

Valorização do bagaço de cana-de-açúcar para produção de bio-óleo via pirólise rápida.

**Caroline Carriel Scmitt
Renata Moreira**

Palestra apresentada no Webinar UNICA e COGEN: Cenário no mercado de energia elétrica. 21 slides.

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**



Seu desafio é nosso

Apresentação



Caroline Carriel Schmitt

- Coordenadora das atividades de acordos bilaterais Brasil – Alemanha.
- Acordos entre IPT, Universidade Federal do Sergipe (UFS) e Universidade de São Paulo (USP – Campus Lorena) e o Instituto de Pesquisa em Catálise do Instituto de Tecnologia de Karlsruhe.
- Contato: **caroline.schmitt@partner.kit.edu**



Renata Moreira

- Pesquisadora assistente do Laboratório de Bioenergia e Eficiência Energética (LBE) atuando na área de caracterização de resíduos sólidos e coordenadora das atividades que contemplam o acordo de cooperação entre KIT e IPT.
- Contato: **renatam@ipt.br**



Agenda



**O CONCEITO DE
BIORREFINARIA E
A PIRÓLISE RÁPIDA**



**ÓLEO DE PIRÓLISE
(BIO-ÓLEO)**



**PROCESSAMENTO
DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS DA CANA-
DE AÇÚCAR**



**ACORDO DE
COOPERAÇÃO KIT
E IPT**



**PLANTAS DE
PIRÓLISE NO
MUNDO**

O conceito de biorrefinaria e a pirólise rápida

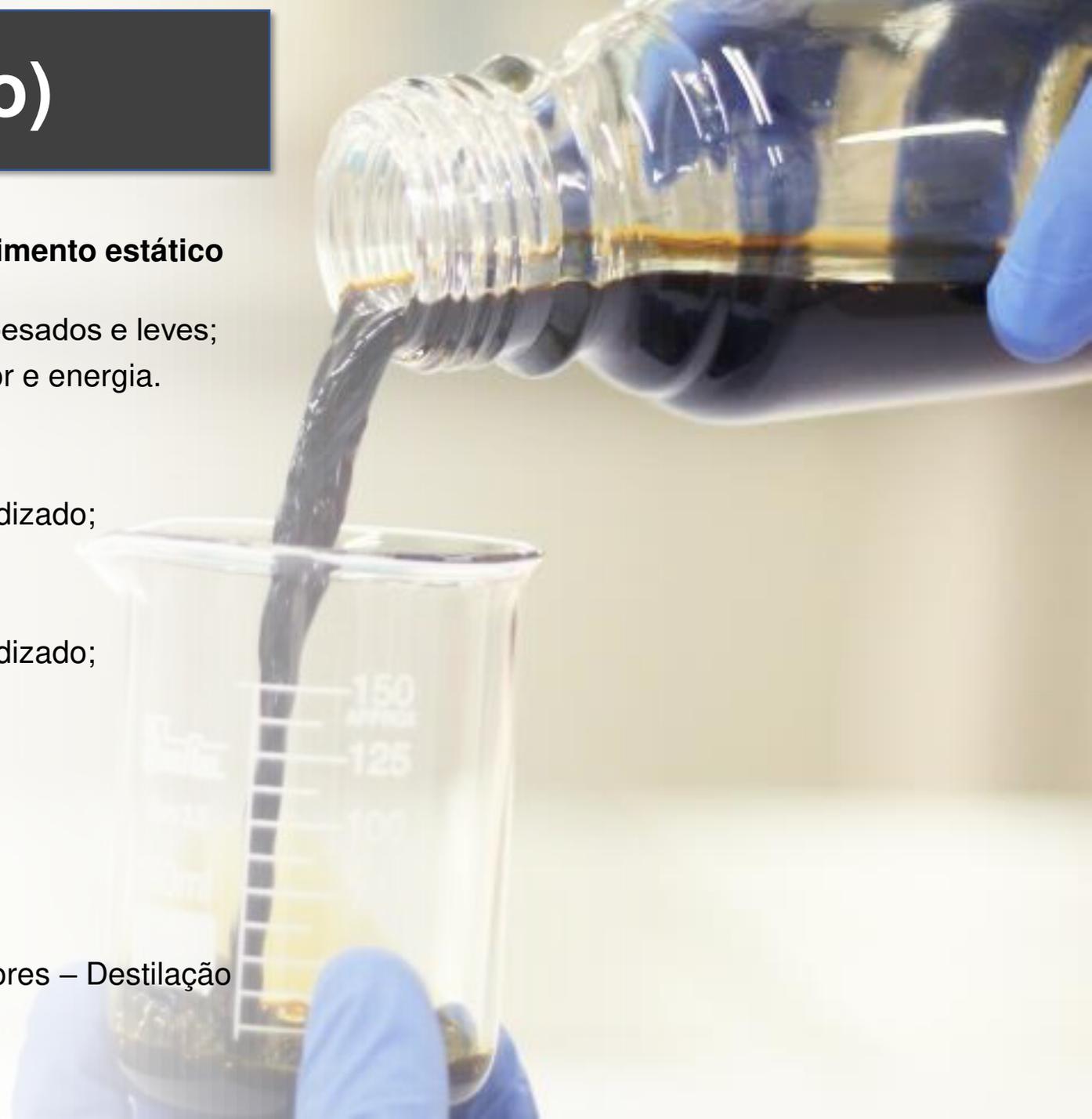
- **Decomposição térmica** de macromoléculas orgânicas que ocorre na ausência de oxigênio;
- Temperatura de operação variando de **350 a 550 °C** podendo atingir temperaturas de até **700 °C**;
- A pirólise rápida visa **maximizar o rendimento do líquido de pirólise** (bio-óleo);
- A biomassa é transformada em um **intermediário energético denso e economicamente transportável**;

“Todas as indústrias que convertam a biomassa e que a utilizem para produzir: combustíveis, energia ou produtos químicos” (NREL, 2008);

“O processamento sustentável de biomassa em um espectro de produtos vendíveis (alimentos, rações, materiais, químicos) e/ou energia (combustíveis, eletricidade, calor) (IEA BIOENERGY, 2010).

Óleo de pirólise (bio-óleo)

- **Alternativa ao óleo combustível na aplicação de aquecimento estático ou na geração de eletricidade:**
 - Substituição do gás natural e óleos combustíveis pesados e leves;
 - Turbinas a gás e **motores a diesel** para gerar calor e energia.
- **Matéria-prima renovável para refinarias de petróleo:**
 - Coprocessamento por craqueamento catalítico fluidizado;
- **Hidrotratamento do óleo de pirólise**
 - Coprocessamento por craqueamento catalítico fluidizado;
 - Produção de químicos de plataforma;
 - Produção de hidrocarbonetos;
- **Fracionamento e melhoramento do bio-óleo:**
 - Lignina pirolítica – Hidrotratamento catalítico
 - Açúcares pirolíticos – via Glicose
 - Fase aquosa contendo compostos orgânicos menores – Destilação



“Valorização do bagaço e palha da cana-de-açúcar por conversão termoquímica para integração energética nas refinarias de cana”

Objetivos

Avaliar duas rotas de conversão termoquímica da biomassa residual da cana-de-açúcar, **liquefação hidrotérmica e pirólise rápida**, para integração ao conceito de biorrefinaria da indústria da cana-de-açúcar

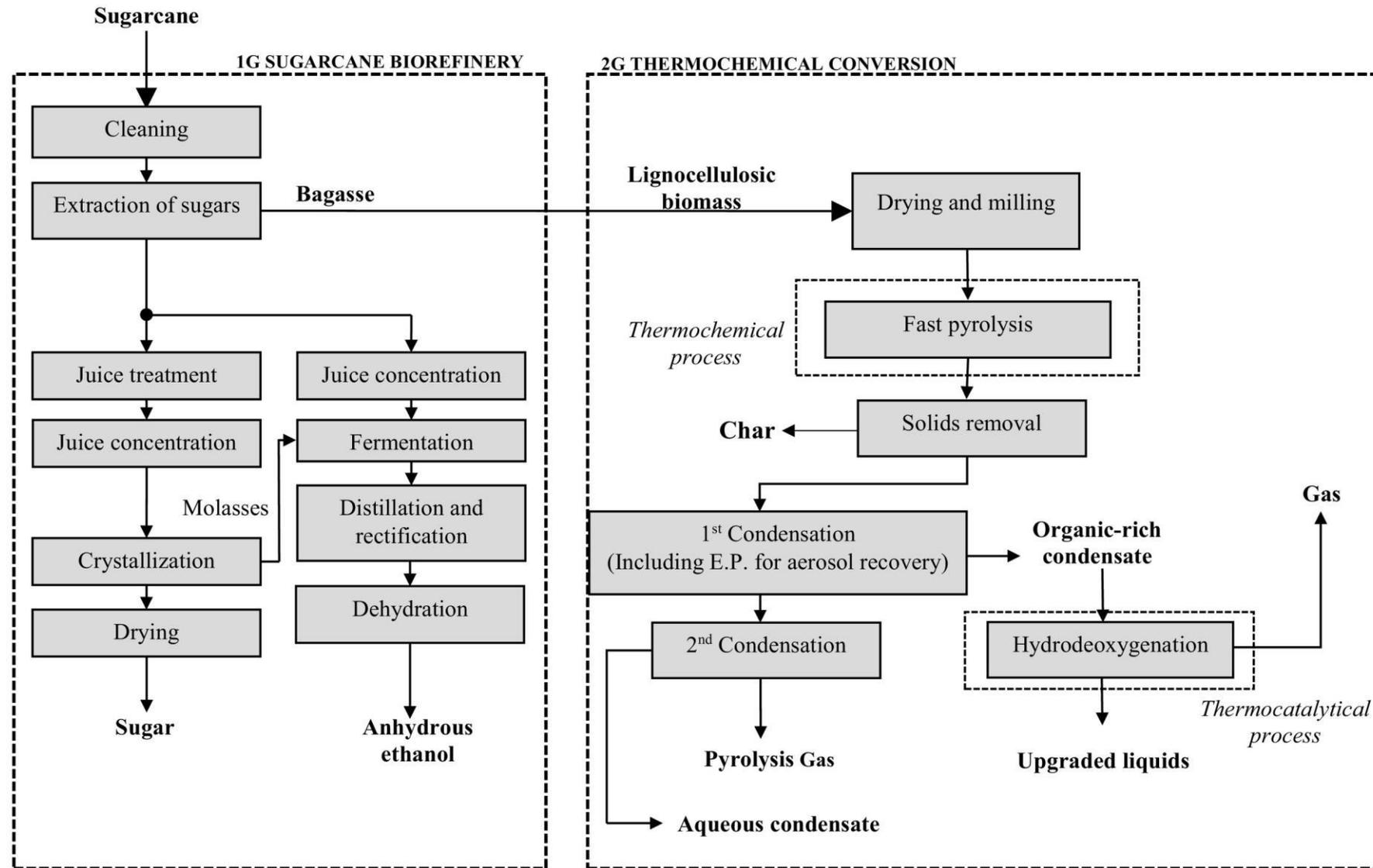


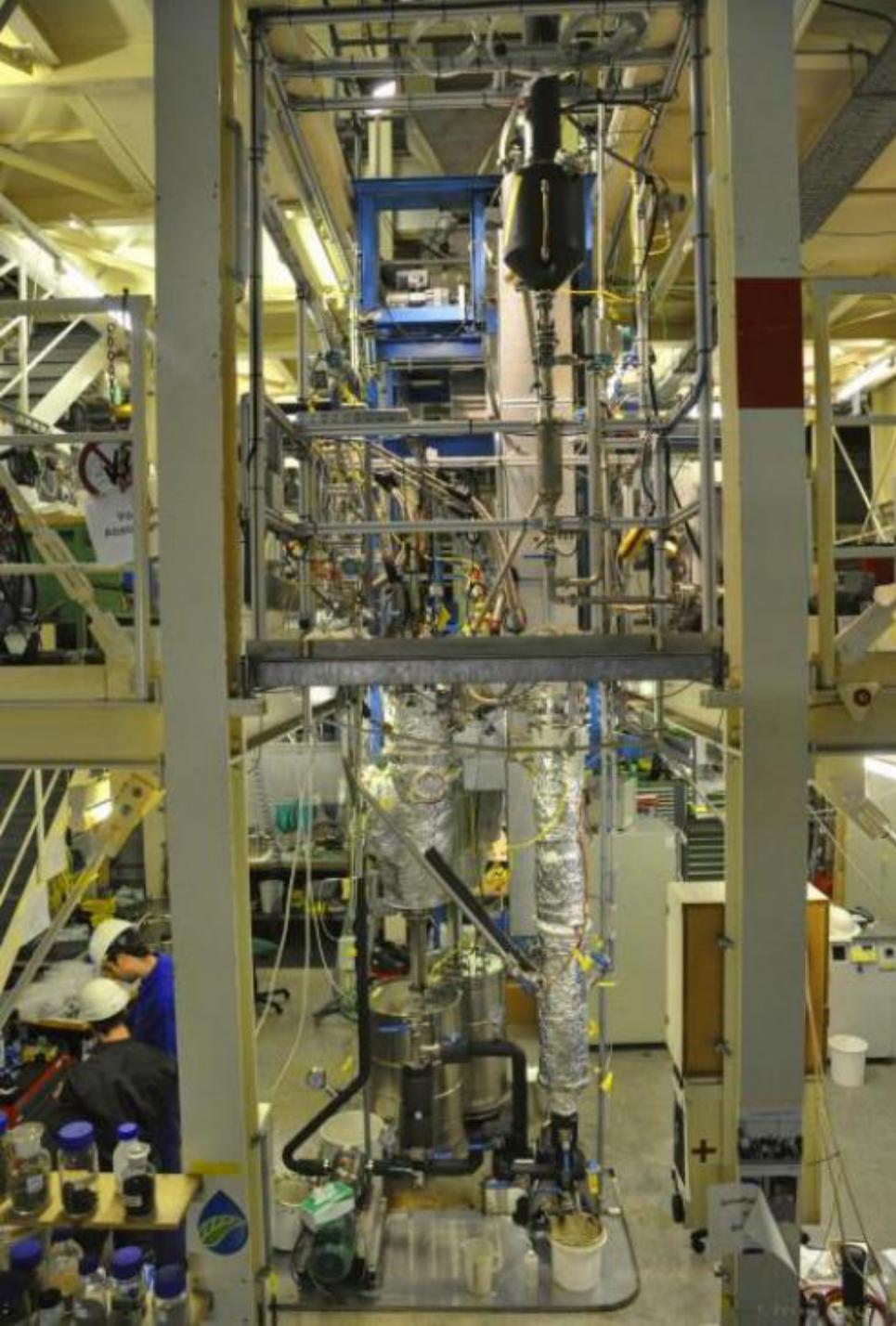


Métricas para alcançar os objetivos

- **Qualidade** das propriedades energéticas principais da biomassa;
- **Rota e parâmetros de controle** do processo de pirólise rápida;
- **Rendimento e composição química** bio-óleo;
- **Melhoramento** do bio-óleo através do hidrotratamento catalítico (obtenção de produtos de maior valor agregado);
- Análise dos **custos e rendimentos** da cadeia de processamento (projeto futuro).

Integração da rota de conversão termoquímica nas usinas de cana de açúcar

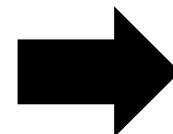
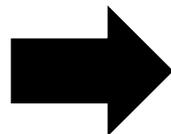




Unidade de desenvolvimento de processo Python (KIT)

- Capacidade de conversão: 10 kg/h de biomassa;
- Granulometria da biomassa: < 2 mm;
- Transportador de calor pré-aquecido (esferas de aço de 1 mm) em um reator misturador de parafuso duplo;
- Temperatura da reação em torno de 500 °C;
- Recuperação dos sólidos: ciclones de gás à temperatura do reator antes que a fase gasosa seja recuperada de dois condensadores;
- Condensado orgânico (1º condensador): sistema de têmpera para resfriar instantaneamente a fase gasosa da temperatura do reator (cerca de 90°C);
- Condensado aquoso (2º condensador): opera à temperatura ambiente (cerca de 20°C);
- Gás não condensável restante: ventilado após análise por Cromatografia Gasosa.

Hidrotratamento: Melhoramento das propriedades do bio-óleo através de reação catalítica



Bio-óleo melhorado:

- ✓ Menor concentração de oxigênio;
- ✓ Maior pH;
- ✓ Menor viscosidade;
- ✓ Maior densidade energética;
- ✓ Redução do peso molecular de oligômeros de lignina;
- ✓ Menos polaridade (miscível com hidrocarbonetos)

- 175-450 °C;
- 2-6 horas;
- H₂ (35-300 bar);
- Catalisador

Ni-Cr, 325 °C, 80 bar	C (wt.%)	O (wt.%)	H (wt.%)	Poder Calorífico (MJ/kg)	H ₂ O (wt.%)
Bio-óleo	57.31	35.84	6.82	24.33	26.77
Bio-óleo melhorado	70.43	20.77	8.48	32.42	6.5

**Status do
projeto de
cooperação
IPT-KIT**

Etapa	Status
Coleta, preparação e caracterização da biomassa	Completo
Conversão da biomassa por pirólise rápida	Completo
Hidrotratamento do bio-óleo	Em Andamento
Avaliação dos resultados	Em Andamento
Análise econômica	Projeto Futuro

Exemplos de plantas de pirólise em operação no mundo



Bioliq®

- O conceito bioliq® processa uma **mistura de bio-óleo com o carvão** para produzir uma suspensão estável, que é então utilizável para gaseificadores de fluxo pressurizado para a produção de **gás de síntese**.
- O gás de síntese é uma excelente matéria-prima para a síntese de combustíveis para motores e uma variedade de produtos químicos úteis.

○ Desde 2015, está em operação a primeira planta de produção de FPBO em escala comercial (24 x 7);

○ Projetadas e construídas plantas de pirólise em escala comercial na Holanda, Suécia e Finlândia;



Green Fuel Nordic, Lieksa, Finlândia



Pyrocell, Gävle, Suécia



Empyro Hengelo, Holanda



ENSYN



SUZANO

- Projeto Aracruz, Espírito Santo - produção de bio-óleo (22 milhões de galões/ano);
- Conversão de biomassa utilizando tecnologia RTP® (Rapid Thermal Processing);
- Matéria-prima para o projeto: resíduos de eucalipto da usina Aracruz complementados pelo manejo de materiais de plantações locais;
- Offtake de bio-óleo será enviado para os mercados de refinaria e aquecimento nos EUA;

Fonte: Ensyn web site

- Primeira planta piloto de Hong Kong para reciclagem de resíduos lenhosos para desviar recursos valiosos de biomassa dos aterros sanitários.
- Matéria-prima: paletes usados, resíduos de madeira e andaimes de bambu usados.
- Capacidade para processar 24 toneladas de resíduos de madeira por dia;
- Produção de produtos do tipo biochar (bio-carvão);
- Melhora a fertilidade do solo e captura e armazena de CO₂;
- Black & Veatch, Hong Kong:
 - revisar os aspectos tecnológicos, de mercado, ambientais e regulatórios da planta de biocarvão;
 - preparar um projeto de referência;
 - auxiliar na aquisição;
 - supervisionar a construção e comissionamento;
 - supervisionar os testes piloto.



EcoPark, Tuen Mun, China. Fonte: EcoParch web site

Considerações finais

- **Biomassa residual pode vir a ser convertida em produtos de valor agregado;**
- **Pirólise rápida é uma tecnologia relativamente simples, que apresenta potencial para integração em usinas de cana-de-açúcar;**
- **Resultados preliminares obtidos no contexto do acordo de cooperação IPT-KIT/IKFT confirmam potencial de utilização de biomassa residual (bagaço de cana) para a produção de bio-óleo e posterior melhoramento através do hidrotreamento catalítico.**

Obrigada

Contato

caroline.schmitt@partner.kit.edu

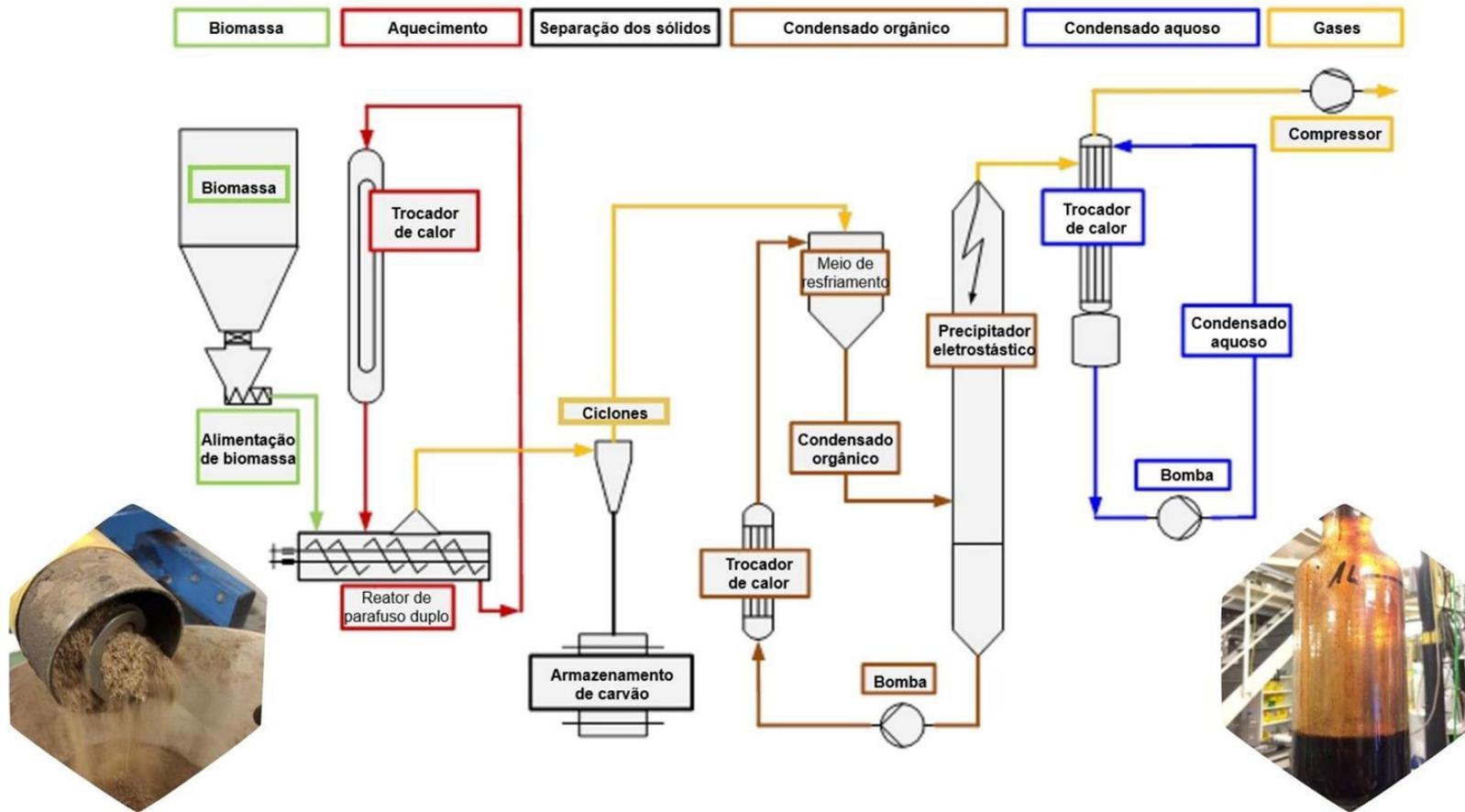
renatam@ipt.br

BACKUP SLIDES

Parâmetros econômicos para produção do bio-óleo

- **Previsão do custo do produto**
 - Redução do custo de fabricação;
 - Melhoria da qualidade do produto;
 - Melhoria da acessibilidade a uma fonte abundante e sustentável de biomassa.
- **Custo das operações**
- **Período de retorno**
- **Análise do ponto de equilíbrio** (breakeven point) - examina a ligação entre o custo previsto do projeto e a taxa de retorno.
- **A receita total e os custos totais** devem ser iguais para que uma empresa atinja o ponto de equilíbrio.
 - Um ponto em que as receitas de vendas projetadas mais as receitas de vendas antecipadas após à atualização são iguais aos custos de produção.
- **Disponibilidade da biomassa**
 - O ponto de venda mais baixo da planta pode ser alcançado empregando a biomassa mais barata disponível. O preço mínimo viável para um determinado tamanho de planta foi o evento de risco com o ponto de venda de equilíbrio mais significativo.

Parâmetros técnicos para produção do bio-óleo



- Pré-tratamento da biomassa (quando houver);
- Importância da amostragem, preparação e caracterização físico-química da biomassa;
- Processamento da biomassa via pirólise;
- Coleta do produto líquido de pirólise (separação da fração aquosa da fração orgânica);
- Avaliação da composição química dos produtos;
- Fracionamento e/ou melhoramento do condensado orgânico de pirólise;

Esquema do processo Python (KIT) – Fonte: Traduzido de IKFT, KIT