damaso

Engenheira química, doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos e pesquisadora da Embrapa Agroenergia

Foto: Alcides Okubo

