

WORKSHOP

## **BIOEN-FAPESP RenovaBio:**

ciência para a sustentabilidade e competitividade da bioenergia

# **Tópicos de pesquisa visando aprimorar o RenovaBio**

**Antonio Bonomi**

Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)

Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)

# Pesquisas em produção e processamento de biomassas potencializadas pelo RenovaBio

## GT-ACV RenovaBio



Embrapa Meio-Ambiente (coordenação)



CTBE/CNPq



Unicamp



Agroicone



**Biologia  
Sintética**

**Enzimas  
Industriais**

**Processos  
Bioquímicos**

**Plataformas  
Microbianas**

**Sistema  
Solo-Planta**

**Engenharia Biológica**

**Escalonamento de Processos**

**Biorrefinaria Virtual**

- 1G Autônoma
- 4MTC/ano – 200 dias
- Produtividade: 80 TC/ha
- 100% de mecanização
- Aplicação de N: 120 kg/ha
- Fertirrigação com vinhaça in natura (31% área)
- Sem recolhimento de palha
- Rendimento: 85 L etanol anidro/TC
- Caldeiras de baixa pressão
- Comercialização de eletricidade: 30,8 kWh/TC

**Emissões de GEE**  
(g CO<sub>2</sub> eq / MJ gasolina)

87,4

**Emissões de GEE**  
(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

23,5

**Geração de Cbios**  
(mil Cbios / ano)

484



# PRODUÇÃO DE BIOMASSA



## Base

- Vinhaça in natura
- Fertirrigação (31% da área)

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

23,5

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

484



## Concentração

- Enriquecimento com N
- Aplicação em maior área (75% da área)

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

22,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

489



## Biodigestão → Biometano

- Substituição do diesel (100%)

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

18,2

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

524



## Base

- Palha no campo
- 100% colheita mecanizada
- 80 TC/ha e 30,8 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

23,5

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

484



## Palha no campo → Aumento produtividade

- 90 TC/ha e 30,8 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

21,9

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

496



## Palha → Cogeração

- Otimização energética
- 50% de recolhimento
- 174,3 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

19,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511



## Base – Cana Convencional

- 80 TC/ha
- 5 cortes
- 120 kg N/ha
- 85,0 L/TC
- 30,8 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

23,5

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

484



## Cana Energia – Atual

- 140 TC/ha
- 10 cortes
- 120 kg N/ha
- 50,5 L/TC
- 207,0 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

14,5

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

318



## Cana Energia – Potencial

- 250 TC/ha
- 10 cortes
- 120 kg N/ha
- 50,5 L/TC
- 207,0 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

12,1

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

329



Etanol 1G



## Base

- Caldeiras de baixa pressão
- 30,8 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

23,5

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

484



## Otimização

- Caldeira alta pressão
- Integração energética
- 84,1 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

21,6

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

498



## Otimização com palha

- 50% de recolhimento
- 174,3 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

19,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511



## Base

- 4 MTC/ano - 200 dias
- Sem palha

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

23,5

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

484



## Otimização Energia Elétrica

- 50% de recolhimento
- 174,3 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

19,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511



## Integração Milho

- 4 MTC/ano - 200 dias
- 520 mil t milho/ano – 130 dias
- 56% mais etanol

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

22,7

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

762



## Base

- 4 MTC/ano - 200 dias
- Sem palha

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

23,5

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

484



## Otimização Energia Elétrica

- 50% de recolhimento
- 174,3 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

19,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511



## Integração Pecuária

- 4 MTC/ano - 200 dias
- Bagaço (coproduto) para ração animal

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

15,2

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

529



# Etanol 2G



## 1G otimizada

- 84,9 L/TC
- 174,3 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

19,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511



## 1G2G integrada - Atual

- 108,8 L/TC
- 68,6 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

19,1

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

659



## 2G independente - Atual

- 170,8 L/t MLC
- 348,9 kWh/t MLC
- 422,2 mil t MLC/ano (eq. 4 MTC/ano)

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

7,2

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

163



## 1G otimizada

- 84,9 L/TC
- 174,3 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

19,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511



## 1G2G integrada - Atual

- 108,8 L/TC
- 68,6 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

19,1

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

659



## 1G2G integrada - Futura

- 124,7 L/TC
- 61,6 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

17,2

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

780



# Bioquerosene de Aviação



## 1G otimizada

- 84,9 L/TC
- 174,3 kWh/TC

### Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

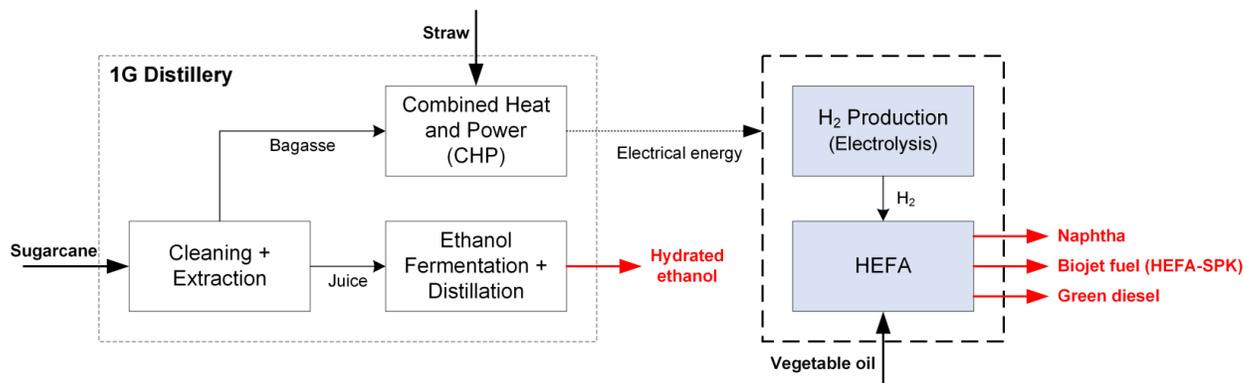
19,8

### Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511

## HEFA



- Processamento de óleo vegetal (no caso, soja: 340,6 mil t/ano)
- Consumo de EE da destilaria para geração de H<sub>2</sub> (eletrólise)
- Gasolina e diesel renováveis não geram Cbios

### Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ BioQAV)

28,6

### Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

28,6

### Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

993



## 1G otimizada

- 84,9 L/TC
- 174,3 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

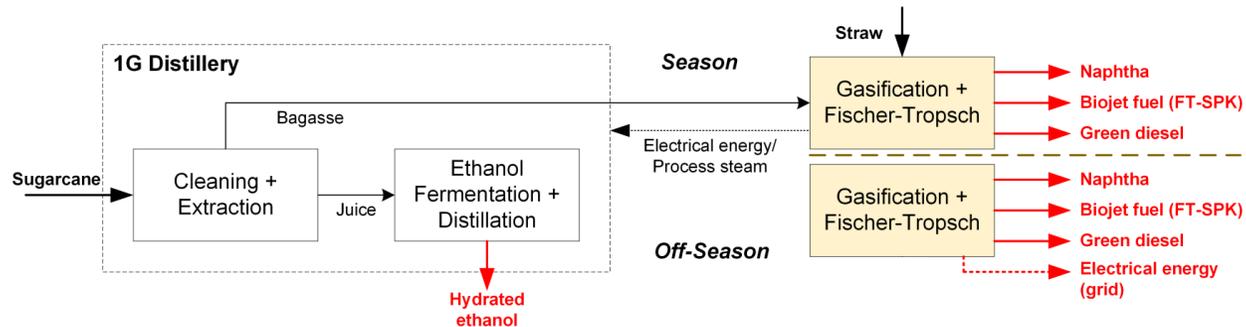
19,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511

## Gaseificação e síntese de Fischer-Tropsch



- Integração mássica e energética com a destilaria (gaseificação)
- Gasolina e diesel renováveis não geram Cbios

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ BioQAV)

9,4

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

9,4

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

678



# Biorrefinarias

Produção de ácido levulínico



## 1G otimizada

- 84,9 L/TC
- 174,3 kWh/TC

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

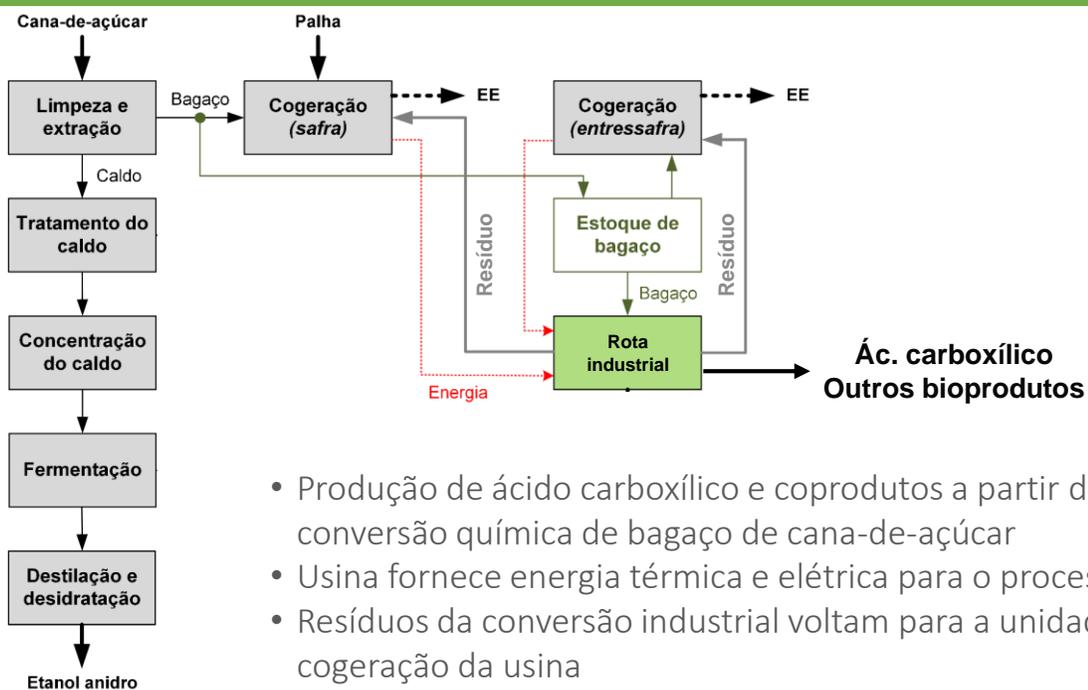
19,8

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

511

## Ácido levulínico



- Produção de ácido carboxílico e coprodutos a partir da conversão química de bagaço de cana-de-açúcar
- Usina fornece energia térmica e elétrica para o processo
- Resíduos da conversão industrial voltam para a unidade de cogeração da usina

## Emissões de GEE

(g CO<sub>2</sub> eq / MJ etanol)

18,7

## Geração de Cbios

(mil Cbios / ano)

520

Avanços tecnológicos são impactados positivamente pela geração de Cbios