

## Plataforma Tecnológica Termoquímica (Pirólise e Gaseificação)

José Dílcio Rocha<sup>1</sup>  
Emerson Léo Schultz<sup>2</sup>  
Anna Leticia Montenegro Turtelli Pighinelli<sup>3</sup>

### Descrição da Plataforma Tecnológica Termoquímica

A Plataforma Termoquímica é composta por uma extensa lista de processos nos quais ocorrem reações químicas e mudanças estruturais nas moléculas dos polímeros naturais que constituem a biomassa devido às altas temperaturas empregadas no processamento. A Figura 1 mostra a lista de processos termoquímicos.

A diferença entre eles está na atmosfera rica ou pobre em oxigênio, sendo que apenas a combustão acontece em atmosfera rica em oxigênio. As variáveis que diferem os processos termoquímicos são o tempo de residência, o tamanho de partículas, a pressão e conseqüentemente os produtos e suas aplicações.

Dependendo do processo, da tecnologia e das condições operacionais serão obtidos produtos

sólidos, líquidos e gasosos específicos e de interesse para as indústrias, como bioeletricidade, refinados a biocombustível, insumos químicos para indústria, fertilizantes, adesivos, inúmeras moléculas para a química fina e solventes oxigenados. A Tabela 1 mostra os processos termoquímicos como uma família de processos com suas diferenças e rendimentos.

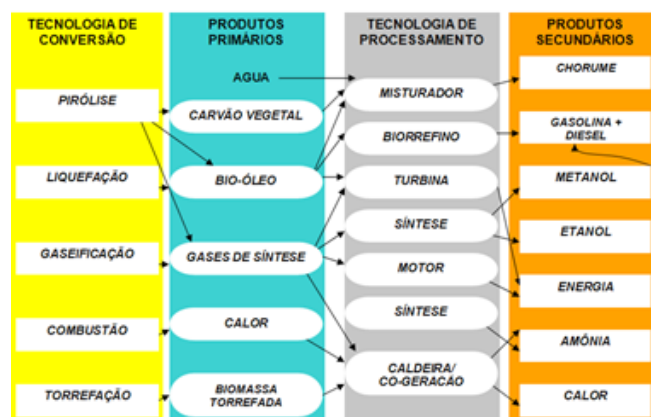


Figura 1. Processos termoquímicos de conversão de biomassa. Adaptado de Bridgwater.

<sup>1</sup> Engenheiro químico, doutor em Engenharia Química, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, jose.rocha@embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheiro químico, doutor em Engenharia Química, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, emerson.schultz@embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheira agrícola, doutora em Engenharia Agrícola, analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, anna.pighinelli@embrapa.br

**Tabela 1.** Rendimentos dos produtos típicos obtidos por meio de diferentes formas de pirólise de madeira (base seca) (BRIDGWATER, 2008).

Processo	Condições de processo	Líquido	Carvão	Gás
Pirólise rápida	Temperaturas moderadas (450-550 °C), curtos tempos de residência dos vapores (0,5-3 s) e biomassa com reduzido tamanho de partículas.	75%	12%	13%
Carbonização	Baixas temperaturas (400-450 °C), longos tempos de residência (pode ser de horas ou dias), partículas grandes. (pedaços de madeira)	30%	35%	35%
Gaseificação	Alta temperatura (900 °C) e alto tempo de residência dos vapores.	5%	10%	85%

O desenho de reator junto com as condições operacionais é uma área da engenharia de projetos que define como o processo será industrialmente executado e suas entregas de produto.

Embora seja muito estudada e usada industrialmente, a plataforma termoquímica tem grandes desafios tanto no desenvolvimento tecnológico como na análise e caracterização de produtos e nas aplicações finais. Para isso demanda projetos demonstrativos e conceituais para provar a viabilidade técnica e econômica das aplicações.

Os processos termoquímicos são muito populares nos setores industriais de combustíveis fósseis. A pirólise e a gaseificação de petróleo e suas frações, do carvão mineral e do gás natural têm vários exemplos práticos. O coque de petróleo e o coque de carvão mineral são obtidos por pirólise. O DME (dimetiléter), importante insumo e futuro combustível, é produzido comercialmente via reforma de gás natural. O gás natural ( $\text{CH}_4$ ) é transformado em gás de síntese ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) pela reação com vapor de água na presença de um catalisador, como  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Também existem inúmeras plantas de gaseificação de correntes líquidas derivadas de petróleo e de gaseificação de carvão mineral para síntese catalítica, como é o caso da empresa Sasol da África do Sul. O grande desafio no mundo é adaptar as tecnologias citadas para a biomassa em larga escala.

## A Plataforma Termoquímica no Brasil

O Brasil usa exaustivamente o processo de carbonização, que é uma pirólise lenta. Seu principal produto é o carvão vegetal, que tem a maior aplicação na siderurgia e metalurgia. Segundo os dados do Balanço Energético Nacional 2013, ano base 2012, foram produzidos 7.387.000 t de carvão vegetal e para isso foram consumidas 29.043.000 t de lenha de floresta plantada e de floresta nativa. O rendimento médio é de 25% em massa. Como os produtos siderúrgicos, como aço ou ferro-ligas, são grandes fixadores de carbono, esse setor poderia ser também altamente rentável do ponto de vista dos efeitos climáticos benéficos caso aumentasse a entrada de novas tecnologias no setor.

A Figura 2 mostra os fornos tradicionalmente usados no Brasil e os fornos retangulares que estão se tornando mais comuns para a produção de carvão vegetal em larga escala.

Além do uso comercial do carvão vegetal na siderurgia e no varejo para churrasco existe também grande interesse no uso como condicionante de solo, também conhecido como *biochar*. Uma rede de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) liderada pela Embrapa Florestas desenvolve atividades com esse produto.

O bio-óleo, produto líquido da pirólise rápida, e alcatrão vegetal produzido na carbonização ainda têm grande potencial de P&D. É aplicado

Fotos: José Dilcio Rocha



(a)



(b)

Figura 2 Fornos tradicionalmente usados no Brasil (a) e os fornos retangulares (b).

como aditivo alimentar em escala comercial (*barbecue sauce*) com um fabricante no Brasil, a empresa Biocarbo. A empresa de celulose Fibria é sócia e anunciou a construção de uma unidade demonstrativa no Brasil da tecnologia da empresa canadense Ensyn, que usa leito fluidizado circulante para fazer pirólise rápida de biomassa. A Ensyn está no mercado desde 1980 e tem diversas plantas comerciais nos EUA para aditivos alimentares e geração de energia.

A gaseificação no Brasil teve muitos experimentos e é foco de trabalho de inúmeros grupos de P&D, mas ainda não houve aplicação comercial das tecnologias geradas. Um projeto do fundo *Global Environmental Facility (GEF)* do Banco Mundial financiou o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) de Piracicaba (SP) para realizar testes de gaseificação de bagaço de cana na planta de Värnamo (Suécia) com excelentes resultados, mas a segunda fase de planta demonstrativa não teve prosseguimento. Os estudos mostraram que ciclos de cogeração baseados em BIG-CC (Gaseificação de Biomassa Integrada ao Ciclo Combinado de Turbina a Gás e Turbina a Vapor) são extremamente eficientes quando comparados aos ciclos a vapor convencionais mesmo usando caldeiras de alta pressão.

Dois outros grandes projetos nessa mesma direção foram descontinuados. Já há alguns anos o Projeto SIGA-ME de gaseificação de biomassa florestal

para geração elétrica localizado em Mucuri-BA foi interrompido na etapa de terraplanagem. Mais recentemente o projeto de gaseificação com pirólise e torrefação de bagaço de cana liderado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) a ser implantado em Piracicaba-SP, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) também foi interrompido antes do início.

É importante ressaltar que a geração em baixa potência, até 100 kW, com motores de combustão interna também pode ser viável, sendo que motores operando com ciclo diesel não podem ser completamente substituídos com o gás de síntese (syngas) ao passo que motores com ciclo Otto podem usar 100% de syngas como combustível.

### Interesse mundial na Plataforma Termoquímica

Existem várias ações no mundo para promover a pirólise rápida, a pirólise lenta (carbonização para *biochar*) e a pirólise branda (torrefação) como a gaseificação para bioeletricidade em pequena e em larga escala e para síntese catalítica.

No âmbito da Agência Internacional de Energia existe o *Task 34 – Pirólise de Biomassa*, divulgado pelo site [www.pyne.co.uk](http://www.pyne.co.uk) e que conta com a participação da Finlândia, Alemanha, Holanda,

Suécia, Reino Unido e Estados Unidos, que já contou com o Brasil no passado. Outro *Task 33* – Gaseificação Térmica de Biomassa tem site em [www.ieatask33.org](http://www.ieatask33.org) e membros Áustria, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Itália, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Suécia, Suíça, Turquia e Estados Unidos. O Canadá é berço de várias iniciativas e empresas de pirólise rápida como a Ensyn, a mais antiga, a Dynamotive e a Pyrovac.

Para a aplicação no solo existe o *IBI – International Biochar Initiative*, que tenta organizar as instituições e empresas que trabalham com o tema no mundo todo, com destaque para a Austrália.

## Considerações

A proposição das soluções baseadas em técnicas termoquímicas deve vir a partir das aplicações de seus produtos como o carvão vegetal descrito acima como energia, biorredutor e condicionante de solos e nos produtos líquidos, como o extrato ácido (pirolenhoso) usado como inseticida natural e o bio-óleo para fertilizante de liberação lenta entre outras.

Os produtos gasosos, principalmente a partir da gaseificação, são usados para cogeração ou síntese de combustíveis, ambas de altos investimentos. A geração elétrica em baixa potência pode ser um apelo de geração distribuída, porém a opção nacional por geração centralizada é nítida.

## Referências

- ABDELNUR, P. V.; VAZ, B. G.; ROCHA, J. D.; DE ALMEIDA, M. B. B.; TEIXEIRA, M. A. G.; PEREIRA, R. C. L. Characterization of bio-oils from different pyrolysis process steps and biomass using high-resolution mass spectrometry. *Energy & Fuels*, Washington, DC, v. 27, n. 11, p. 6646-6654, 2013.
- BARRETO, E. J. F. (Coord.). **Combustão e gasificação de biomassa sólida**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2008. 190 p. (Soluções Energéticas para a Amazônia).
- BHATTACHARYA, S. C.; ABDUL SALAM, P. **A review of selected biomass energy technologies**: gasification, combustion and densification. Thailand: RERIC : AIT, 2006. 200 p.
- BLEY JUNIOR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. 2. ed. rev. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional; Brasília, DF: FAO, 2009. 125 p.
- BRAND, M. A. **Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem**. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BRIDGWATER, A. V. **Fast pyrolysis of biomass: a handbook**. Newbury: CPL Press, 2008. 223 p. v. 3.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. (Org.). **Biomassa para energia**. Campinas: Unicamp, 2008. 732 p.
- GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S. T. **Bioenergy in the state of São Paulo**: present situation, perspectives, barriers and proposals. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 152 p.
- PEREZ, J. M. M.; ROCHA, J. D.; CORTEZ, L. A. B.; MEDINA, M. P.; LUENGO, C. A.; CASCAROSA, E. Fast oxidative pyrolysis of sugar cane straw in a fluidized bed reactor. *Applied Thermal Engineering*, Oxford, n. 56, n. 1-2, p. 167-175, 2013.
- NOVOTNY, E. H.; AUCCAISE, R.; VELLOSO, M. H. R.; CORREA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; ABREU, V. M. N.; ROCHA, J. D.; KWAPINSKI, W. Caracterização da estrutura de fosfatos em "biochar" de ossos suínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 47, n. 5, p. 672-676, 2012.
- OLIVEIRA, A. J. de; RAMALHO, J. (Coord.). **Plano Nacional de Agroenergia**: 2006 - 2011. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.
- ROCHA, J. D. **Potencial dos subprodutos da obtenção pirolíticas de coques para a siderurgia**. 1993. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- ROCHA, J. D. **Bio-óleo obtido por hidropirólise de biomassa como precursor de materiais carbonosos**. 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP.
- RODRIGUES, T. O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. (Org.). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: UNICAMP, 2005. 447 p.
- VAZ JUNIOR, S. (Ed.). **Biomassa para química verde**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2013. 196 p.
- VIRMOND, E.; ROCHA, J. D.; MOREIRA, R. F. P. M.; JOSÉ, H. J. Valorization of agroindustrial solid residues and residues from biofuel production chains by thermochemical conversion: a review, citing brazil as a case study. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 197-229, 2013.

**Comunicado Técnico, 13**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroenergia**

**Endereço:** Parque Estação Biológica - PqEB s/n,  
Brasília, DF

**Fone:** (61) 3448-4246

**Fax:** (61) 3448-1589

**www.embrapa.br/agroenergia**

**1ª edição 2015**



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

**Comitê de publicações**

**Presidente:** *Marcia Mitiko Onoyama.*

**Secretária-Executiva:** *Lorena Costa Garcia.*

**Membros:** *Betânia Ferraz Quirino, Diogo Keiji Nakai, Eduardo Fernandes Formighieri, Felipe B. P. Carvalho, João Ricardo M. Almeida, Larissa Andreani Carvalho, Maria Lara Pereira Machado, Sílvia Belém Gonçalves.*

**Expediente**

**Supervisão editorial:** *Marcia Mitiko Onoyama.*

**Revisão de texto:** *Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos.*

**Editoração eletrônica:** *Maria Goreti Braga dos Santos.*

**Normalização bibliográfica:** *Maria Lara Pereira Machado.*