



## **Bioenergy & Sustainability: the industry perspective**

**FAPESP, November 2013**

# ***Sustainable development & innovation***

***L. A. Horta Nogueira***

**Universidade Federal de Itajubá**

**Minas Gerais, Brasil**



# ***Desenvolvimento sustentável & inovação***

## ***Tópicos:***

- 1. Biocombustíveis: uma opção brasileira***
- 2. Questões ao longo do caminho***
- 3. Dúvidas persistentes***
- 4. Novas possibilidades***
- 5. Comentários finais***

# ***1. Biocombustíveis: uma opção brasileira***

***Os biocombustíveis foram usados nos primórdios da indústria automobilística. Com a era do petróleo barato, essas iniciativas não foram adiante.***

***A única exceção foi o Brasil, que desde 1931 vem utilizando regularmente etanol na gasolina, alternativa reforçada durante os anos setenta (maiores teores e uso puro) e recentemente com a adoção dos motores flexíveis.***

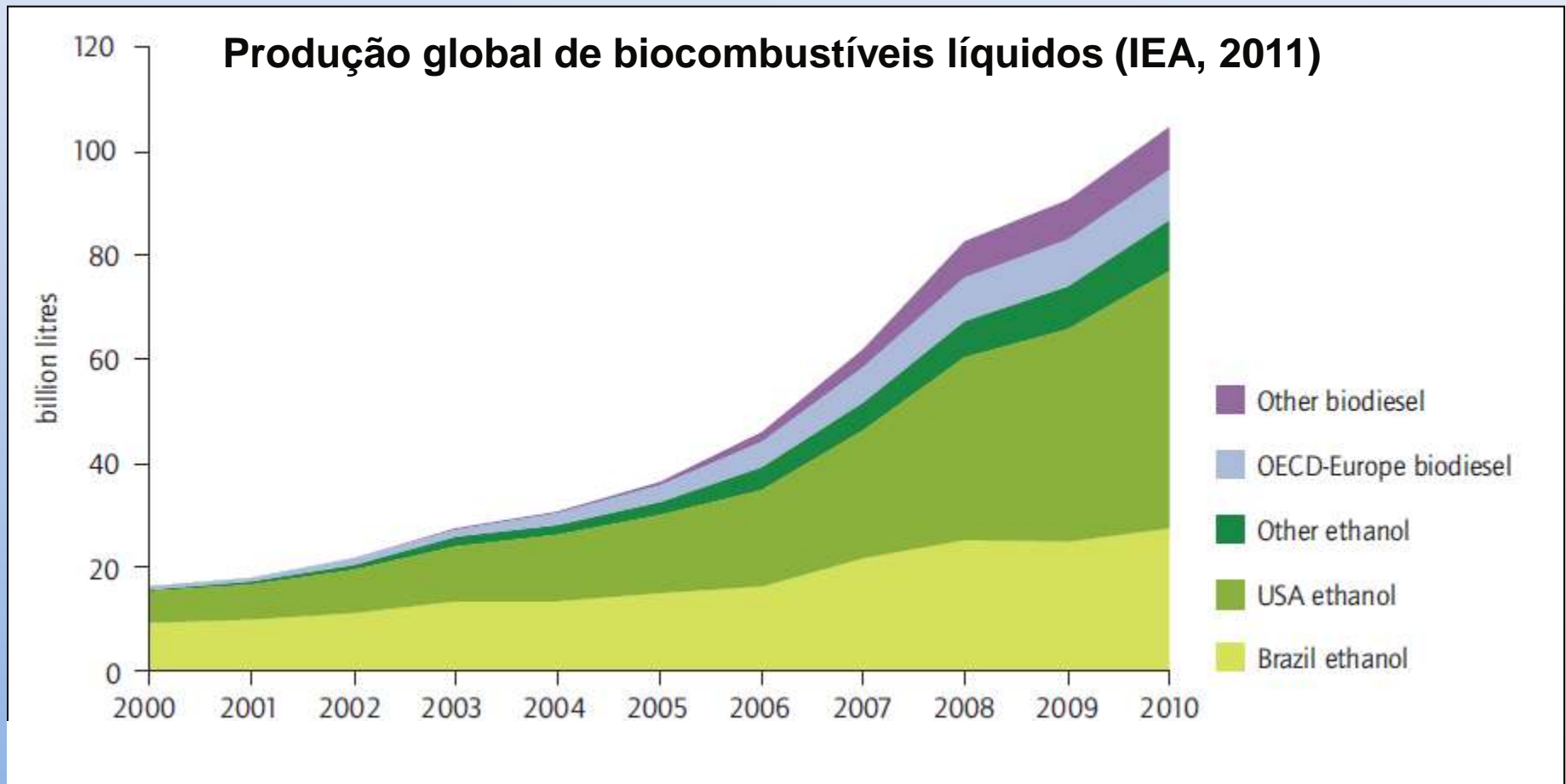
Automóvel Ford Modelo T adaptado para uso com etanol puro, usado para demonstrações nos anos vinte

(INT, 2006)



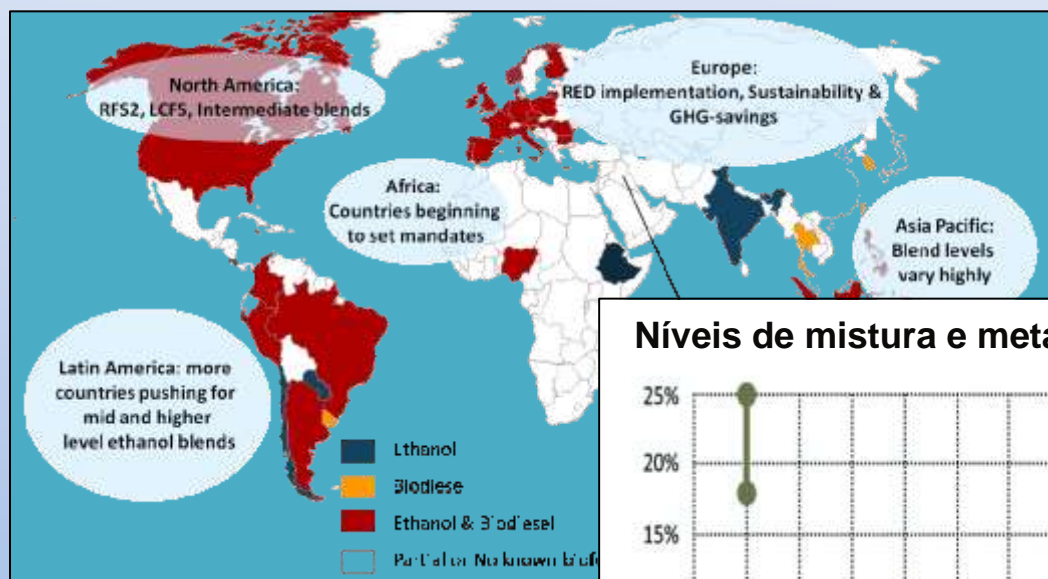
# 1. Biocombustíveis: uma opção brasileira

*Em termos globais, a partir dos anos 80 o interesse nos biocombustíveis foi retomado, representando atualmente cerca de 3% do consumo global de energia no setor de transporte.*

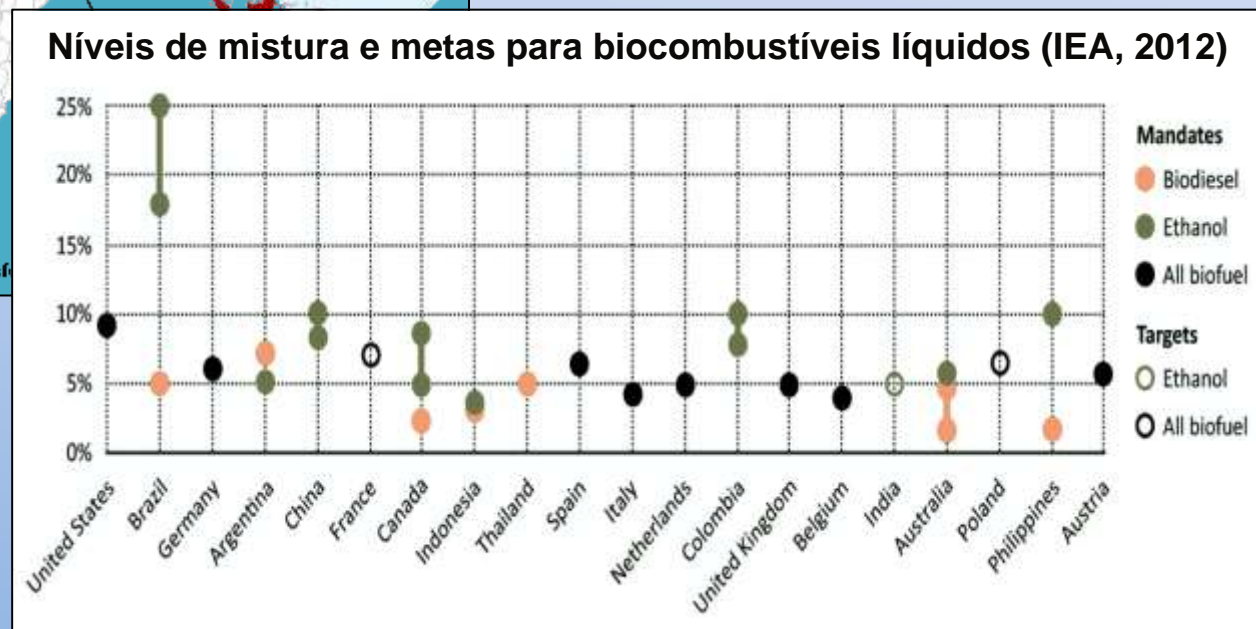


# 1. Biocombustíveis: uma opção brasileira

*Buscando segurança energética, benefícios ambientais ou econômicos, diversos países vêm efetivamente promovendo ou pretendem promover o uso de biocombustíveis, como etanol ou biodiesel.*

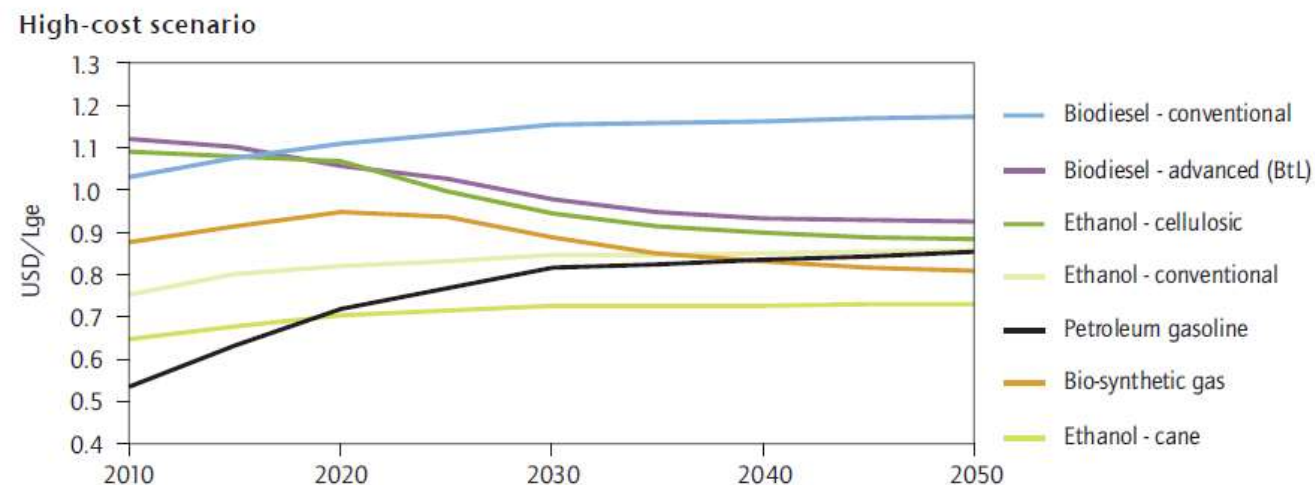
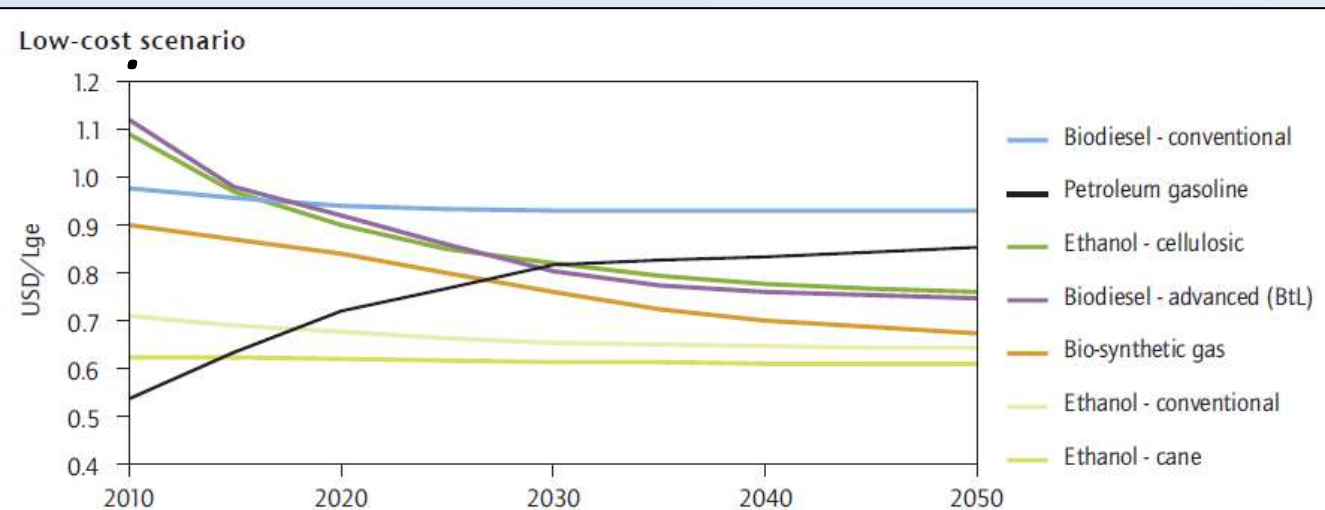


Países com mandatos de mescla de biocombustíveis (Hart 2013)



# 1. Biocombustíveis: uma opção brasileira

*A competitividade do etanol de cana não parece ameaçada pelas novas tecnologias. Para o biodiesel o quadro é mais incerto.*



**Projeções de preços de combustíveis para transporte (IEA, 2011)**

## ***2. Questões ao longo do caminho***

***Os bons resultados do modelo bioenergético brasileiro, particularmente considerando a agroindústria da cana, não se devem apenas aos recursos naturais disponíveis.***

***Foi e tem sido relevante a contribuição dos centros de pesquisa e universidades na superação dos sucessivos obstáculos que foram surgindo, no âmbito da produção agrícola, na conversão industrial e nos processos de logística e gestão, permitindo construir uma rota energética consistente e sustentável.***

***A seguir se apresentam alguns aspectos desse percurso, retomando as dúvidas que foram surgindo.***

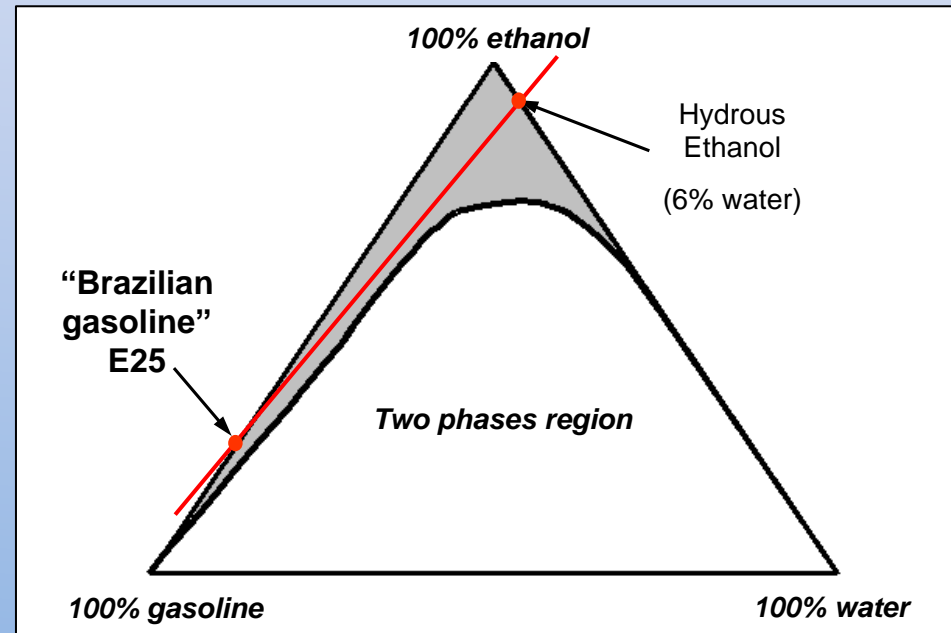
## 2. Questões ao longo do caminho

### **O etanol é um bom combustível?**

**Décadas de estudos e ensaios permitiram entender os limites e as condições para uso adequado do etanol (desempenho, partida a frio, emissões reguladas, comportamento dos materiais, etc.).**

**Atualmente o desempenho, a dirigibilidade, as condições de manutenção, dos motores a etanol e gasolina são comparáveis, com perspectivas de novos aperfeiçoamentos mediante projetos específicos.**

Diagrama ternário etanol/  
gasolina/água  
(CTC, 2004)







## 2. Questões ao longo do caminho

### **O balanço energético na produção de etanol é positivo? A cana é uma matéria prima adequada?**

**Desde os estudos realizados no início do Proálcool (Goldemberg et al., 1978), confirmados por diversos pesquisadores, se sabe que a produção de etanol de cana apresenta uma alta relação entre a energia renovável produzida e a energia fóssil consumida, essencialmente devido à elevada eficiência fotossintética da cana, o uso e reciclo de subprodutos e à gestão integrada da produção.**

<b>Matéria prima*</b>		
<i>País%</i>	<i>Brasil%</i>	<i>EUA%</i>
Redução das emissões de GEE	<b>90%*</b>	35 %
Balanço energético (output/input)	<b>9,3*</b>	1,4
Produtividade (litros/hectare)	<b>7.000*</b>	3.800

Comparação entre materias primas para etanol

(UNICA, 2010, a partir de Macedo et al., 2008 e IEA, 2010)

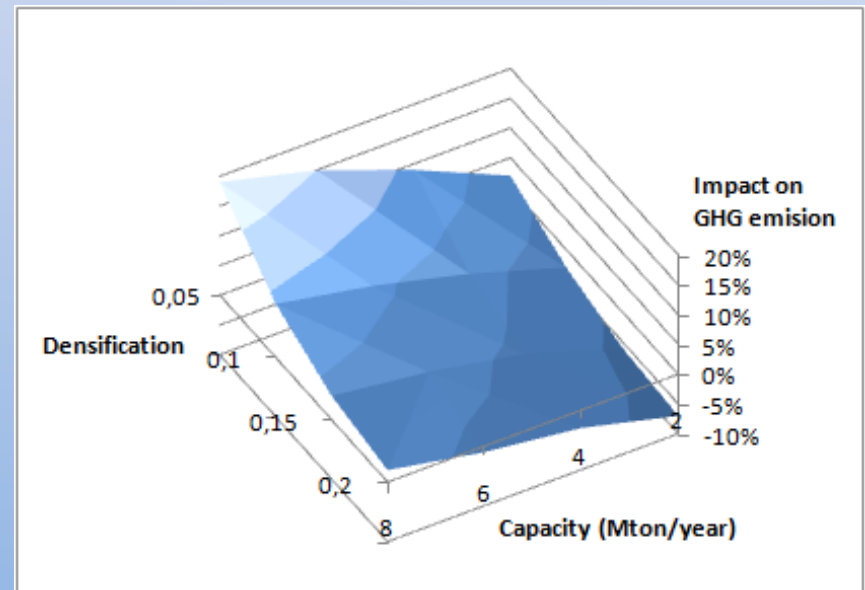
## 2. Questões ao longo do caminho

### ***A escala de produção é adequada? Por que não produzir etanol em mini-destilarias?***

***Os ganhos de eficiência associados aos incrementos de capacidade são bem conhecidos para os processos industriais (menores custos e perdas e uso de melhores sistemas de controle), mesmo sob custos crescentes de transporte da matéria prima, por sua vez otimizados mediante o desenvolvimento de tecnologias veiculares e procedimentos logísticos.***

***Os níveis de produtividade e custo observados em pequenas destilarias justificam seu emprego em mercados reduzidos e isolados.***

Efeito da distancia média de transporte da cana sobre as emissões de GHG  
(Horta Nogueira, 2012)



## 2. Questões ao longo do caminho

### ***A produção de etanol reduz a segurança alimentar?***

***A análise desse tema frequentemente é prejudicada por pressupostos ideológicos. Afinal, o que é segurança alimentar?***

***Estudos detalhados das variações de preço e suas causas indicam que efetivamente é reduzido o impacto da produção de etanol de cana sobre a disponibilidade e o custo dos alimentos.***

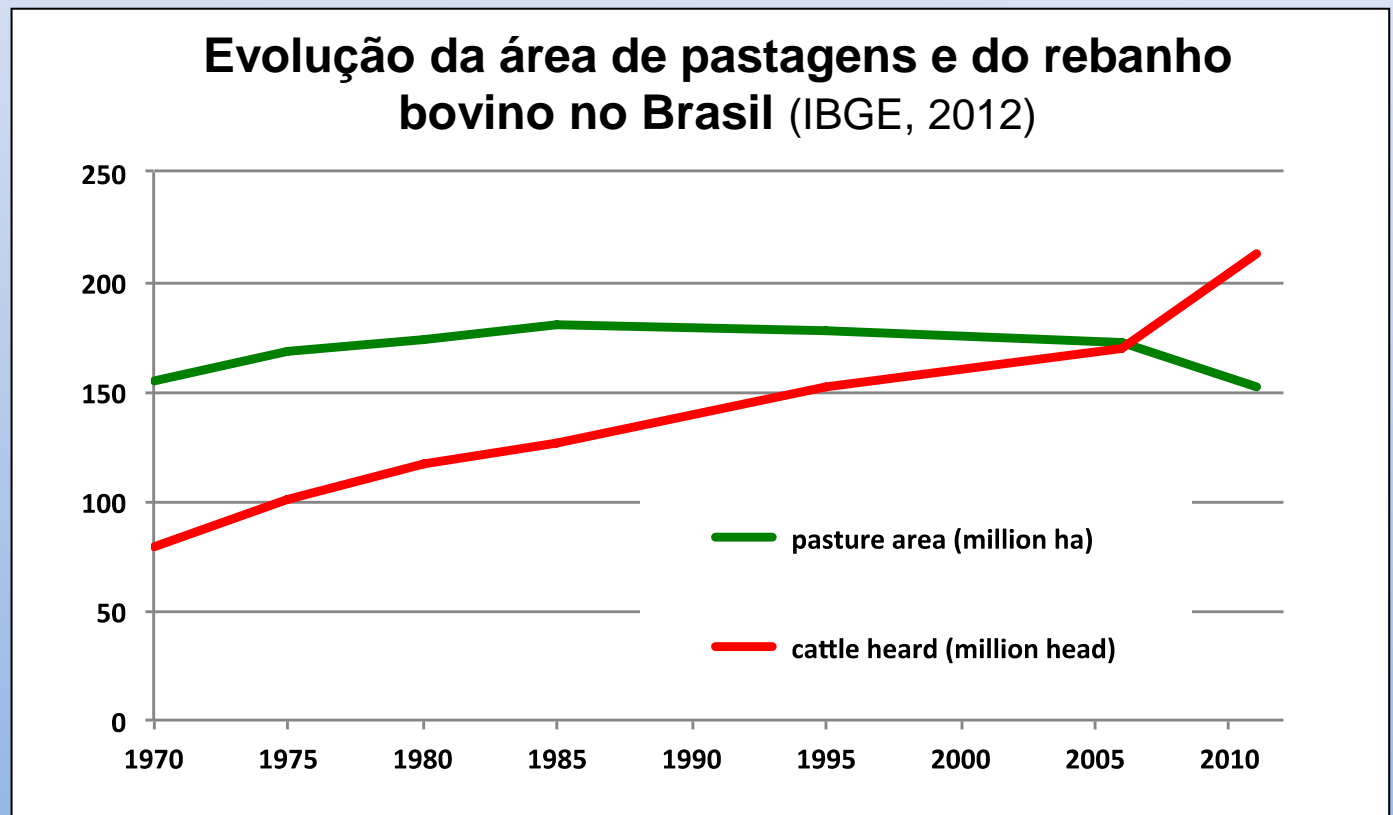
From **World Agriculture: Towards 2015-2030**, FAO, 2004

... growth in food production will be higher than population growth. By the year 2015/2030 per capita food supplies will have increased and the incidence of undernourishment will have been further reduced in most developing regions ... The world population will be increasingly well-fed by 2030, with 3050 kilocalories (kcal) available per person, compared to 2360 kcal per person per day in the mid-1960s and 2800 kcal today. This change reflects ... the rising consumption in many developing countries whose average will be close to 3000 kcal in 2030.<sup>652</sup>

## 2. Questões ao longo do caminho

### *A produção de etanol reduz a segurança alimentar?*

*A expansão dos canaviais no Brasil tem ocorrido basicamente em áreas de pastagens, associada a notável incremento da produtividade da pecuária, mediante diversas técnicas de produção e manejo.*



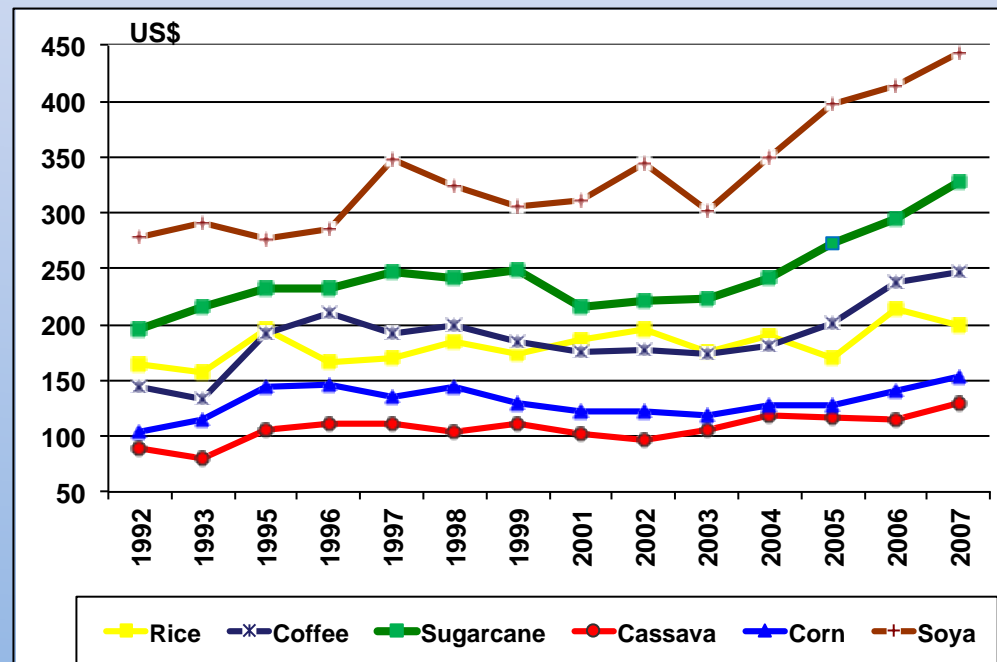
## 2. Questões ao longo do caminho

### Quais os impactos sociais da produção de etanol?

*O desenvolvimento da agroindústria energética da cana está associado a benefícios sociais importantes, que têm sido acompanhados de forma sistemática, destacando-se a geração de empregos com qualidade (rendimento, estabilidade, sazonalidade, etc.) acima da média dos empregos rurais. O emprego infantil foi praticamente eliminado nessa cultura.*

*Desde uma perspectiva regional, a produção de etanol de cana permite elevar o IDH e interiorizar o desenvolvimento.*

Salários médios mensais para  
diversas culturas no Brasil  
(Moraes, 2008)



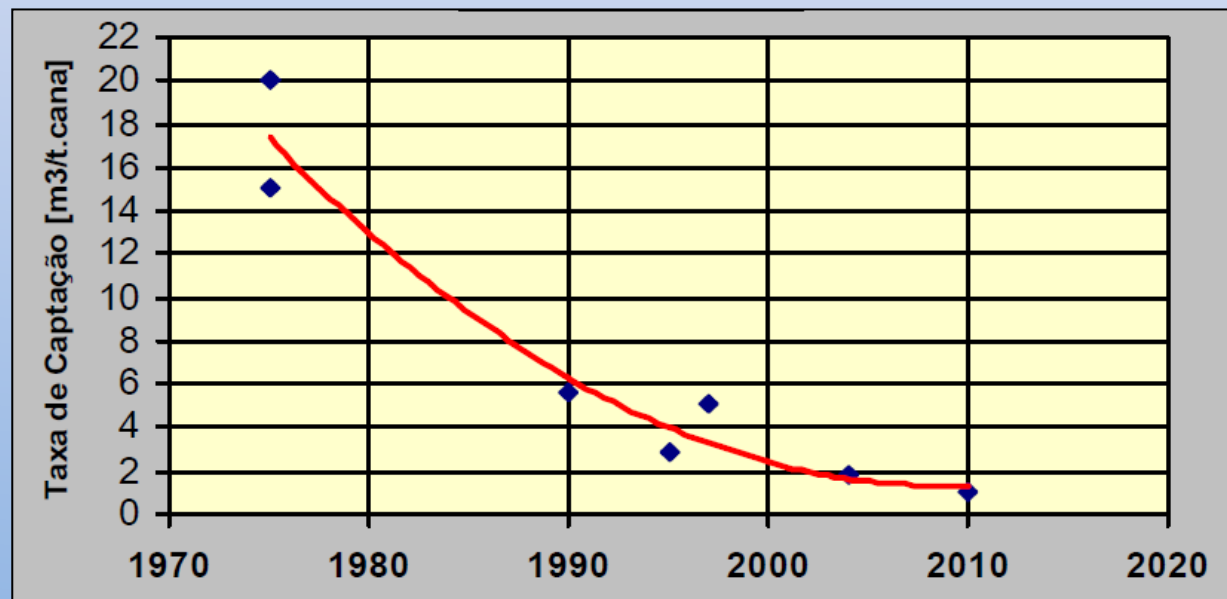
## 2. Questões ao longo do caminho

### Quais os impactos ambientais da produção de etanol?

*A ação do Estado, conjugada ao desenvolvimento de técnicas produtivas mais racionais, têm reduzido os impactos ambientais, de um modo geral.*

*Exemplos são o Zoneamento Agro-ecológico, a adoção de métodos de controle biológico de pragas, a legislação para eliminação da queima pré-colheita e a notável redução no consumo de água no processo industrial.*

Consumo de água em  
usinas de açúcar e etanol  
(casos estudados)  
(Elia Neto, 2010)



## 2. Questões ao longo do caminho

### *O etanol de cana é competitivo? Há necessidade de subsídios?*

*Durante décadas a produção de etanol apresentou ganhos de produtividade e redução de custos, alcançando um patamar de competitividade efetiva com a gasolina, desde que precificada corretamente. Infelizmente a conjuntura atual não tem sido favorável a esse biocombustível.*

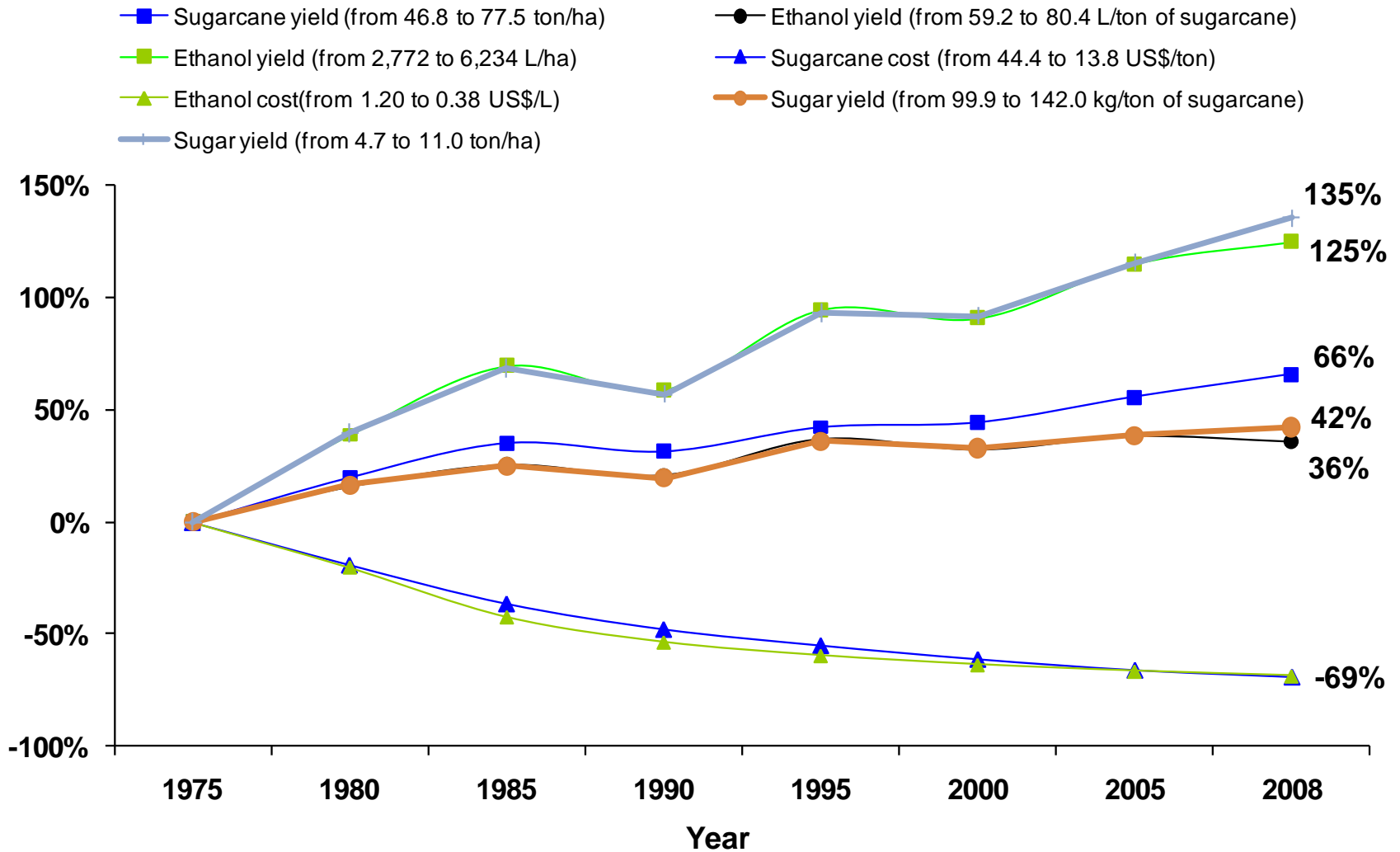
*Por outro lado, a exportação pode representar um estímulo à produção, mas os mercados importadores ainda devem ser melhor desenvolvidos.*

**Fluxos globais de bioenergia**  
(IEA, 2011)



# O etanol de cana é competitivo?

## Indicadores agroindústria canavieira (1997-2008)

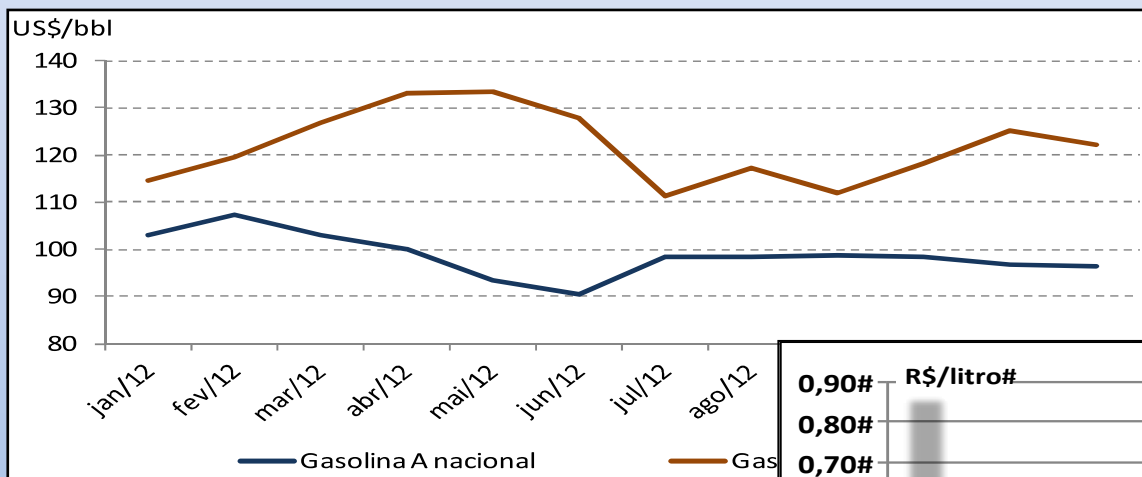


(Lago, 2010, apud Cortez, 2009)

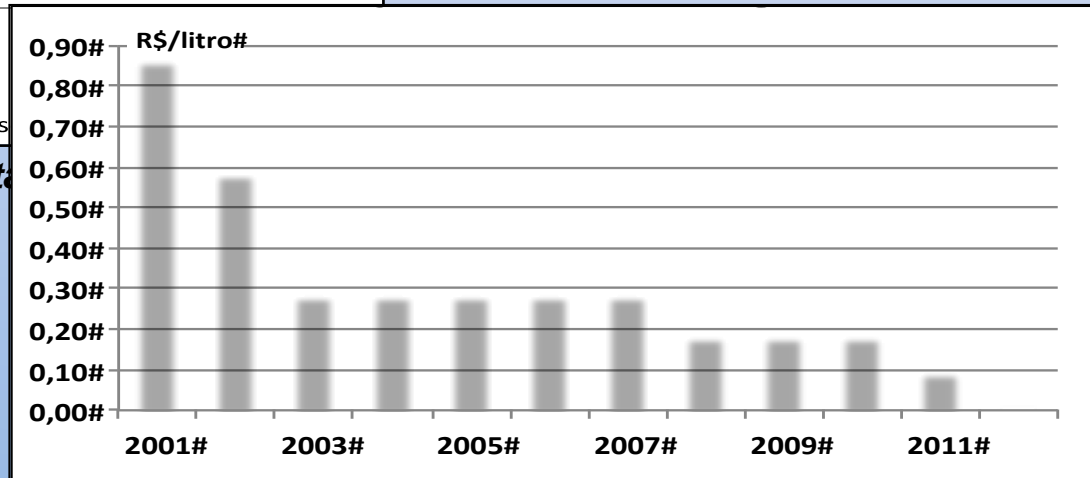


# O etanol de cana é competitivo?

**A intervenção governamental nos preços da gasolina (reduzindo os preços de realização da Petrobras e zerando a CIDE) afetou a competitividade do etanol e do biodiesel. O subsídio atual aos consumidores de gasolina é da ordem de R\$5,25/100 km percorridos e para o diesel, da ordem de 0,16 R\$/litro.**



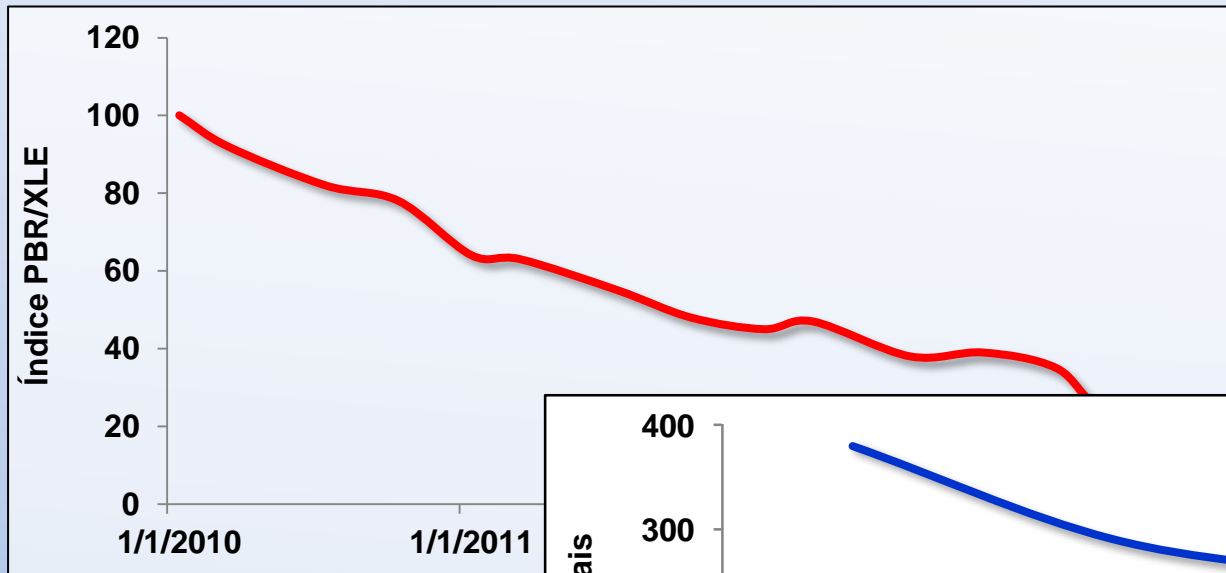
**Preços da gasolina A nacional e importada (ANP, 2013)**



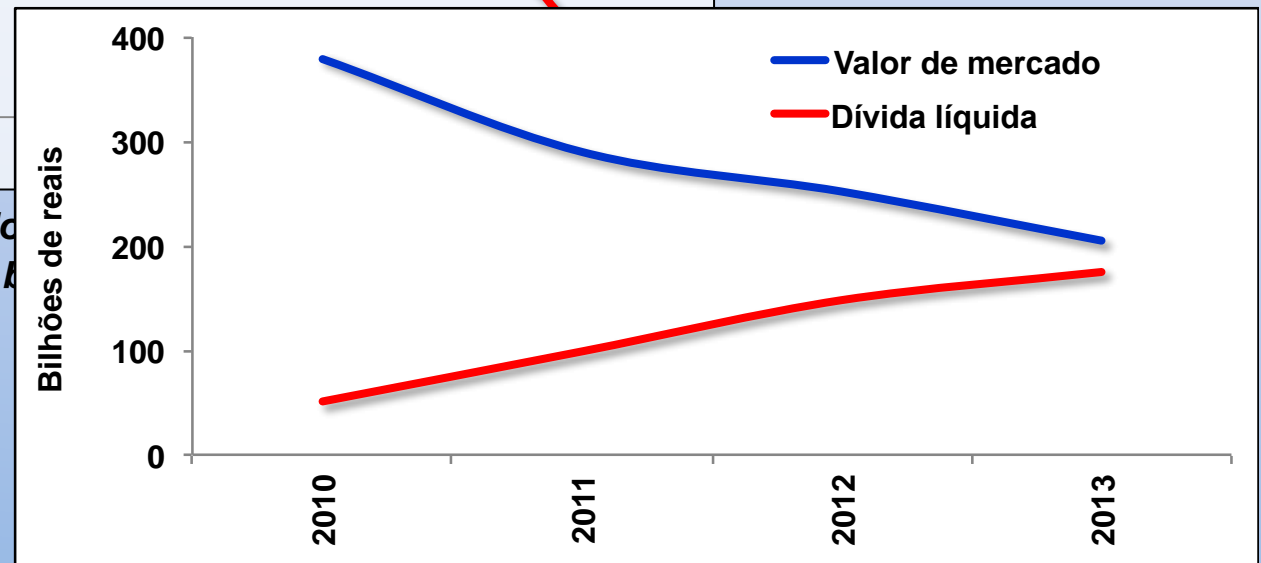
**Evolução da CIDE na gasolina (MINFAZ, 2012)**

# O etanol de cana é competitivo?

**O mercado de combustíveis no Brasil se alterou profundamente nos últimos anos, com perdas expressivas para as usinas de biocombustível e para a Petrobras.**

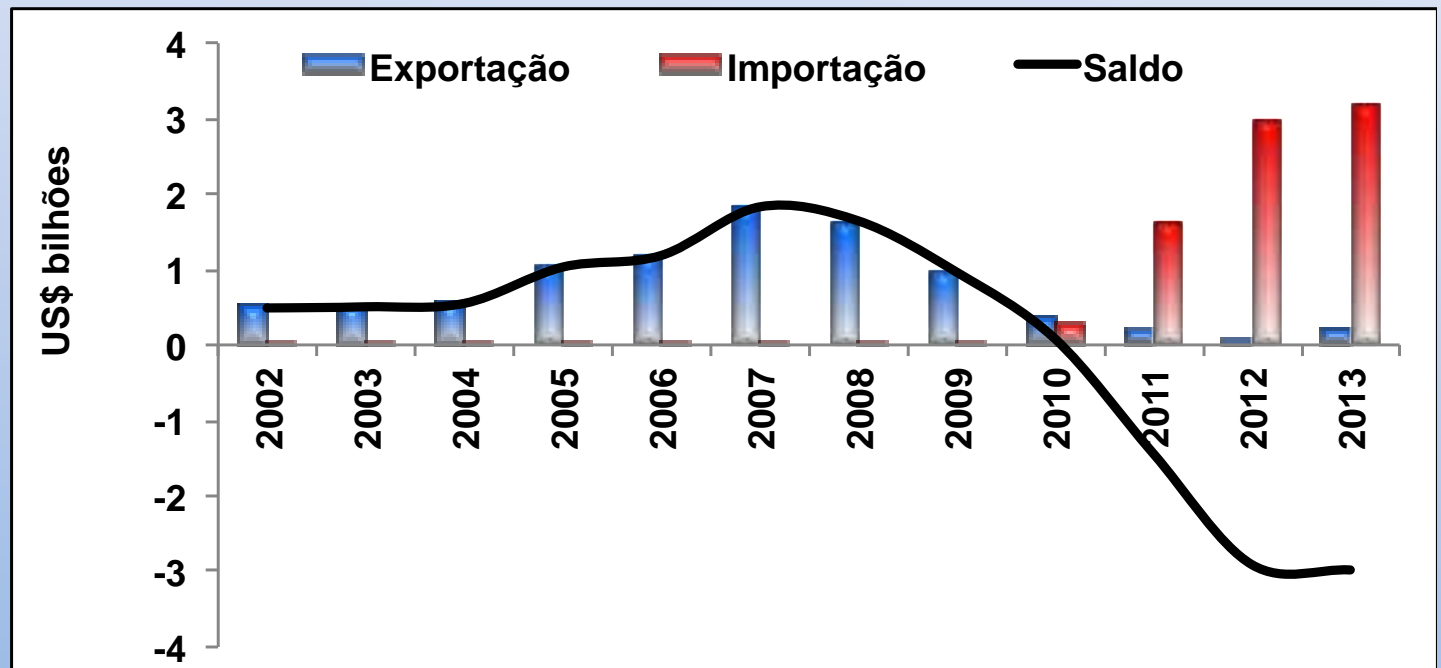


*Relação entre as ações de  
cotadas em B*



# O etanol de cana é competitivo?

*O desequilíbrio na balança de pagamentos pela importação de gasolina é superior a US\$ 3 bilhões por ano. O Tesouro Nacional deixa de arrecadar por ano cerca de R\$ 5 bilhões com eliminação da CIDE da gasolina. Atualmente existem 40 usinas de etanol fechadas, com 36.000 empregos eliminados.*



Comércio internacional de gasolina do Brasil (ANP, 2013, apud Gazzoni, in print)

# 3. Dúvidas persistentes

Apesar de estudos no Brasil e em diversos países confirmarem os **bons indicadores de sustentabilidade ambiental, social e econômica** do etanol de cana de açúcar, permanecem e às vezes crescem os questionamentos equivocados.

Angewandte  
Editorial

DOI: 10.1002/anie.201200218

## The Nonsense of Biofuels

Hartmut Michel\*



Hartmut Michel,  
director of the Max  
Planck Institute of  
Biophysics

Fossil fuels like mineral oil, coal, and natural gas, are derived from the biomass of ancient times. As such, they are indirect products of photosynthesis. It is therefore appropriate to ask whether we can use currently available biomass and convert it into biofuels like biodiesel and biogas. Biohydrogen might be another option. Often one can read that biofuels are CO<sub>2</sub>-neutral and therefore a weapon against global warming. Their production is also supposed to reduce the amount of petrol and natural gas to be imported into many countries, thus making them less dependent on energy import. In the following, I shall discuss the efficiencies of the processes required to produce biofuels, compare them with alternatives, draw the obvious conclusions, and present some visions.

phate, and NADP<sup>+</sup> is reduced to NADPH. In the following dark reactions, NADPH and ATP are used to take carbon dioxide from the atmosphere and use it for the synthesis of carbohydrates.

---

The production of biofuels constitutes an extremely inefficient land use

---

The photosynthetic pigments of plants can only absorb and use 47% (related to energy) of the light of the sun ("photosynthetic active radiation"). Green light, UV, and IR irradiation are not used. In theory, 8 photons are required to reduce 2 molecules of NADP<sup>+</sup> to NADPH, in reality, 94 photons are found to be

The dark reactions are limited by an insufficient discrimination between CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> by the enzyme RuBisCO, which inserts CO<sub>2</sub> into ribulose-1,5-bisphosphate. One third of the energy of the absorbed photons is believed to be required to remove the product of the O<sub>2</sub> insertion, 2-phosphoglycolate. The second limitation is caused by the fact that photosynthesis depends on the availability of sufficient amounts of water, a condition that is not met during much of the day.

Michel, H,

*The nonsense of biofuels,*  
**Angewandte Chemie**

**International Edition, 51, 202**



pp 2516-2518.

# 3. Dúvidas persistentes

É fundamental esclarecer as diferenças básicas entre as diversas rotas de produção de biocombustíveis, sua **eficiência e despachabilidade**, seu **balanço energético no ciclo de vida e suas implicações sociais e ambientais**.

Energy Policy 61 (2013) 595–598

Contents lists available at ScienceDirect

 Energy Policy 

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol)

---

## The rationality of biofuels

Luiz Augusto Horta Nogueira <sup>a,\*</sup>, Jose Roberto Moreira <sup>b</sup>, Ulf Schuchardt <sup>c</sup>,  
Jose Goldemberg <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Brazil  
<sup>b</sup> Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, Brazil  
<sup>c</sup> Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Brazil

---

### HIGHLIGHTS

- Energy systems and life cycle impacts are compared under equal conditions.
- The comparison is done between biofuels and photovoltaic/battery in mobility uses.
- Biofuels are a valuable option when produced sustainably by efficient routes.

---

<h3>ARTICLE INFO</h3> <p><i>Article history:</i> Received 15 April 2013 Accepted 28 May 2013 Available online 28 June 2013</p> <p><i>Keywords:</i> Competitiveness of biofuels Comparison of energy systems Sugarcane ethanol</p>	<h3>ABSTRACT</h3> <p>In an editorial of a recent issue of a known academic journal, Prof. Hartmut Michel affirmed that "...the production of biofuels constitutes an extremely inefficient land use... We should not grow plants for biofuel production.", after comparing the area occupied with plants for bioenergy production with the one required for photovoltaic cells to supply the same amount of energy for transportation. This assertion is not correct for all situations and this comparison deserves a more careful analysis, evaluating the actual and prospective technological scenarios and other relevant aspects, such as capacity requirements, energy consumed during the life cycle of energy systems and the associated impacts. In this communication this comparison is reevaluated, presenting a different perspective, more favorable for the bioenergy routes.</p>
---	---

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Nogueira, LAH, Moreira, JR,  
Goldemberg, J, Schuchardt, U,  
*The rationality of biofuels*,  
**Energy Policy**, 61, 2013  
pp 595-598.

# 3. Dúvidas persistentes

**Culturas promissoras mas relativamente pouco conhecidas para fins energéticos, como algas e oleaginosas inovadoras, vêm mostrando limitações.**

## A Realistic Technology and Engineering Assessment of Algae Biofuel Production

T.J. Lundquist<sup>1,2</sup>, I.C. Woertz<sup>1</sup>, N.W.T. Quinn<sup>2</sup>, and J.R. Benemann<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Civil and Environmental Engineering Department  
California Polytechnic State University  
San Luis Obispo, California

<sup>2</sup> Earth Sciences Division  
Lawrence Berkeley National Laboratory  
Berkeley, California

<sup>3</sup> Benemann Associates  
Walnut Creek, California

Energy Biosciences Institute  
University of California  
Berkeley, California

October 2010

ENVIRONMENTAL  
Science & Technology

VIEWPOINT  
pubs.acs.org/vi

## The Extraordinary Collapse of *Jatropha* as a Global Biofuel

Pretnode Kant

Institute of Green Technology, C-312, Defence Colony, New Delhi 110048, India

Shuirong Wu\*

Chinese Academy of Forestry, Washington, Haidian District, Beijing 100061, China



2015 *Jatropha* is expected to be planted on 12.8 million ha worldwide.<sup>1</sup>

But the results are anything but encouraging. In India the provisions of mandatory blending could not be enforced as seed production fell far short of the expectation and a recent study has reported discontinuance by 85% of the *Jatropha* farmers.<sup>2</sup> In China also until today there is very little production of biofuel from *Jatropha* seeds. In Tanzania the results are very unsatisfactory and a research study found the net present value of a five-year investment in *Jatropha* plantation was negative with a loss of US\$ 65 per ha on lands with yields of 2 tons/ha of seeds and only slightly beneficial at US\$ 9 per ha with yields of 3 tons when the average expected *Jatropha* seed yield on poor barren soils is only 1.7 to 2.2 tons/ha. Even on normal fertile soils (average seed yield 3.9 to 7.5 tons/ha) *Jatropha* was no match for sunflower.<sup>3,4</sup>

Though acclimated widely for its oil, *Jatropha* was never considered economically important enough for domestication and its seed and oil productivity is largely variable. The species indeed grows wild in many natural habitats of low productivity but the lack of resistance and nutrition is invariably reflected in its seed production. The flowering season and number of flowering events, and male to female flower ratio in *Jatropha* is dependent upon soil fertility and available moisture, and temperature and these factors affect the production of seeds. In drier areas the species exhibits one major flowering flush whereas in the more humid areas it flowers epically depending on moisture conditions. Thus its phenotypic, physiological, and biochemical variability expressed in flowering age, intensity, and frequency, and seed size and oil content, is largely an epigenetic response to the varied environment it encounters as the phenotypic plasticity of genetic traits allows morphological and physiological adjustments with the environs. But such epigenetic accommodations lowers plant efficiency which is also reflected in its lowered seed production capacity. A case study of *Jatropha* plantations sited in 1993–1994 in the Indian province of Andhra Pradesh had reported actual yields that were far below expectations and the species was found to be prone to termite attacks, water logging, vulnerable to drought in the planting year and delayed yields.<sup>5</sup>

These observations are, however, nothing out of ordinary and should have been anticipated by the Planning Commission of India, the powerful apex body that decides a national priorities and allocates funds for them, before taking up such a contentious sized

Blending of fossil diesel with bio-diesel is an important climate change mitigation strategy across the world. In 2005 the Planning Commission of India decided to introduce mandatory blending over increasingly larger parts of the country and reach countrywide 30% blending status by the year 2020 and opted for nonindigenous oilseed species of *Jatropha curcas* raised over lands unsuited to agriculture as it was considered to be high in oil content, early yielding, nonirrigable and requiring little irrigation and even low management. In a massive planting program of unprecedented scale millions of marginal farmers and landless people were encouraged to plant *Jatropha curcas* over India through attractive schemes. In 2006 China also decided to meet 15% of transportation energy needs with biofuels by 2020 and, spurred by India's example, leaned on *Jatropha curcas* with ambitious plans to raise it over 1 million hectares of marginal lands. Similar measures were undertaken across other developing countries involving millions of small farmers in the hope that it would not only provide renewable energy but also enhance their incomes. In Tanzania more than 30 000 small farmers have established *Jatropha* plantations and many more have done so in the rest of East Africa.<sup>6</sup> By 2008, *Jatropha* had already been planted over an estimated 900 000 ha globally of which an overwhelming 85% was in Asia, 11% in Africa and the rest in Latin America, and by

Received: July 5, 2011  
Accepted: July 15, 2011  
Published: August 02, 2011

## **4. Novas possibilidades**

***Existem interessantes oportunidades para aperfeiçoamento da produção agrícola e dos processos industriais, com ganhos de produtividade e benefícios econômicos e ambientais.***

***O desenvolvimento dessas oportunidades depende da realização de estudos e projetos que permitam reduzir as incertezas ainda existem e aproveitar o potencial já identificado.***

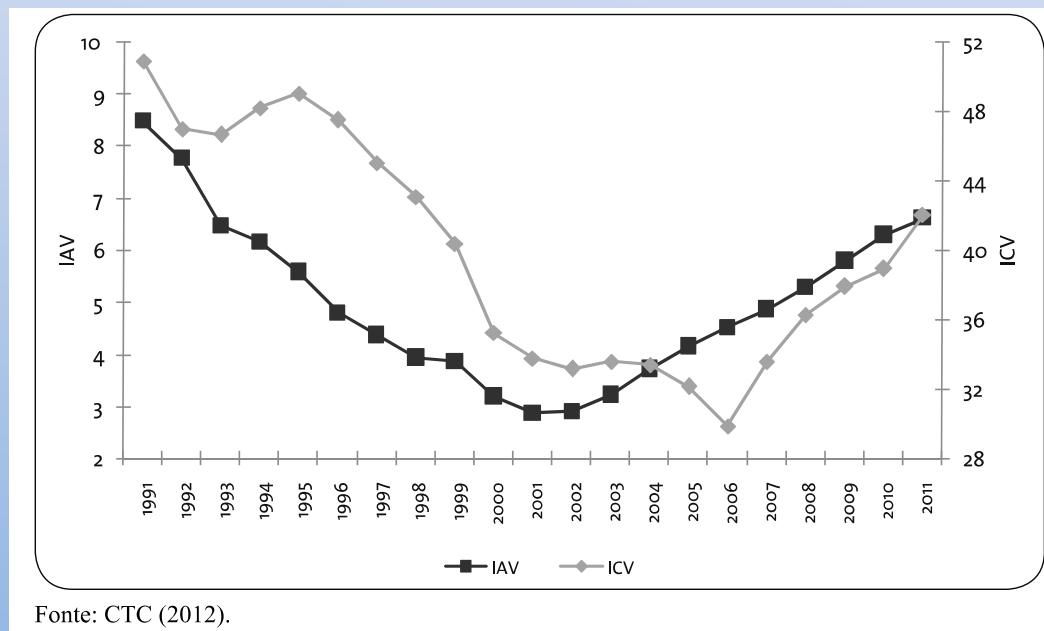
***A associação de universidades, centros de pesquisa e empresas que implementem projetos em configurações reais é um fator de sucesso.***

## 4. Novas possibilidades

***Entre 1970 e 2010 foram liberadas no Brasil 207 variedades de cana para uso comercial. A adoção das modernas técnicas de biotecnologia no melhoramento da cana poderá trazer ganhos relevantes, mas depende de esforços claros nesse sentido.***

***Igualmente interessante é o desenvolvimento de técnicas para fixação do nitrogênio atmosférico e a agricultura de precisão.***

**Censo de variedades de cana**  
(Índice de Atualização Varietal (IAV) e  
Índice de Concentração Varietal (ICV))  
(CTC, 2012 apud BNDES, 2013)





## 4. *Novas possibilidades*

*De um modo geral os equipamentos utilizados nas atividades agrícolas são adaptações de modelos utilizados em outras culturas. O desenvolvimento de sistemas mais adequados para plantio, cultivo e colheita de cana, com menor compactação do solo e menor consumo de energia é um passo importante a ser dado.*



**Estrutura de Tráfego Controlado (ETC),  
proposta pelo CTBE  
(Braunbeck, 2013)**

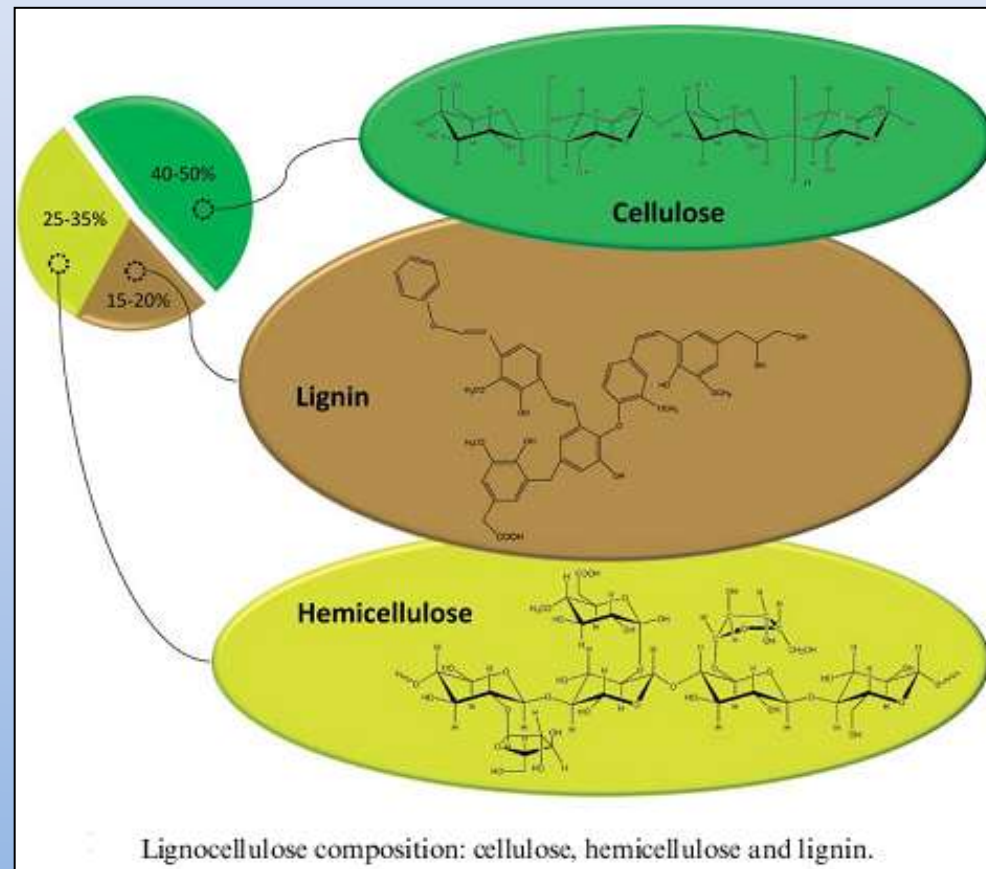
## 4. Novas possibilidades

***Há um significativo esforço para desenvolver tecnologias capazes de produzir biocombustíveis, especialmente etanol, a partir de matérias primas celulósicas como a palha e resíduos de madeira.***

***A celulose e a hemicelulose, os principais constituintes da biomassa sólida, são cadeias de açúcares simples.***

***En termos teóricos, uma tonelada de bagaço seco permite produzir 362 litros de etanol***

(Rossell, 2011)



## 4. *Novas possibilidades*

*A adoção de outros biocombustíveis em motores do ciclo Diesel configura ao mesmo tempo um desafio tecnológico e uma oportunidade de relevantes ganhos de eficiência e competitividade.*

**Motor Diesel com injeção eletrônica para etanol anidro  
(270 CV)**

(Scania, 2008)



## 4. *Novas possibilidades*

*A capacidade de geração de energia elétrica, utilizando bagaço e palha de cana, ainda não aproveitada é superior a 12 GW. Nesse contexto, a instalação de unidades mais eficientes e aproveitamento da palha (pontas e folhas) da cana é importante, mas ainda depende de aperfeiçoamentos na colheita dessa biomassa.*



Separador de palha, Usina Alta Mogiana  
(Hassuani, 2013)



Picador de fardos de palha de cana, Usina da  
Pedra (Horta Nogueira, 2013)

## 4. *Novas possibilidades*

*O Brasil apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento dos biocombustíveis aeronáuticos, mas cabem definir estratégias e metas.*

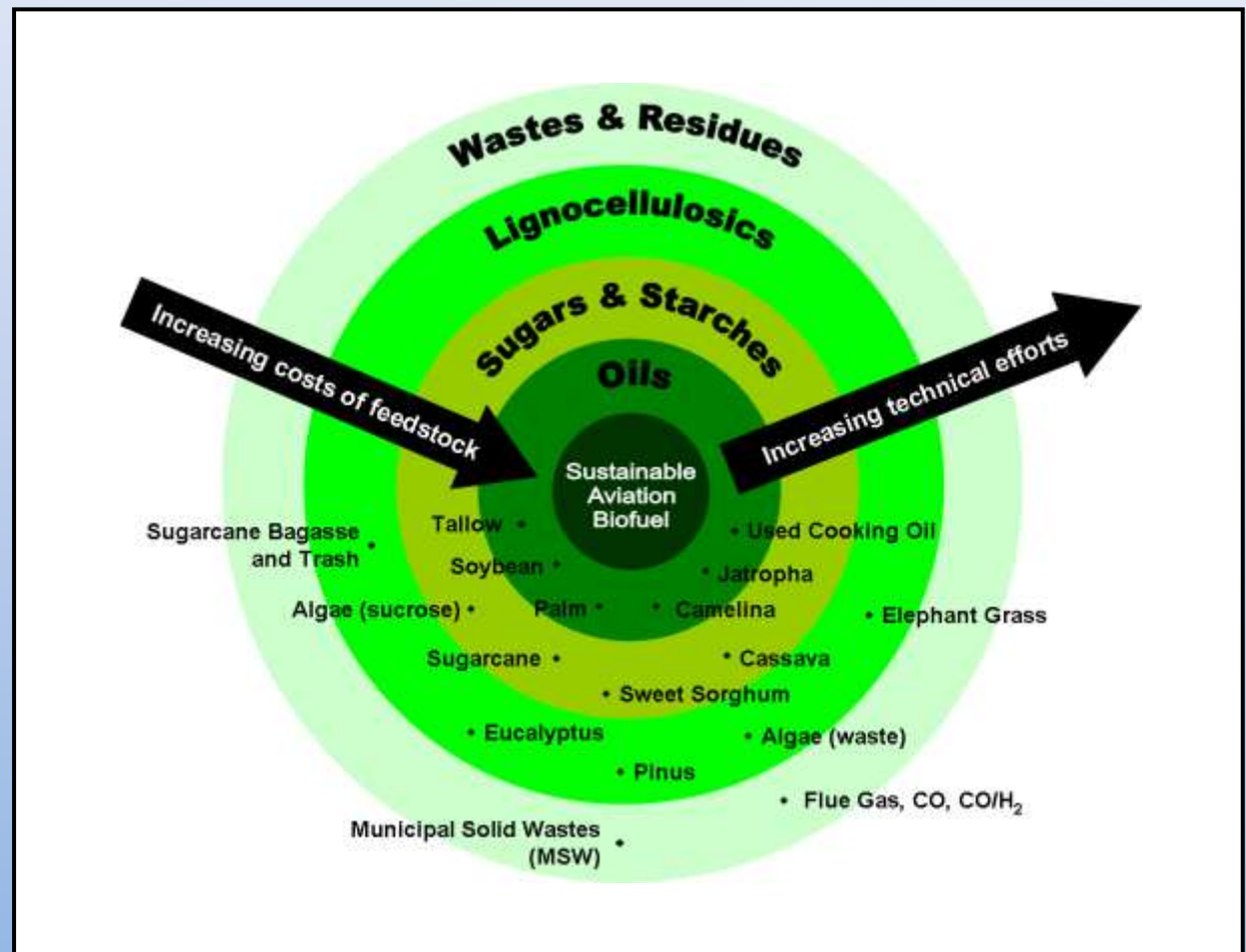


PLANO DE VOO PARA BIOCOMBUSTÍVEIS  
DE AVIAÇÃO NO BRASIL:  
PLANO DE AÇÃO



## 4. Novas possibilidades

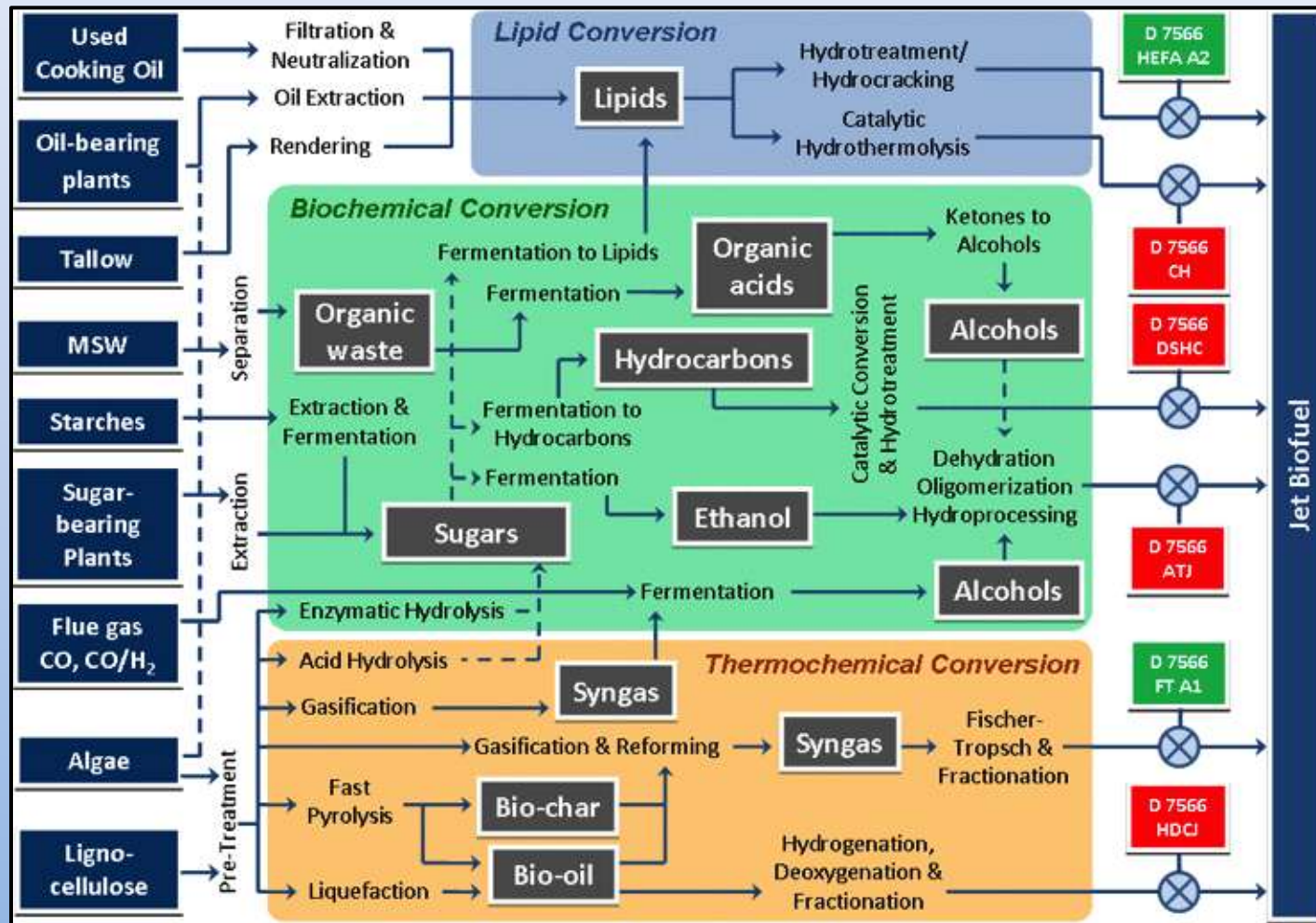
*Para os biocombustíveis aeronáuticos, como para os demais, o desafio é desenvolver processos competitivos capazes de valorizar matérias primas de baixo custo e impacto.*



Boeing, Embraer,  
FAPESP, Unicamp,  
2013

## 4. Novas possibilidades

A diversidade de rotas para conversão da biomassa em biocombustíveis aumenta no caso das aplicações aeronáuticas, que demandam um “drop-in biofuel”.



Boeing, Embraer,  
FAESP, Unicamp,  
2013

## ***5. Comentários finais***

- ✓ **São promissoras as perspectivas para a expansão da demanda de biocombustíveis no mercado mundial.**
- ✓ **A contínua agregação de conhecimento à cadeia produtiva agroenergética permitiu alcançar bons níveis de sustentabilidade, com espaços para ganhos adicionais.**
- ✓ **Para a desejável continuidade da produção e uso de bioenergia, em bases racionais e com ganhos de eficiência, é essencial:**
  - **que sejam implementadas políticas públicas estáveis que valorizem os biocombustíveis renováveis, e promovam seu adequado desenvolvimento.**
  - **se eliminem os subsídios aos combustíveis fósseis e se promova a transparência na formação dos preços dos combustíveis.**



*L. A. Horta Nogueira*

*horta@unifei.edu.br*

Universidade Federal de Itajubá

Minas Gerais, Brazil

# ***Comentários adicionais sobre o SCOPE Bioenergy***

- ✓ **A diversidade de rotas de produção e contextos de utilização de bioenergia impõem adotar focos. Por exemplo, pinhão manso e cana são muito diferentes. Aparentemente os biocombustíveis líquidos (com destaque para o etanol) e a bioeletricidade são prioridades.**
- ✓ **A discussão racional e transparente das potencialidades e implicações das modernas opções bioenergéticas está muitas vezes distorcida por interesses ocultos (“vested”). Qual a melhor estratégia nesse caso? Possivelmente a forma de comunicar e difundir ideias e conceitos deva ser mais valorizada.**