



1º Workshop sobre o Estado da Arte da Tecnologia de
Produção de Etanol: de Olho na Segunda Geração

Sessão 5 - Avaliação técnica, econômica e ambiental de biorrefinarias

Biorrefinaria Virtual de Cana-de-açúcar

BVC

Mateus F. Chagas

Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol
Divisão de Avaliação Integrada de Biorrefinarias

18 de novembro de 2015

Divisão de Avaliação Integrada de Biorrefinarias Biorrefinaria Virtual de Cana-de-açúcar

A Biorrefinaria Virtual de Cana-de-açúcar (BVC) foi desenvolvida para suprir a necessidade de uma ferramenta de simulação que permitisse avaliar as novas tecnologias e inovações na produção e processamento de biomassa.



Otimizar conceitos e processos presentes em uma biorrefinaria



Avaliar os aspectos da sustentabilidade (econômica, ambiental e social) de diferentes alternativas de biorrefinarias



Analisar o estágio de desenvolvimento de novas tecnologias



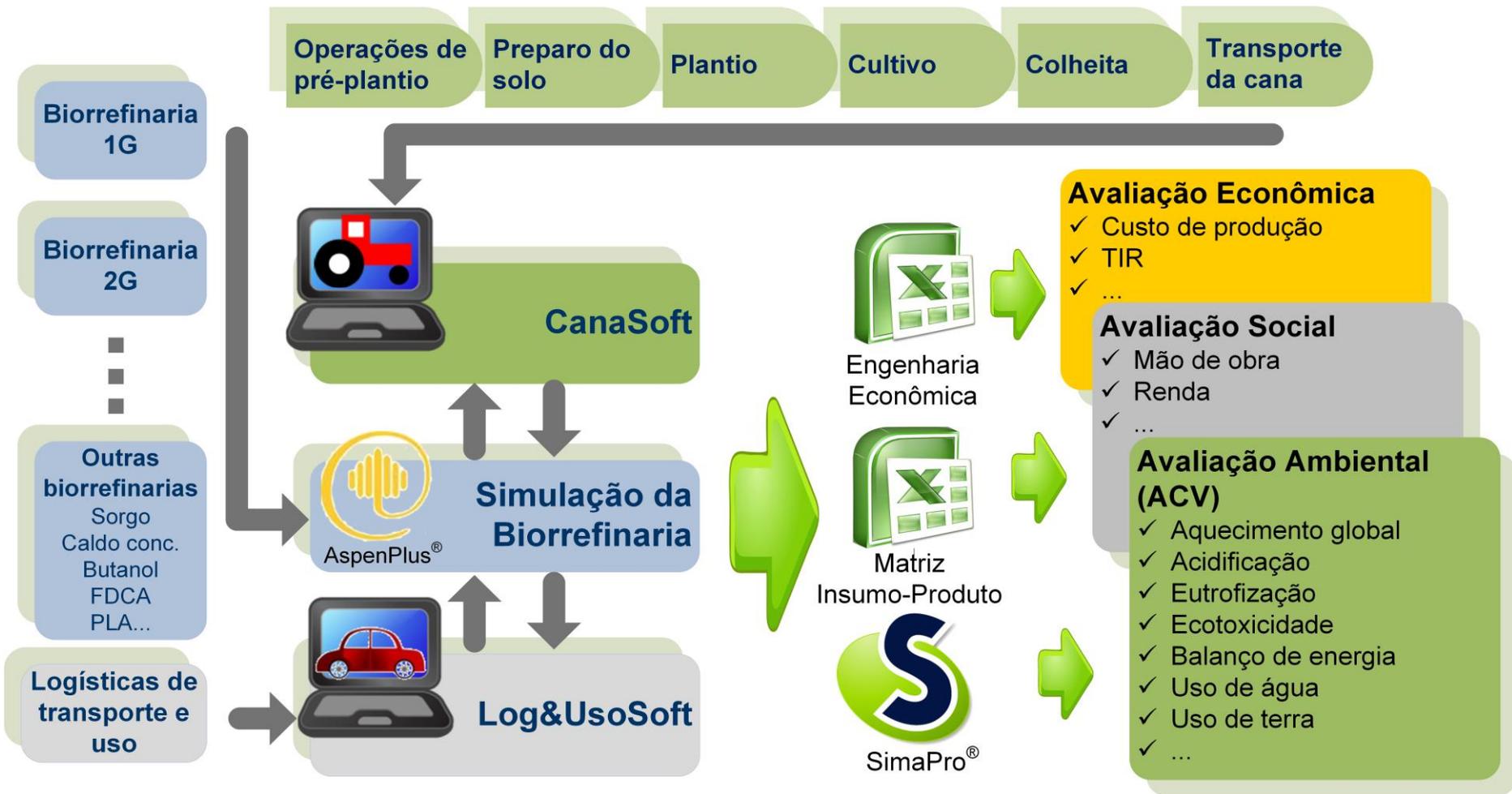
**Integração
de modelos**



**Impactos na
Sustentabilidade**



Simulação de processos
Modelos matemáticos



Modelagem e simulação agrícola



- Modelo de desenvolvimento próprio, baseado em planilhas eletrônicas, integrado com as outras ferramentas de simulação e avaliação da BVC.
- Cálculos do custo de produção e inventários para a avaliação do ciclo de vida.
- Pode ser adaptado para avaliar outras biomassas integradas à cadeia da cana, como milho, soja, sorgo, cana energia...



CanaSoft

Biorrefinaria Virtual de Cana-de-Açúcar

Modelagem e simulação agrícola

CanaSoft – Estrutura do modelo

Definição do cenário

Sistema de produção de cana

Tamanho da usina
 Dispersão das áreas de cana
 Produtividade
 Tipo de plantio
 Tipo de colheita
 ...

Cálculos integrados

Respostas

Custos de produção

Inventário do ciclo de vida

Resultados sociais

Maquinário

Implementos

Caminhões

Investimento inicial
 Vida útil
 Potência
 Peso
 ...

Operações agrícolas

Tipo de maquinário
 Eficiências de campo
 Consumo de diesel
 Mão de obra
 Fatores de emissão
 ...

Uso de insumos

Áreas de aplicação
 Fatores de emissão
 ...

Fertilizantes

Agroquímicos

Resíduos industriais

Preços
 Composição
 ...

Bancos de dados

Modelagem e simulação agrícola

CanaSoft – Exemplos de aplicação

Mecanização



Palha



Vinhaça



Cana energia



Adubação verde



Mecanização de Baixo Impacto



Irrigação

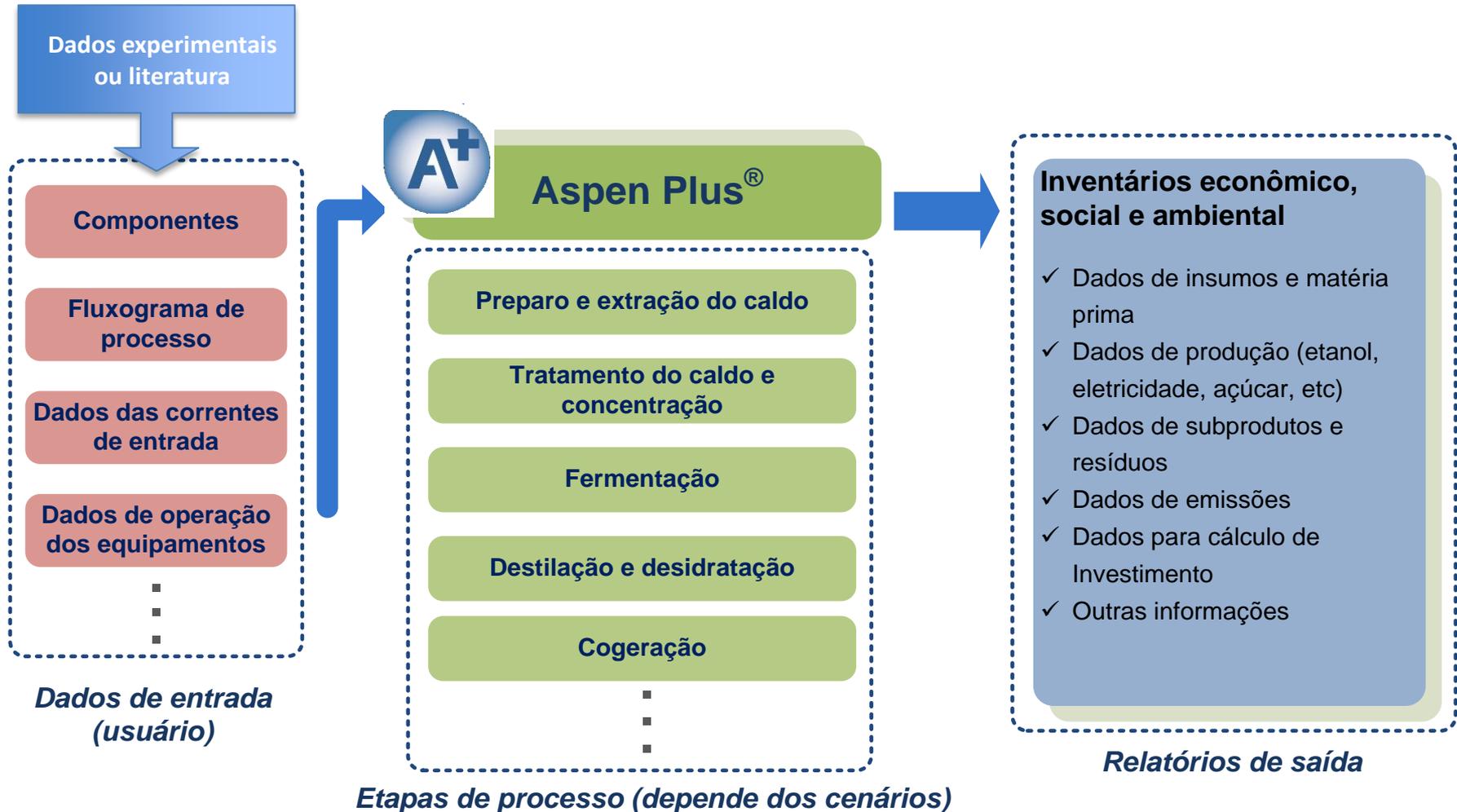


Agricultura de precisão



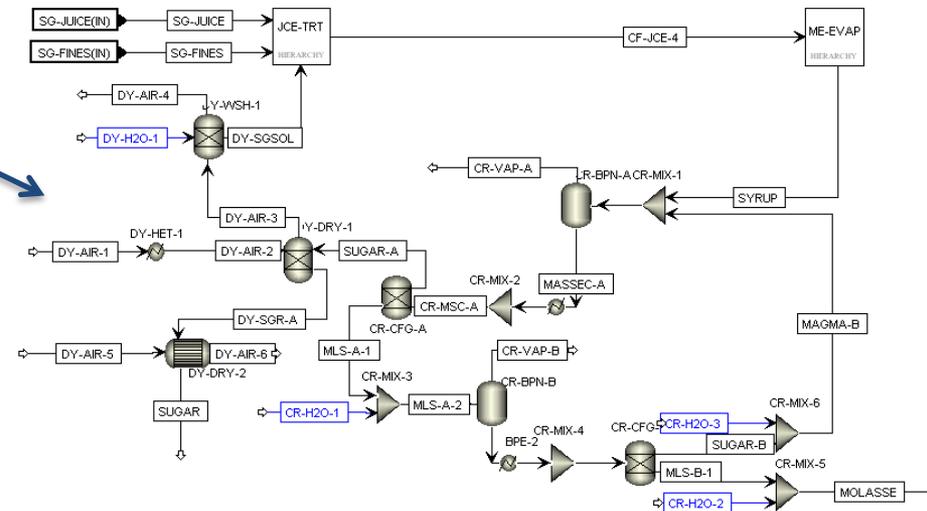
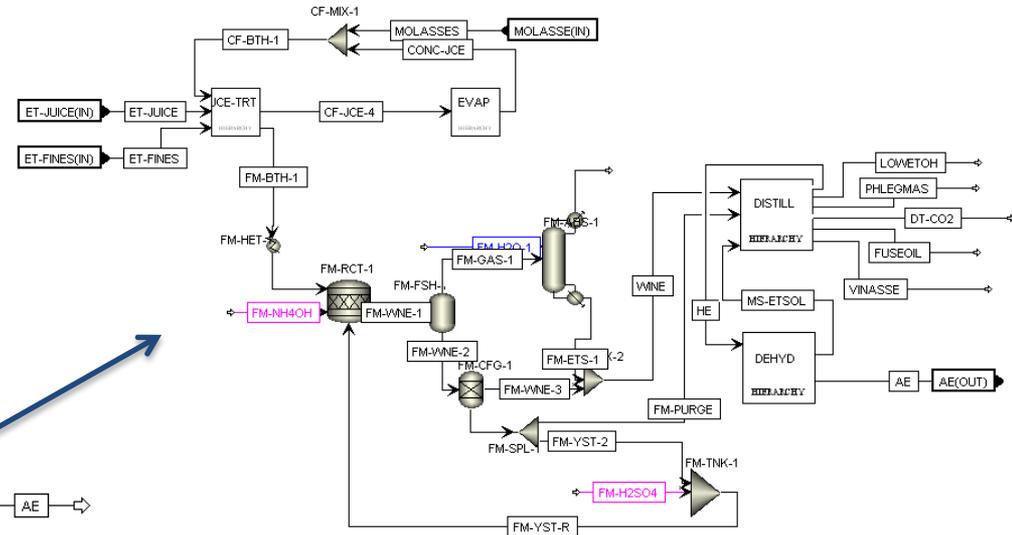
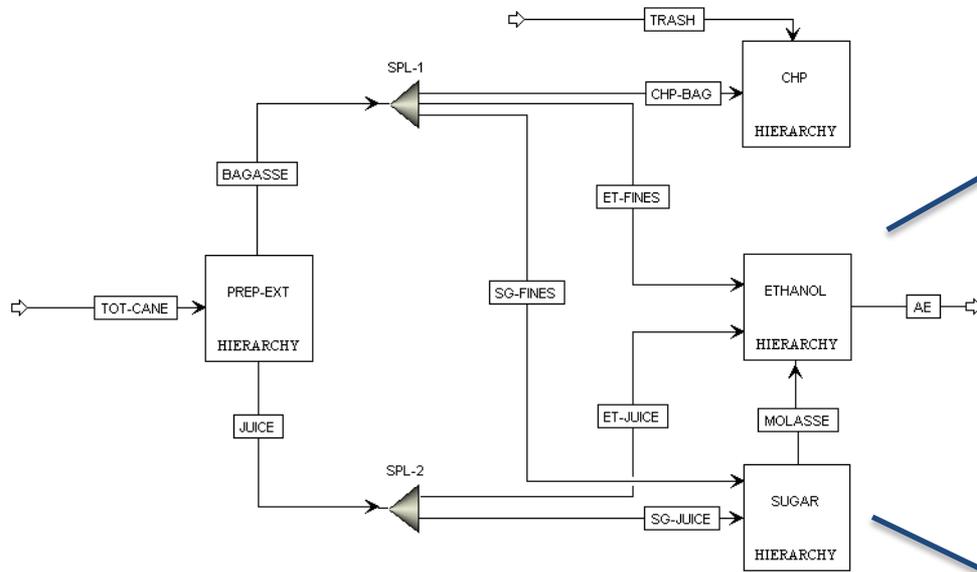


- Simulação e avaliação técnica de diferentes rotas tecnológicas para transformação da biomassa em produtos.
- Foco na produção de etanol de 1^a e 2^a geração a partir da cana-de-açúcar.
- Adaptado para incluir outras biomassas e outros produtos.
- Uso de simuladores de processo, como o Aspen Plus, SuperPro e EMSO.



Simulação de processos industriais

Produção de etanol 1G



Simulação de processos industriais

Exemplos de aplicação

Etanol 1G / 2G



1G - otimização energética e água



Integração com outras biomassas



Biodigestão



Butanol



PLA



Combustíveis de aviação



Química verde



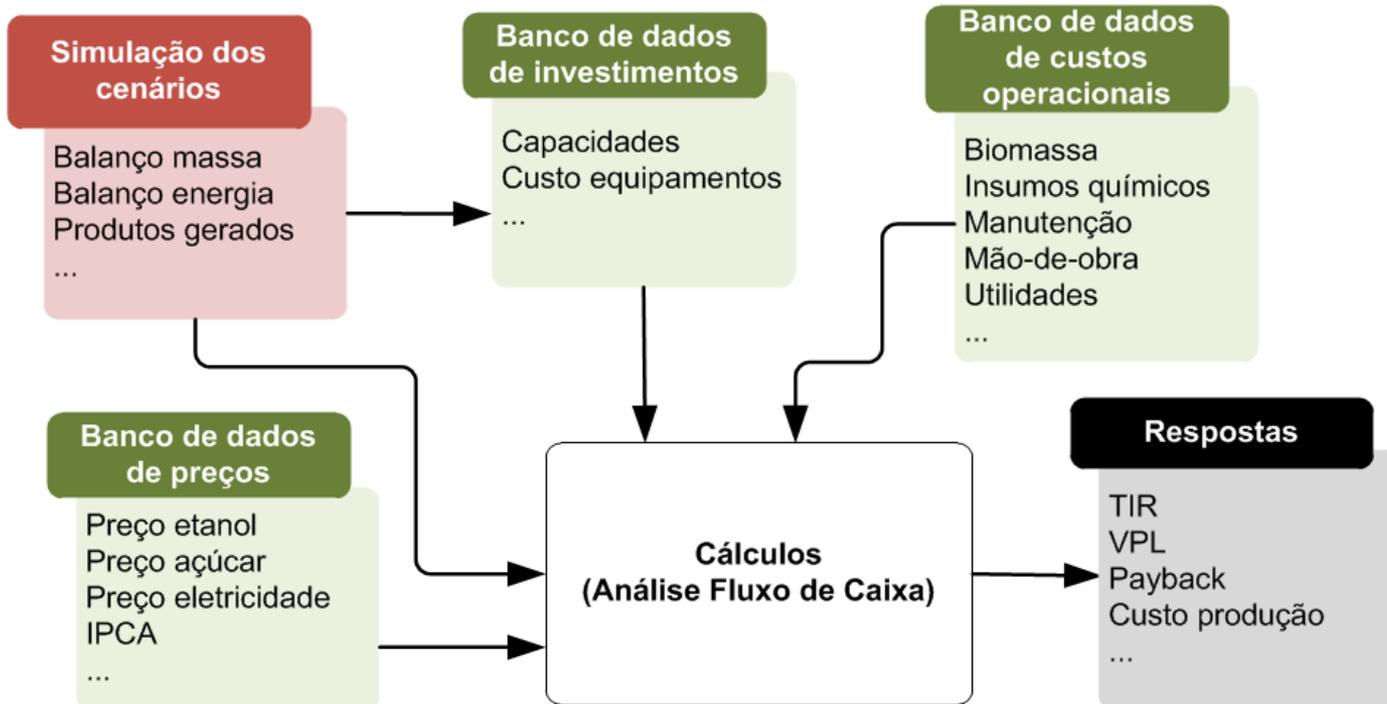
- Simulação e quantificação dos parâmetros mais importantes da logística de distribuição – transporte e comercialização – e uso de produtos de biorrefinaria.
- Foco nos sistemas de distribuição de combustíveis líquidos e no uso do etanol.

Log&UsoSoft





Engenharia Econômica





Avaliação do Ciclo de Vida

Manufatura dos insumos

Produção da biomassa

Produção do biocombustível

Uso final



Extração de recursos

Transporte dos insumos

Transporte

Distribuição

Impactos globais

Impactos locais



Potencial de aquecimento global

Uso de energia

Toxicidade (humana)

Uso da terra

Eutrofização



Métricas Sociais

- ✓ Simulação de processos
- ✓ Estimativas de uso de mão-de-obra
- ✓ Matriz Insumo-Produto
- ✓ Bases de dados setoriais

Acidentes



Perfil educacional



Empregos gerados

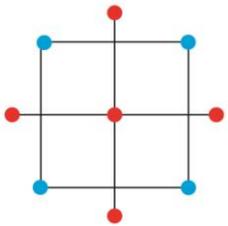


Perfil salarial



Perfil de gênero

Modelos de otimização



- Planejamento de experimentos
- Seleção de variáveis
- Construção de metamodelos (representação simplificada de modelos complexos)

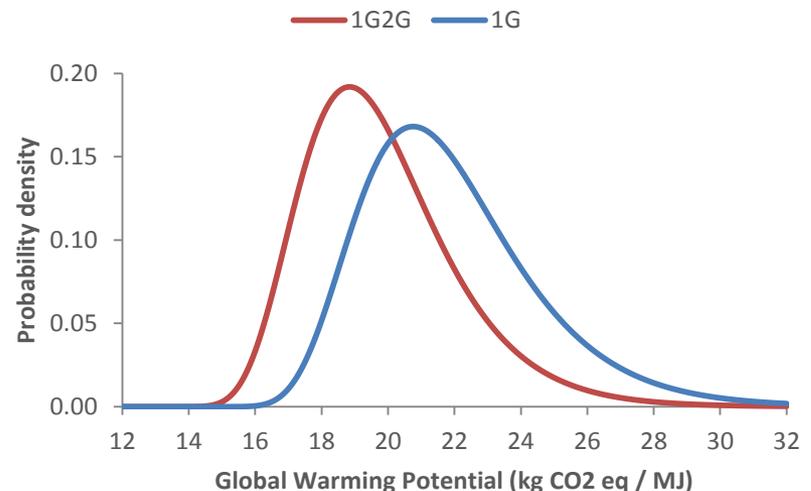
$$\begin{aligned}
 BRS_{cost} = & 27.91525 - 2.02231 X_1 + 0.07885 X_1^2 \\
 & + 1.17271 X_2 - 0.02051 X_2^2 - 3.19251 X_3 \\
 & + 0.91823 X_3^2 - 0.06638 X_1 X_2 - 0.19659 X_1 X_3 \\
 & - 0.00000 X_2 X_3
 \end{aligned}$$

$$X_1 = \left(\frac{P - 85.0}{8.9191} \right) \quad X_2 = \left(\frac{D - 35.0}{8.9191} \right) \quad X_3 = \left(\frac{R - 50.0}{11.8921} \right)$$

Análise de Risco



- Intervalos para as variáveis de entrada
- Simulações de Monte-Carlo
- Curvas de probabilidade para as respostas



Resumo

- ✓ Integração de toda a cadeia produtiva, *i.e.* etapas agrícola, transporte, conversão industrial, uso dos produtos e disposição dos resíduos;
- ✓ Plataformas integradas para avaliação da sustentabilidade: modelagem de processos, análise de ciclo de vida, métricas sociais, OPEX, CAPEX, avaliação da rentabilidade, etc;
- ✓ Modelos de processos customizados e otimização multi-objetivo;
- ✓ Incerteza e análise de risco.



Obrigado!

mateus.chagas@bioetanol.org.br

Divisão de Avaliação Integrada de Biorrefinarias (CTBE)

- **Antonio Bonomi (coordenador)**
- Alexandre Souza
- Antônio Djalma Jr.
- Bruna Moraes
- Bruno Klein
- Charles Jesus
- Diego Ordonez
- Edvaldo Moraes
- Elmer Rivera
- Isabelle Sampaio
- José Bohórquez
- Lucas Pereira
- Luz Adriana Toro
- Marcelo Cunha (Unicamp)
- Marcelo Zaiat (USP)
- Marcos Watanabe
- Marina Dias (Unifesp)
- Mateus Chagas
- Moises Alves
- Mylene Ferreira
- Otavio Cavalett
- Paulo Mantelatto
- Renato Neves
- Ricardo Silva
- Rubens Maciel (Unicamp)
- Tassia Junqueira
- Terezinha Cardoso
- Vera Gouvêia
- Victor Geraldo

