

4. O século XXI

2003: a introdução dos carros modelo FFV (*flex-fuel vehicle*)

Com o aumento do preço do petróleo na primeira década do século XXI, o etanol de cana-de-açúcar ganhou um novo impulso. Após diversas tentativas pelos sistemistas de introduzir no país uma variante da tecnologia *flex* que já vinha sendo aplicada nos Estados Unidos, e após a realização pelo IPT do seminário mencionado no Capítulo 3 de disseminação e conscientização sobre o potencial da tecnologia, a indústria automobilística percebeu que o consumidor demandava um veículo com motor flexível, que funcionasse com qualquer proporção de etanol na mistura combustível.

A introdução da tecnologia *flex-fuel* representou um verdadeiro marco para o uso de biocombustíveis no Brasil. Nesse sentido, pode-se dizer que houve uma história antes e outra depois da introdução dessa tecnologia, segundo comunicação de **Eduardo Carvalho**, ex-presidente da Unica¹.

O consumidor queria um carro a álcool que pudesse funcionar com gasolina para não ficar à mercê das oscilações de preço, comuns ainda hoje na entressafra da cana, e também não queria ficar refém de um combustível que poderia faltar e conseqüentemente desvalorizar seu patrimônio. Recorde-se aqui a experiência da crise de 1989, já comentada neste texto.

Os **modelos FFV** (*flex-fuel vehicle*) já existiam nos EUA e operavam com misturas de gasolina e etanol anidro. Nesse contexto, em 2002, a Ford apresentou o Ford Fiesta no Brasil. Todavia, o primeiro veículo FFV no mercado brasileiro foi o Gol (Figura 75), lançado pela Volkswagen em 2003 e que operava com

¹ Mais sobre a história da introdução da tecnologia *flex-fuel* pode ser encontrado em Teixeira (2005) e Nascimento (2009).

misturas de gasolina C e etanol hidratado. Posteriormente, outras montadoras aderiram à novidade e lançaram seus modelos. O Brasil inovou ao utilizar um novo conceito nos veículos FFV. Em vez dos tradicionais sensores de etanol na linha de combustível do veículo, a **Magneti Marelli (MM)** desenvolveu e apresentou um pedido de patente de um “sistema de controle de motor” simples e inovador baseado na medição de oxigênio no gás de escapamento pela “sonda lambda” (Figura 76), sensor já utilizado nos veículos para o controle da emissão de poluentes. O sinal gerado por esse sensor é enviado para o módulo eletrônico que gerencia a operação do motor e do sistema de controle de emissão, que ajusta a mistura ar/combustível para o valor estequiométrico. O desenvolvimento desse sistema no Brasil permitiu ao motor *flex* um salto qualitativo considerável em relação aos seus congêneres produzidos nos EUA e Europa. A tecnologia MM, por ser simples e barata, ganhou aceitação e hoje é referência no Brasil.



Fonte: AEA, 2014.

Figura 75: Gol *flex-fuel* da Volkswagen.



Fonte: cortesia de Eugenio Verri.

Figura 76: Sonda lambda Magneti Marelli.

A partir de 2014, os veículos *flex* passaram a receber outra inovação. Os “tanquinhos” de gasolina para partida a frio passaram a ser substituídos em vários modelos por dispositivos de preaquecimento do etanol nos sistemas de injeção do combustível no motor, resultando em economia de combustível e redução na emissão de poluentes. Foi também em 2014 que surgiram no mercado modelos *flex* dotados de sistemas de injeção direta de combustível e motor turbinado, e outros dotados de sistema *start-stop*, com ganhos em economia no consumo e melhor desempenho.

Também em 2003 a Unicamp desenvolveu um reformador de etanol para hidrogênio. O Grupo de Hidrogênio da Unicamp, coordenado por **Ennio Peres da Silva**, realiza estudos visando o desenvolvimento de um reformador de etanol para o uso de hidrogênio veicular².

2004: mudanças na gestão do CTC

A partir de 2004, após o seu desmembramento da Copersucar, o CTC passou a se chamar **Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)** (Figura 77). O CTC exerceu um papel fundamental desde a sua criação, sobretudo na transferência de tecnologia às usinas. Avanços significativos em gerenciamento agrícola são devidos, em sua maior parte, ao CTC; aí se deve acrescentar mecanização agrícola, microbiologia da fermentação, economia de energia e de água, aplicação de vinhaça e torta de filtro, entre outros. Já em meados dos anos 1980 o CTC defendia o aumento de pressão das caldeiras para maior aproveitamento do bagaço de cana usado como combustível.

O CTC foi criado para realizar pesquisas e desenvolver novas tecnologias para aplicação nas atividades agrícolas, logísticas e industriais dos setores canavieiro e sucroalcooleiro e, também, desenvolver um programa de melhoramento para criar novas variedades de cana-de-açúcar, assistindo tecnologicamente as usinas cooperadas. O CTC é um dos poucos centros de tecnologia existentes no Brasil criado e mantido pelo setor privado.

As suas pesquisas são realizadas com recursos dos produtores cooperados. As variedades desenvolvidas pelo programa geram *royalties* – quando são utilizadas comercialmente – que são aplicados na manutenção do programa. O CTC é responsável pelas variedades CTC (antes SP), que compõem cerca de 60% das lavouras das unidades associadas ao centro e 45% das áreas dos demais produtores.



Fonte: Portal JornalCana, 2016.

Figura 77: Foto aérea do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) em Piracicaba.

² Ver <www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/agosto2003/ju223pg03.html>.

2005: muitos acontecimentos

Embraer lança o avião Ipanema movido a etanol hidratado

Em 2005 a **Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer)** lança o avião agrícola **Ipanema (Ipanema 202)**, preparado e homologado para utilizar etanol hidratado. Segundo informações colhidas em BNDES (2008), o uso de etanol hidratado reduz em mais de 40% o custo por quilômetro voado e aumenta em 5% a potência útil do motor. Até 2014, foram 269 aeronaves vendidas e 205 *kits* de conversão, totalizando 474 aeronaves voando a etanol (Embraer, 2014). O avião é utilizado principalmente na pulverização de fertilizantes e defensivos agrícolas, evitando perdas por amassamento na cultura e flexibilizando a operação. Ele também pode ser utilizado para espalhar sementes, no combate primário a incêndios, povoamento de rios e combate a vetores e larvas. As principais culturas que têm demandado o avião são: algodão, arroz, cana-de-açúcar, citrus, eucalipto, milho, soja e café.

Segundo a Embraer (2015), hoje, cerca de 40% da frota em operação é movida a etanol e aproximadamente 80% dos novos aviões são vendidos com essa configuração. Em abril de 2015 a Embraer lançou o novo modelo **Ipanema 203**, também, movido a etanol, conforme características apresentadas na Tabela 4.

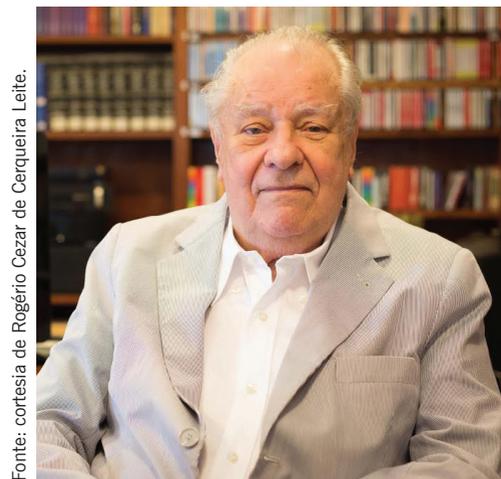
Tabela 4: Comparação entre os modelos Embraer Ipanema 203 e Ipanema 202

Característica	Ipanema 203	Ipanema 202
Comprimento das asas	13,30 m	11,07 m
Envergadura da empenagem	4,27 m	3,66 m
Altura máxima	2,43 m	2,22 m
Comprimento da aeronave	8 m	7,43 m
Diâmetro da hélice	2,18 m	2,13 m
Capacidade do hopper	1.050 litros	900 litros

Fonte: Embraer (2014 e 2015).

Criação da Rede Bioetanol

Também em 2005 o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT) criou a **Rede Bioetanol**, coordenada por **Rogério Cezar de Cerqueira Leite** (Figura 78) da Unicamp, que funcionou com várias universidades, CTC, entre outros, e visava iniciar uma articulação das competências existentes no país que, eventualmente, pudessem contribuir para a realização de uma tecnologia de produção de etanol celulósico no país³. A Rede Bioetanol trabalhou por três anos identificando as competências e barreiras científicas e tecnológicas e criou as bases para o programa de hidrólise do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). Entre os pesquisadores que estiveram envolvidos na Rede Bioetanol destacam-se **Antonio Bonomi** (CTBE) e **Elba Bonn** (UFRJ).



Fonte: cortesia de Rogério Cezar de Cerqueira Leite.

Figura 78: Rogério Cezar de Cerqueira Leite.

Outros grupos de pesquisa que colaboraram para o desenvolvimento de C&T em etanol de segunda geração estão o grupo da USP São Carlos, com os pesquisadores **Igor Polikarpov** e **Paulo Seleglim Júnior**; o grupo da USP Lorena, com **Maria da Graça de Almeida Felipe**; **George Jackson de Moraes Rocha**, do CTBE; **Adilson Roberto Gonçalves**; e o grupo de **Luiz Ramos**, da UFPR.

Guerra do Iraque e entrada dos Estados Unidos na produção de etanol

O início da década foi marcado pelos conflitos na região do golfo Pérsico, em particular da Guerra do Iraque decorrente do atentado de 11 de setembro de 2001 aos Estados Unidos. Esses eventos mudariam a política energética norte-americana, que passaria a dar mais importância ao etanol de milho produzido na região do “Corn Belt” americano. Embora os EUA produzam etanol de milho há décadas, o aumento da produção de etanol combustível, notadamente na primeira década deste século, teve impactos importantes no mercado mundial e também no Brasil. Em primeiro lugar, acendeu a discussão sobre

³ Conforme <<http://cenbio.iee.usp.br/projetos/bioetanol.htm>>.

alimentos vs. biocombustíveis (*food vs. biofuels*) dado que o etanol nos EUA era produzido a partir do milho, impactando o preço do milho para alimentos (como o preço da *tortilla* no México), ainda que de forma episódica⁴.

Outro ponto importante foi a **parceria EUA-Brasil**, feita pelos governos Bush e Lula em 2005, para colaboração científica e tecnológica na área dos biocombustíveis e do etanol em particular. Os EUA estabelecem como meta chegar a consumir o equivalente a 100 bilhões de litros de etanol em 2020, sendo 50 bilhões de etanol de milho de primeira geração, 25 bilhões de litros de etanol de segunda geração e outros 25 bilhões de litros de biocombustíveis importados, mas considerados “avançados”. Eram 136 bilhões de litros de biocombustíveis para 2020, sendo o uso do etanol de milho limitado a 15 bilhões de galões (56,8 bilhões de litros) e o dos biocombustíveis avançados de mínimo 5 bilhões de galões (18,9 bilhões de litros).

O governo americano, reconhecendo a dificuldade de produzir de forma econômica o etanol de segunda geração, propôs um volume de produção de 106 milhões de galões para 2015, menos de 2% do valor esperado quando do lançamento da nova legislação sobre biocombustíveis há uma década⁵. Em 2008, a **Environmental Protection Agency (EPA)** concedeu o *status* de “biocombustível avançado” ao etanol de cana-de-açúcar produzido no Brasil⁶. O etanol brasileiro é ainda o único que satisfaz ao critério de “*advanced*” na quota do Renewable Fuel Standards (RFS) americano.

Segundo Sergio C. Trindade, outro objetivo importante da parceria EUA-Brasil no etanol era a promoção de terceiros mercados de etanol combustível, para viabilizar o comércio internacional sustentável do produto.

Mudanças na governança do setor sucroalcooleiro no Brasil: a entrada de grandes grupos ligados ao petróleo

Os meados da primeira década do século XXI foram marcados por um grande crescimento do setor, de cerca de 10% ao ano. Esse fenômeno, associado à forte expansão da produção de etanol também nos

4 Mais sobre esse assunto em Souza et al. (2015).

5 Ver <www.federalregister.gov/articles/2015/06/10/2015-13956/renewable-fuel-standard-program-standards-for-2014-2015-and-2016-and-biomass-based-diesel-volume-for#h-17>.

6 Ver <www.ictsd.org/bridges-news/pontes/news/classifica%C3%A7%C3%A3o-da-epa-amplia-perspectivas-para-etanol-brasileiro>.

EUA, fez crescer o interesse de importantes empresas petroleiras no mercado do etanol. Assim, empresas como a Petrobras, Shell e British Petroleum investiram pesadamente no mercado brasileiro, comprando e construindo novas usinas e destilarias, chamadas de *green field*. Por exemplo, o Grupo Cosan iniciou um processo de diversificação para ir do canavial ao posto de serviço, comprando os ativos de distribuição de derivados e lubrificantes da Esso no Brasil. Posteriormente, uniu-se à Shell nesse mesmo setor. E ampliou o leque de atividades na área de gás e logística de transportes e terminais. Hoje, o Grupo Cosan é um dos maiores grupos privados no Brasil. O grupo envolve as empresas Comgás, Raízen, Cosan Lubrificantes, Radar e Rumo.

A entrada desses grupos foi também acompanhada de um fenômeno de aquisições que aglutinou usinas, fazendo crescer seu tamanho médio. Enquanto no início do Proálcool o porte financiado pela Cenal era de 120 mil litros/dia, hoje a faixa de produção está entre 500 mil a 8 milhões de litros de etanol/dia. As maiores usinas ainda continuam sendo a Usina São Martinho e a Usina da Barra, ambas no interior paulista.

Quais os limites da expansão da produção de etanol no Brasil?

Para responder a essa pergunta de uma maneira técnica, em 2005 iniciou-se um projeto coordenado por **Rogério Cezar de Cerqueira Leite**, professor emérito da Unicamp, que realizou uma série de estudos com o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE), visando responder a questões quanto à possibilidade de substituir 10% de toda a gasolina consumida no mundo com etanol de cana-de-açúcar em 2025, uma expansão da ordem de dez vezes a produção de etanol da época. O projeto teve como vice-coordenadores **Manoel Sobral Júnior**, **Manoel Régis Lima Verde Leal** e **Luís Cortez**.

Alguns dos resultados do estudo foram publicados em 2009 por Leite no artigo “**Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol?**”, na revista *Energy* (Figura 79). Note-se que no projeto foram investigados dois cenários: a substituição de 5% e 10%. Os mapas de aptidão (Figura 80) para a cana-de-açúcar no Brasil foram confeccionados pela equipe de **Jorge Luis Donzelli**, do CTC.



Contents lists available at ScienceDirect

Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/energy

Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol?

Rogério Cezar de Cerqueira Leite^{a,*}, Manoel Regis Lima Verde Leal^b, Luís Augusto Barbosa Cortez^{a,c}, W. Michael Griffin^d, Mirna Ivonne Gaya Scandiffio^a

^a Interdisciplinary Center for Energy Planning—NIPE, State University of Campinas—UNICAMP, P.O. Box 6192, CEP 13083-970, Campinas, São Paulo, Brazil

^b Alternative Energies and Environment Center—CENEA, Av. Dom Luís 500, Sala 1610, Bairro Meirelles, CEP 60160-230, Fortaleza, Ceará, Brazil

^c School of Agricultural Engineering—FEAGRI, State University of Campinas—UNICAMP, P.O. Box 6011, CEP 13083-970 Campinas, São Paulo, Brazil

^d Green Design Institute, Tepper School of Business/Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, 5000 Forbes Ave., Pittsburgh, PA, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 November 2007

Available online 21 December 2008

Keywords:

Fuel ethanol

Brazilian potential

Research and development

New technologies

Sugarcane

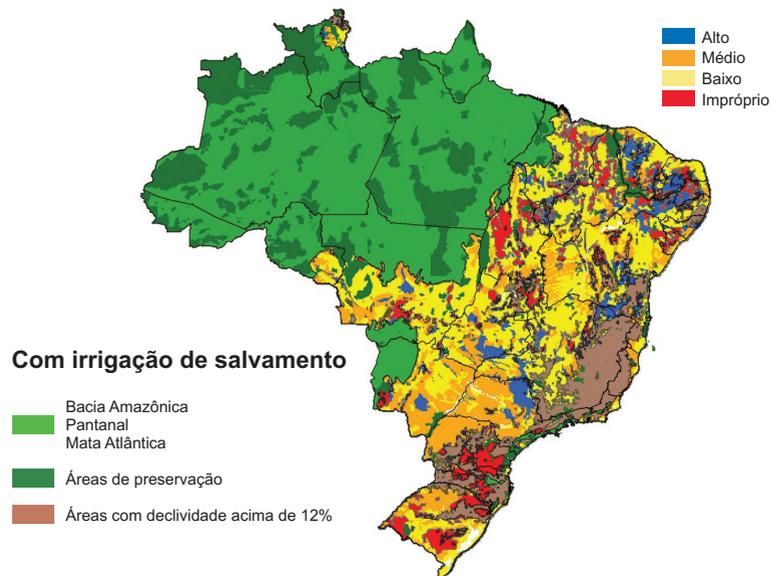
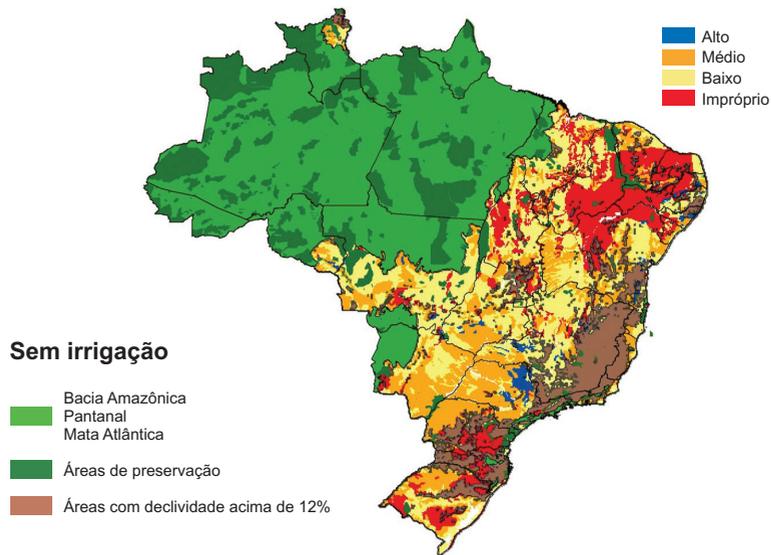
ABSTRACT

Increasing use of petroleum, coupled with concern for global warming, demands the development and institution of CO₂ reducing, non-fossil fuel-based alternative energy-generating strategies. Ethanol is a potential alternative, particularly when produced in a sustainable way as is envisioned for sugarcane in Brazil. We consider the expansion of sugarcane-derived ethanol to displace 5% of projected gasoline use worldwide in 2025. With existing technology, 21 million hectares of land will be required to produce the necessary ethanol. This is less than 7% of current Brazilian agricultural land and equivalent to current soybean land use. New production lands come from pasture made available through improving pasture management in the cattle industry. With the continued introduction of new cane varieties (annual yield increases of about 1.6%) and new ethanol production technologies, namely the hydrolysis of bagasse to sugars for ethanol production and sugarcane trash collection providing renewable process energy production, this could reduce these modest land requirements by 29–38%.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Figura 79: Artigo “Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol?”

Esse estudo possibilitou ao Brasil visualizar com mais clareza a importância de se produzir pesquisas em alto nível visando ao uso integral e sustentável da cana-de-açúcar. Posteriormente, em 2008, criou-se o **Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)** junto ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em Campinas (SP), inicialmente com cinco programas de pesquisa: agricultura de mínimo impacto (Oscar Braunbeck), hidrólise (Carlos Rossell), biorrefinaria virtual (Antonio Bonomi), ciência básica (Marcos Silveira Buckeridge) e de sustentabilidade (Manoel Régis Lima Verde Leal e Arnaldo Walter).



Fonte: LEITE et al., 2009.

Figura 80: Áreas aptas para o cultivo de cana no Brasil (Leite et al., 2009), áreas selecionadas e logística para o escoamento do etanol produzido, considerando a substituição de 10% da gasolina por etanol de cana do Brasil em 2025 (Leite et al., 2009).

Cylon Gonçalves, do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW) da Unicamp, e como primeiro diretor⁷ **Marco Aurélio Pinheiro Lima**, também do IFGW da Unicamp (Figura 81), responsável pela implantação do CTBE (Figura 82). Posteriormente, os programas de ciência básica e de sustentabilidade foram extintos.



Fonte: CNPq, 2016.

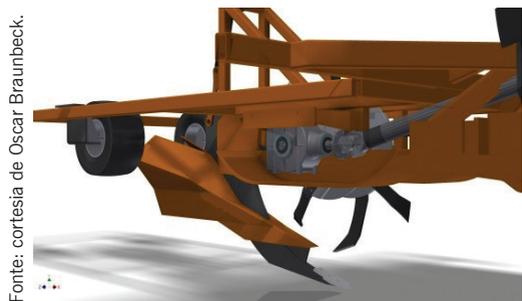
Figura 81: Marco Aurélio Pinheiro Lima.



Fonte: cortesia do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol.

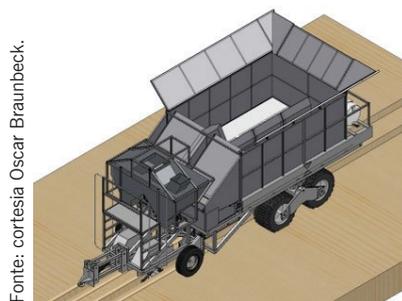
Figura 82: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

O programa de Agricultura de Baixo Impacto objetiva reformular o modelo de manejo agrícola da cana-de-açúcar, reduzindo o custo de produção e os impactos ambientais provocados pelo tráfego intenso de máquinas. O programa embute o desenvolvimento de processos de plantio de precisão e colheita multilinhas com auxílio do plantio direto e da agricultura de precisão. Para isso, foi formulado o conceito de Estrutura de Tráfego Controlado (ETC) (Figura 83), desenvolvido por **Oscar Braunbeck**, o qual pretende substituir gradativamente as máquinas de bitola estreita usadas hoje, inclusive tratores, transbordos e colhedoras de cana, reduzindo a quantidade de solo dedicado às rodas em favor da planta.



Fonte: cortesia de Oscar Braunbeck.

(a)



Fonte: cortesia Oscar Braunbeck.

(b)

Figuras 83a e 83b: Protótipos de plantadoras para plantio direto em desenvolvimento.

⁷ Posteriormente, o CTBE foi dirigido por Carlos Labate, professor da Esalq/USP, e atualmente seu diretor é Paulo Mazzafera, professor do IB/Unicamp.

Outro projeto de grande importância em desenvolvimento no CTBE é da plantadora para plantio direto da cana-de-açúcar (Figura 84).



Fonte: cortesia de Oscar Braunbeck.

Figura 84: Estrutura de Tráfego Controlado (ETC).

O programa de hidrólise do CTBE, coordenado por **Carlos Vaz Rossell**, visa realizar avanços em pré-tratamento, enzimas, hidrólise e fermentação. Nas dependências do CTBE foram instaladas facilidades para a condução de experimentos em escala de laboratório e uma planta piloto para desenvolvimento de processos para a realização de experimentos em escala de 500 litros.



Fonte: cortesia de Carlos Vaz Rossell.

(a)



Fonte: cortesia de Antonio Bonomi.

(b)



Fonte: cortesia de Oscar Braunbeck.

(c)

Figura 85: Atuais coordenadores de programas de pesquisa do CTBE: (a) Carlos Vaz Rossell, (b) Antonio Bonomi e (c) Oscar Braunbeck.

Já o programa de biorrefinaria virtual do CTBE, coordenado por **Antonio Bonomi**, permite simular diferentes cenários envolvendo os setores agrícola e industrial, separados ou de forma integrada, permitindo antecipar custos e demais impactos da rota estudada. Essa ferramenta de avaliação da sustentabilidade de diferentes rotas na cadeia produtiva da cana-de-açúcar foi apresentada e documentada no livro *Virtual Biorefinery: An Optimization Strategy for Renewable Carbon Valorization* publicado pela Editora Springer (Figura 86).

Outro projeto de destaque desenvolvido no CTBE é o **Projeto Sucre**, uma continuação do **Projeto Global Environment Facility (GEF)**, cuja primeira fase foi realizada na década de 1990 no Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), que tem por objetivo o uso integral dos recursos da cana para a produção de eletricidade. Esse projeto é coordenado por **Manoel Regis Lima Verde Leal** (Figura 87).

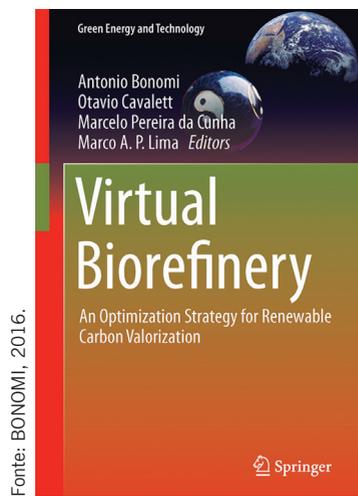


Figura 86: Novo livro sobre biorrefinaria virtual.

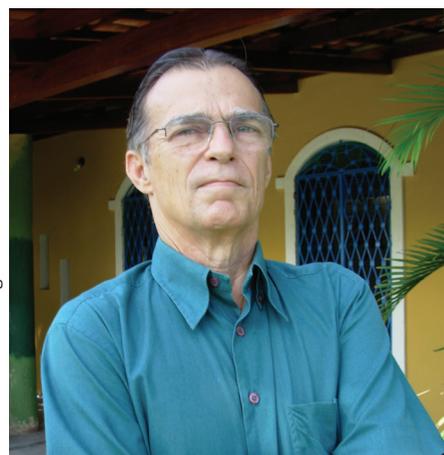


Figura 87: Manoel Regis Lima Verde Leal.

Criação do CETENE

O ano de 2005 também assistiu à criação do **Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE)**, uma unidade do MCTI dedicada à inovação tecnológica para o Nordeste brasileiro, com vários projetos em bioenergia: biodiesel de oleaginosas, hidrólise enzimática para a produção de etanol e produção de biogás, entre outros.

2006-2009: um *roadmap* para o etanol

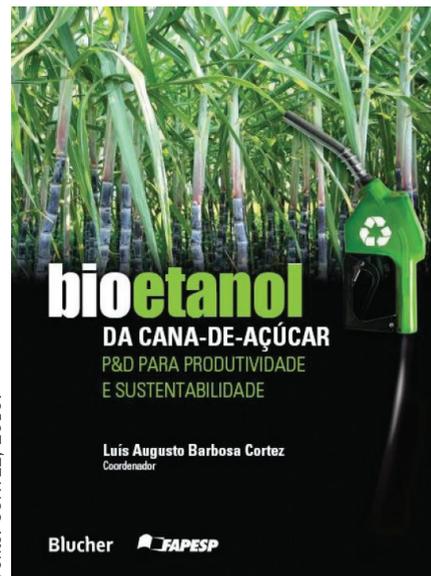
Outro projeto da Fapesp coordenado por **Luís Cortez** (Figura 88), da Unicamp, de importância estratégica foi o **Projeto de Políticas Públicas em Pesquisas no Etanol (PPP-Etanol)**⁸, desenvolvido nas universidades, com a parceria da **Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios (APTA)**⁹ e de várias instituições de pesquisa, ajudando a promover uma ampla discussão de toda a cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar com pesquisadores da academia e do setor privado.

Essa pesquisa chegou a um *roadmap* tecnológico para o setor e resultou na publicação do livro *Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade* (Figura 89), disponível também em inglês. O livro foi o vencedor do **Prêmio Jabuti de 2011** na categoria **Ciências Naturais**, outorgado pela Câmara Brasileira do Livro e pela Associação Nacional do Livro (ANL) em 18 de outubro de 2011.



Fonte: cortesia de Luís Cortez.

Figura 88: Luís Cortez.



Fonte: CORTEZ, 2010.

Figura 89: Livro resultante do chamado Projeto PPP-Etanol da Fapesp.

8 Ver <<http://openaccess.blucher.com.br/article-list/sugarcane-bioethanol-1/list#articles>>.

9 Fazem parte da APTA vários dos institutos de pesquisa agrícola do estado de São Paulo. Ver <www.apta.sp.gov.br/>.

2006: o Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) cria o Centro de Agroenergia da Embrapa

A nova geração de centros de pesquisa em bioenergia no Brasil, provavelmente, se inicia motivada por alguns acontecimentos do século XXI ligados ao ressurgimento do etanol, como: o “apagão” elétrico vivido em 2002, o carro *flex-fuel*, a firme entrada dos EUA nesse assunto, com o decorrente impulso dado por aquele país às pesquisas sobre o etanol de segunda geração, entendido como mais sustentável que o de primeira geração, pelo menos quando comparado ao etanol de milho e outros cereais.

No âmbito das ações federais, o **ministro Roberto Rodrigues** (Figura 90) criou em 2006 o **Centro de Agroenergia da Embrapa** (Figura 91), em Brasília. Com este novo centro a Embrapa pretendia atuar em temas como biodiesel, etanol, além do uso energético de resíduos agrícolas e florestais.

O evento Industrial Perspectives for Bioethanol, realizado pela UNIEMP e coordenado por Telma Franco, da Faculdade de Engenharia Química da Unicamp, cobriu assuntos ligados à evolução tecnológica da área industrial e às potencialidades do etanol como base para a indústria química no país.

2007

Etanol de cana-de-açúcar: um biocombustível avançado

Em 2007, quando o etanol foi criticado pelos ambientalistas como o “culpado” pelos problemas de desmatamento da Amazônia e pelo encarecimento do custo dos alimentos, os Estados Unidos queriam provas de que o etanol brasileiro importado por eles não era o vilão da história.



Fonte: cortesia de Roberto Rodrigues.

Figura 90: Roberto Rodrigues.

Fonte: cortesia da Embrapa Agroenergia.



Figura 91: Embrapa Agroenergia.

O Brasil respondeu prontamente, demonstrando que a cana-de-açúcar não se expandia sobre vegetação nativa, mas principalmente em pastagem, e que o desmatamento direto não existia. Mas a Environmental Protection Agency (EPA), responsável pela regulamentação da legislação federal de biocombustíveis dos EUA, ficou com a tarefa de calcular em quanto o etanol de cana reduzia a emissão de gases de efeito estufa (GEE), incluindo possíveis emissões referentes ao efeito indireto de uso da terra (ILUC)¹⁰.

Em vez de apenas negar que esse efeito existia, em 2009 os usineiros brasileiros, por meio da Unica, associação da categoria, propuseram um estudo que calculasse matematicamente possíveis efeitos indiretos e respectivas emissões de GEE. O cálculo, porém, deveria se basear em informações sólidas e que representassem adequadamente a dinâmica de uso do solo no Brasil.

Coube ao **Instituto Icone**, hoje Agroicone, em conjunto com a Universidade de Iowa, desenvolver uma ferramenta matemática formada por centenas de equações, chamada **BLUM**¹¹, cuja sigla em inglês significa **Brazilian Land Use Model**, ou **Modelo de uso da terra para a agropecuária brasileira**.

Esse estudo, capitaneado por **André M. Nassar** (Figura 92), ex-diretor geral da **Agroicone**, com sua equipe de pesquisadores dedicados exclusivamente ao projeto por mais de um ano, mudou o panorama internacional do etanol brasileiro.

Os resultados do modelo desmistificaram o ILUC da cana-de-açúcar, o que levou a EPA a classificar o etanol de cana como “combustível avançado”. Com uma redução de 61% das emissões de GEE em relação à gasolina, o etanol de cana-de-açúcar é significativamente melhor em termos ambientais que o etanol de milho (para o qual a redução é de apenas 21%). A decisão abriu para o Brasil um mercado de bilhões de litros nos EUA e funcionou como um selo de garantia nos demais países.



Fonte: cortesia de André M. Nassar.

Figura 92: André M. Nassar.

10 ILUC é a sigla em inglês para “mudança de uso do solo indireta”, *indirect land use change*. Já LUC é a sigla em inglês para “mudança de uso do solo”, *land use change*. Mudar o uso do solo significa converter uma cobertura em outra, causando mudanças de uso para, por exemplo, implantar culturas agrícolas. A mudança de uso indireta é um fenômeno criado quando a mudança de uso em uma região causa mudança de uso em outra.

11 O BLUM é um modelo econômico dinâmico de equilíbrio parcial, multirregional e multimercados do setor agropecuário brasileiro, capaz de mensurar a mudança no uso da terra e estimar a expansão das principais atividades do setor no longo prazo. O BLUM tem sido usado como ferramenta para análise e formulação de políticas públicas no Brasil e internacionalmente.

O ônibus a etanol começa a rodar em São Paulo

Começou a circular em 2007 na cidade de São Paulo¹² o primeiro ônibus a etanol (Figura 93) por meio do projeto **BioEthanol for Sustainable Transport (BEST)**¹³, ou **Bioetanol para o Transporte Sustentável**, coordenado por **José Roberto Moreira**, do CENBIO/USP (Figura 94). A missão do projeto é sensibilizar o mundo sobre a importância do uso do etanol no transporte público, que reduz em até 90% a emissão de material particulado lançado na atmosfera¹⁴. O projeto BEST contou com financiamento da União Europeia e teve como parceiros: SCANIA do Brasil, Unica, Copersucar, Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU/SP), BR Distribuidora, Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET – Petrobras), SEKAB Group, Marcopolo e São Paulo Transporte (SPTrans).



Fonte: cortesia de José Roberto Moreira.



Fonte: cortesia de José Roberto Moreira.

Figura 93: Ônibus a etanol em São Paulo.

Figura 94: José Roberto Moreira.

Essa ação reveste-se da maior importância, dada a dificuldade de introdução do etanol em motores de maior porte, como é o caso dos motores diesel. Note-se que mesmo os caminhões utilizados no transporte de cana para as usinas, assim como os caminhões que transportam etanol das usinas para a refinaria e para os postos, não funcionam com o etanol combustível.

12 Cidades europeias como Estocolmo, na Suécia, e Madri, na Espanha, possuem ônibus operando com etanol (BNDES, 2008).

13 Ver <<http://143.107.4.241/projetos/best.htm>>.

14 Ver <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=90442>>.

O pré-sal e a mudança da política energética no Brasil

No final de 2007, a Petrobras anunciou ter encontrado petróleo no pré-sal. Esse fato criou um clima de grande otimismo junto aos técnicos da empresa, influenciando o governo federal a definir uma estratégia que priorizasse pesados investimentos na exploração do petróleo do pré-sal. Segundo estimativas, o país passaria do patamar de produção de petróleo de 2 milhões de barris/dia para 4 milhões de barris/dia até 2020. O clima de otimismo em relação à exploração de petróleo do pré-sal fez o governo federal considerar o petróleo como a prioridade de investimentos na área energética.

2008

Publicação de artigo sobre a produção e uso de etanol e as emissões de GEE

O grupo de pesquisa de Isaiás Macedo, do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da Unicamp (Nipe/Unicamp), publicou na *Biomass & Bioenergy* um importante artigo científico com o objetivo de elucidar questões sobre as emissões de GEE e a produção e o uso do etanol de cana-de-açúcar no Brasil (Figura 95). Essas pesquisas se revelariam fundamentais para a Environmental Protection Agency (EPA), dos EUA, considerar o etanol de cana um “combustível avançado”.



Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020

Isaias C. Macedo^{a,*}, Joaquim E.A. Seabra^b, João E.A.R. Silva^c

^aInterdisciplinary Center for Energy Planning (NIPE), State University of Campinas (Unicamp), CEP 13084-971, Campinas, SP, Brazil

^bCollege of Mechanical Engineering, State University of Campinas, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, CEP 13083-970, Barão Geraldo, Campinas-SP, Brazil

^cCentro de Tecnologia Canavieira (CTC), CEP 13400-040, Piracicaba, SP, Brazil

Fonte: MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008.

ARTICLE INFO

Article history:
Received 13 April 2007
Received in revised form
27 November 2007
Accepted 7 December 2007
Available online 14 January 2008

Keywords:
Energy balance
CO₂
Nitrous oxide
Methane
Fertilizers
Diesel consumption
Cane residues
Trash burning
Avoided emissions
Ethanol blends

ABSTRACT

This work presents the evaluation of energy balance and GHG emissions in the production and use of fuel ethanol from cane in Brazil for 2005/2006 (for a sample of mills processing up to 100 million tons of sugarcane per year), and for a conservative scenario proposed for 2020. Fossil energy ratio was 9.3 for 2005/2006 and may reach 11.6 in 2020 with technologies already commercial. For anhydrous ethanol production the total GHG emission was 436 kg CO₂-eq m⁻³ ethanol for 2005/2006, decreasing to 345 kg CO₂-eq m⁻³ in the 2020 scenario. Avoided emissions depend on the final use: for E100 use in Brazil they were (in 2005/2006) 2181 kg CO₂-eq m⁻³ ethanol, and for E25 they were 2323 kg CO₂-eq m⁻³ ethanol (anhydrous). Both values would increase about 26% for the conditions assumed for 2020 mostly due to the large increase in sales of electricity surpluses.

A sensitivity analysis has been performed (with 2005/2006 values) to investigate the impacts of the huge variation of some important parameters throughout Brazilian mills on the energy and emissions balance. The results have shown the high impact of cane productivity and ethanol yield variation on these balances (and the impacts of average cane transportation distances, level of soil cultivation, and some others) and of bagasse and electricity surpluses on GHG emissions avoidance.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Figura 95: Artigo científico sobre as emissões de GEE do etanol de cana-de-açúcar.

Criação do Programa de Pesquisas em Bioenergia (BIOEN) pela Fapesp

Reconhecendo a importância do etanol como combustível renovável e da participação do estado de São Paulo no setor sucroalcooleiro, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) decidiu lançar um programa específico para pesquisas em bioenergia (BIOEN), tendo o etanol de cana-de-açúcar como tema de relevo, mas não focado apenas nessa opção. O BIOEN (Figura 96) foi concebido para aumentar a base científica e a massa crítica de pesquisadores a fim de preparar o país para saltos tecnológicos em bioenergia, utilizando laboratórios acadêmicos e industriais. O Programa BIOEN visa estimular pesquisas sobre biomassa, processos para a fabricação de biocombustíveis, refinarias e alcoolquímica, motores movidos a bionergia e pesquisas sobre os impactos sociais, econômicos e ambientais relacionados ao desenvolvimento desse setor. O BIOEN estimula parcerias entre entidades brasileiras, indústrias e centros de pesquisa internacionais para a produção de ciência de classe mundial em bioenergia.

O idealizador do Programa BIOEN e grande entusiasta do assunto foi Carlos Henrique de Brito Cruz, diretor científico da Fapesp (Figura 97).

Fonte: cortesia de BIOEN/FAPESP.



Figura 96: Programa BIOEN, da Fapesp.

Fonte: cortesia de Carlos Henrique de Brito Cruz.



Figura 97: Carlos Henrique de Brito Cruz.

Criado em 2008, o **Programa Fapesp de Pesquisa em Bioenergia (BIOEN)** tem como objetivo integrar estudos abrangentes sobre cana-de-açúcar e outras plantas que podem ser utilizadas como fontes de biocombustíveis, garantindo, assim, a posição do Brasil entre os líderes em pesquisas em bioenergia.

Os temas de pesquisa incluem desde a geração e processamento de biomassa até a produção de biocombustíveis e sustentabilidade. O Programa BIOEN é construído sobre um sólido núcleo de pesquisa acadêmica. Espera-se que sejam gerados novos conhecimentos, essenciais para o avanço da capacidade industrial em tecnologias relacionadas aos biocombustíveis.

O BIOEN está organizado em cinco divisões: Biomassa, Tecnologias de Biocombustíveis, Biorrefinarias, Motores, e Impactos e Sustentabilidade. Mais de trezentos pesquisadores participam das atividades do BIOEN, contando com recursos da somatória de 200 milhões de dólares. O BIOEN está cada vez mais multidisciplinar, incluindo projetos de vinte grandes áreas da Fapesp. Isso destaca a ampla gama de questões abordadas pelo programa.

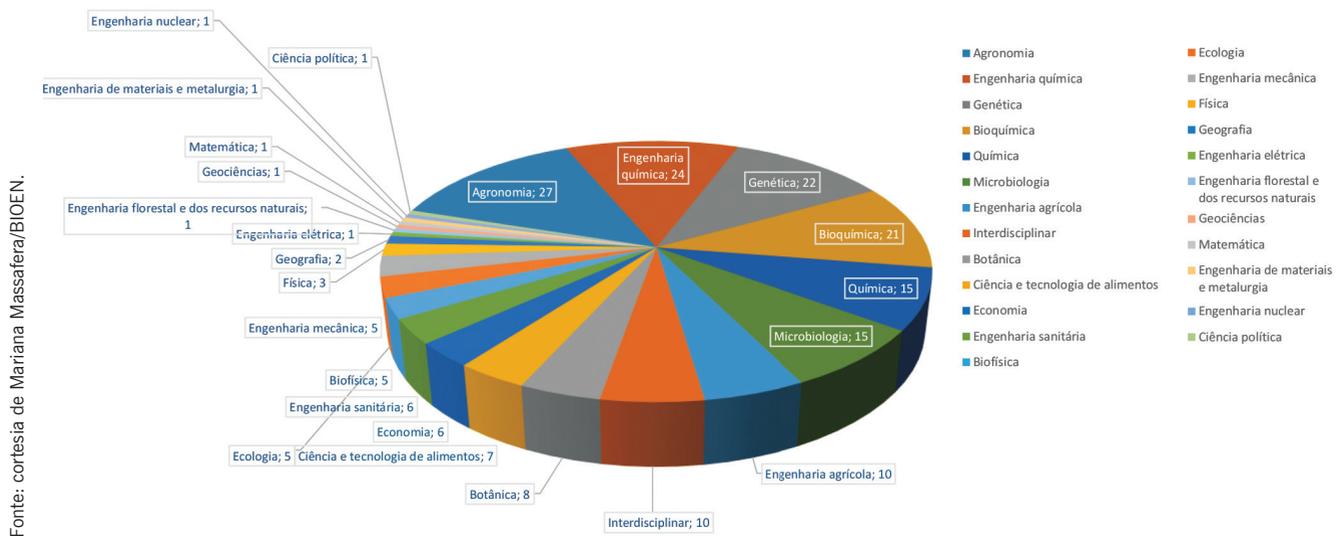


Figura 98: Projetos BIOEN por área do conhecimento.

Desde 2008, o BIOEN tem gerado um elevado número de publicações científicas, teses e dissertações com contribuições importantes para o avanço da ciência e da indústria. Isso representa um passo importante na geração de recursos humanos para aumentar o potencial e o número de profissionais qualificados que trabalham nesse campo.

A expansão sustentável da utilização e produção de bioenergia no mundo requer a consideração de questões transversais complexas, tais como segurança energética, segurança ambiental, segurança alimentar, bem como inovação. Nesse sentido, o BIOEN organiza atividades conjuntas com os programas da Fapesp **Biota e Mudanças Climáticas**, para enfrentar esses desafios por meio de uma abordagem transdisciplinar. As interações trazidas por essas ações colaborativas têm o potencial de produzir recomendações políticas, melhorando o impacto do conhecimento científico gerado. Dois exemplos de atividades integradas entre BIOEN/Biota/Mudanças Climáticas incluem a organização de um seminário conjunto na Rio+20 e a produção de um relatório global sobre Bioenergia e Sustentabilidade, realizado sob a égide do SCOPE, o Scientific Committee on Problems of the Environment.

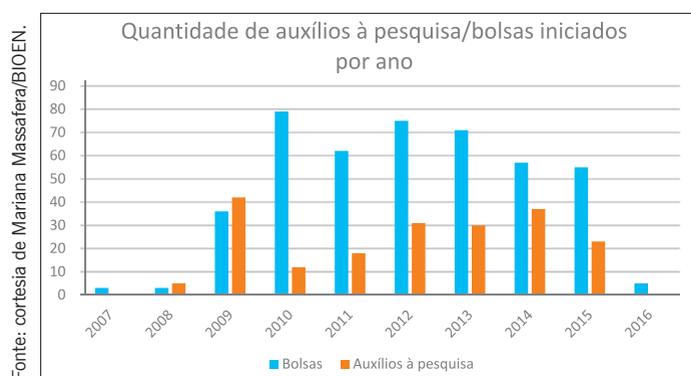


Figura 99: Quantidade de auxílios à pesquisa/bolsas iniciados por ano.

Tabela 5: Financiamento Fapesp-BIOEN em números.

Financiamento Fapesp-BIOEN em números	
Projetos de pesquisa em andamento	40
Projetos de pesquisa finalizadas	109
Bolsas no Brasil em andamento	63
Bolsas no Brasil finalizadas	283
Bolsas no exterior em andamento	3
Bolsas no exterior finalizadas	15
Total de projetos de pesquisa e bolsas	513

O programa inclui parcerias com a indústria para atividades de P&D em cooperação com laboratórios acadêmicos e industriais, e os temas de investigação são especificados de acordo com o interesse dos

parceiros privados e do compromisso da Fapesp com o fomento à pesquisa de alta qualidade. Outras agências de financiamento no Brasil e no exterior participam do programa por meio de parcerias.

O Programa BIOEN consolidou a comunidade em uma rede ativa de especialistas que lideram 149 projetos de pesquisa em quinze instituições no estado de São Paulo, em colaboração com outras instituições no Brasil e em dezessete países. Pesquisadores BIOEN participam do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (INCT do Bioetanol) e do projeto **Centro de Processos Biológicos e Industriais para Biocombustíveis** (CeProBIO/SUNLIBB) financiado pela Comissão Europeia, pelo CNPq e pelas Fundações de Apoio à Pesquisa. A internacionalização das redes de pesquisa BIOEN pode ser considerada um resultado importante do programa, criando oportunidades para intercâmbio de estudantes nos dois sentidos e trazendo cientistas do exterior para trabalhar em temas de interesse para o desenvolvimento da bioenergia no Brasil.

Tabela 6: Países parceiros BIOEN.

Alemanha	Colômbia	Guatemala
Austrália	Dinamarca	Holanda
Belarus	Espanha	Portugal
Bélgica	EUA	Reino Unido
Canadá	Finlândia	Suíça
China	França	

Um desenvolvimento recente foi a criação do Centro Paulista de Pesquisa em Bioenergia (SPBioenRC), financiado pelo governo do estado de São Paulo, pela Fapesp e pelas três universidades estaduais (USP, Unicamp e Unesp). O Centro vai consolidar os esforços e criar instalações de pesquisa para a comunidade, bem como contratar novos pesquisadores para ampliação da capacidade e expansão dos temas de investigação. Um Programa Internacional de Pós-Graduação em Bioenergia, liderado pelas três universidades estaduais, foi criado e continuará a contribuir para os esforços de educação nessa área.

Tabela 7: Parcerias BIOEN.

Empresa	Área de cooperação
Oxiteno	Materiais lignocelulósicos
Braskem	Alcoolquímica
Dedini	Processos
ETH	Práticas agrícolas
Microsoft	Desenvolvimento computacional
Vale	Tecnologias do etanol
Boeing	Biocombustíveis para aviação
BP	Processos e sustentabilidade
PSA	Motores
BE-Basic	Biologia sintética, Tecnologias de biocombustíveis, Sustentabilidade
BBSRC	Bioenergia
UKRC	Bioenergia
Oak Ridge National Laboratories	Sustentabilidade

Finalmente, esforços de pesquisa com uma interface clara com a indústria, em assuntos como fermentação, descoberta de enzimas e processos para etanol de segunda geração, entre outros, têm produzido conhecimentos relevantes, documentados em artigos, além de algumas patentes. O mesmo se aplica aos cientistas que trabalham com ciência básica ligada ao melhoramento de plantas e a produção de novas variedades de cana-de-açúcar, entre várias outras áreas. Nesse estágio, os cientistas envolvidos devem ser estimulados a trabalhar no sentido da aplicação prática de suas descobertas. O retorno da indústria também pode ser útil para a comunidade científica a fim de, eventualmente, redirecionar sua atenção para temas que podem ter sido negligenciados. Para isso, a coordenação do BIOEN planeja *workshops* e encontros que colocam em contato cientistas e membros-chave do setor industrial para fortalecer o diálogo e promover novas colaborações.

É importante mencionar que, depois de seus primeiros cinco anos de atividades, o Programa BIOEN, com o seu apoio a projetos de pesquisa, projetos em colaboração envolvendo as universidades estaduais de São Paulo, centros de pesquisa e empresas, o seu papel na organização de *workshops* nacionais e internacionais e sua forte interação com outros programas de pesquisa criados e apoiados pela Fapesp (Biota e Mudanças Climáticas, por exemplo), tornou possível identificar pontos específicos e áreas de conhecimento que podem merecer uma atenção especial. Além disso, a avaliação dos resultados do

programa permitiu definir novos temas de pesquisa necessários para colocar o estado de São Paulo em uma posição de destaque em matéria de pesquisa e transferência de tecnologia para a produção de biocombustíveis e produtos químicos de base biológica. Além de resultados de fácil medida, como o número de projetos de pesquisa, número de teses e dissertações, artigos científicos e patentes, a definição de áreas com necessidade de consolidação, bem como de novos temas estratégicos, é por si só um resultado valioso para orientar as ações futuras.

Destques do Programa BIOEN
Excelente resposta da comunidade científica de São Paulo: 149 projetos e 364 bolsas de estudo apoiado e mais de 300 pesquisadores envolvidos
Ampla área de ação: praticamente todos os campos de bioenergia
Expansão da comunidade científica que trabalha em bioenergia em São Paulo
Parceria com a indústria: parte do esforço de pesquisa pode ser diretamente transformado em desenvolvimento tecnológico
Cooperação internacional intensa: muitas possibilidades de formação de cientistas e estudantes brasileiros, mas também trazendo cientistas do exterior para trabalhar em temas relacionados com a cana
Produção científica significativa: mais de 750 artigos e 173 dissertações e teses
O BIOEN foi fundamental para a criação do Centro Paulista de Pesquisa em Bioenergia (SPBioenRC)
Integração de cientistas de diferentes áreas é estimulada por meio de reuniões multidisciplinares: ser parte do BIOEN é valorizado pela comunidade
Mix de ciência básica e aplicada: ajudar a resolver os problemas de hoje e gerar conhecimento para amanhã
Geração de conhecimentos necessários para orientar a definição de subáreas da bioenergia não totalmente contempladas, e para atrair novos cientistas e estudantes
Desenvolvimento de uma rede que estimula o desenvolvimento tecnológico e a aplicação do conhecimento científico produzido

Prioridades de investigação podem ser definidas em relação a diferentes impactos (na formação de recursos humanos, desenvolvimento de processos, social etc.), o que traz a necessidade de realizar amplas discussões com diferentes representantes da sociedade, incluindo universidades, empresas e setores governamentais, para estabelecer direções consistentes para o programa. O Programa BIOEN, juntamente com o Biota e o Mudanças Climáticas, pode proporcionar orientações úteis para que a Fapesp possa atuar como um organismo determinante na elaboração de ações efetivas para o desenvolvimento do estado de São Paulo.

Cada uma das divisões do programa (**Biomassa, Biorrefinarias, Tecnologias de Biocombustíveis, Motores, Sustentabilidade e Impactos**) está agora bem estabelecida e madura o suficiente para acomodar novos desafios. A análise de programas de pesquisa em bioenergia e renováveis existentes ao redor do mundo nos permite concluir que o BIOEN representa uma iniciativa de destaque, que compreende diversas áreas, bastante coeso e que trabalha de maneira colaborativa.

A coordenação do BIOEN está a cargo de **Gláucia Mendes Souza** (IQ/USP), **Heitor Cantarella** (IAC/APTA), **Rubens Maciel Filho** (FEQ/Unicamp), **Marie-Anne van Sluys** (IB/USP) (Figura 100) e André Nassar (Agroicone). O grupo já contou também com a participação de Marcos Buckeridge (IB/USP) e Anete Pereira de Souza (CBMEG/Unicamp).

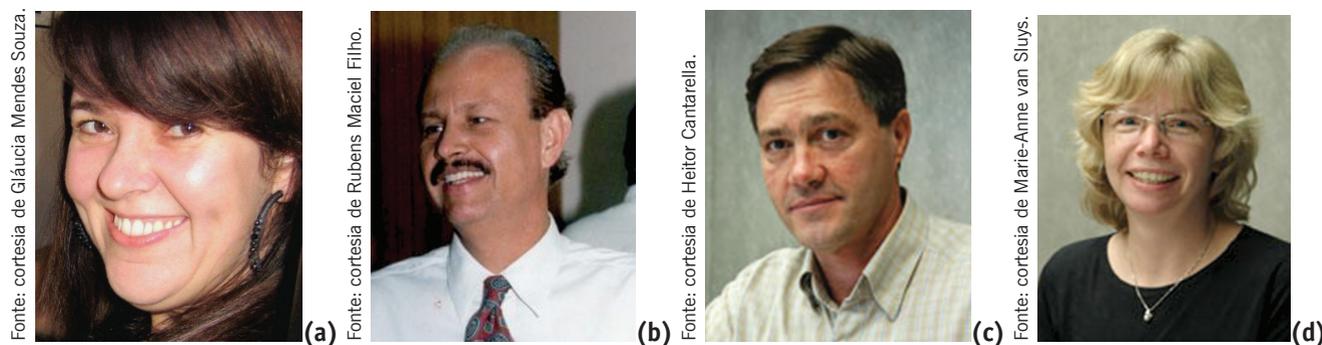


Figura 100: Fotos dos atuais coordenadores do Programa de Bioenergia da Fapesp – BIOEN: (a) Gláucia Mendes Souza, (b) Rubens Maciel Filho, (c) Heitor Cantarella e (d) Marie-Anne van Sluys.

A Fapesp tem igualmente implementado projetos conjuntos com a indústria, levando a um aumento do orçamento para pesquisa de bioenergia no Brasil. Três parcerias podem ser destacadas: a) **Dedini**: 50 milhões de dólares em processos de produção de etanol; b) **Braskem**: 25 milhões de dólares em alcoolquímica; e c) **Oxiten**: 3 milhões de dólares em materiais provenientes de fontes lignocelulósicas.

Mais recentemente, foi acordada uma cooperação com o programa de pesquisa holandês **BE-Basic** para pesquisa em biologia sintética e produção de compostos químicos derivados de biomassa, além de estudos da sustentabilidade da indústria de biocombustíveis e derivados.

O início do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) do Bioetanol

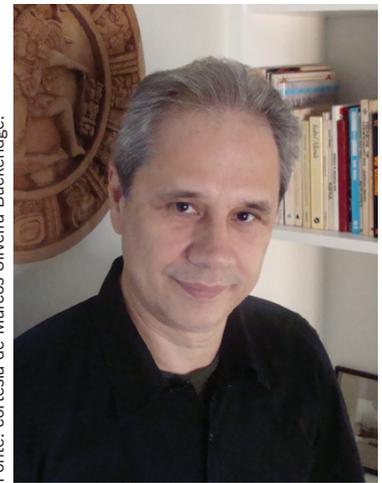
Um grupo de pesquisadores reuniu-se em Piracicaba para discutir as possíveis rotas para o etanol celulósico. Com base nessa discussão, foi consolidado um documento que aponta as rotas para a pesquisa em biomassa com focos em fisiologia genética e parede celular da cana, produção, caracterização e análise estrutural de enzimas. Foi a partir desse grupo que surgiram os projetos temáticos e de auxílio à pesquisa e que formaram a primeira fase do Programa de Bioenergia da Fapesp (BIOEN) e do INCT do Bioetanol.

Aprovado em 2008, começou a funcionar em 2009 o **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (INCT do Bioetanol)**, coordenado por **Marcos Silveira Buckeridge** (Figura 102). Contando com 33 laboratórios em seis estados brasileiros, o INCT adquiriu e instalou vários equipamentos de grande porte em uma estratégia desenhada para dar suporte à pesquisa em bioenergia em todo o país. Com os equipamentos instalados e o financiamento com bolsas e consumíveis para os laboratórios, a ciência da cana começou gradativamente a avançar.



Fonte: cortesia de Gláucia Mendes Souza.

Figura 101: Grupo de pesquisadores que deram início ao INCT do Bioetanol em 2008.



Fonte: cortesia de Marcos Silveira Buckeridge.

Figura 102: Marcos Silveira Buckeridge.

Em Brasília, Ribeirão Preto, São Carlos e São Paulo pesquisadores conseguiram detectar e caracterizar mais de setenta novas enzimas de micro-organismos da biodiversidade brasileira. Em conjunto, essas enzimas são fortes candidatas a compor coquetéis enzimáticos montados com tecnologia nacional.

Essas ações multi e interdisciplinares do INCT do Bioetanol levaram o Brasil a multiplicar o número de pesquisadores atuando em bioenergia no país, a formar laços de colaboração internacional sólidos e produtivos e a aumentar, vertiginosamente, o conhecimento científico sobre a cana-de-açúcar e enzimas de micro-organismos. Assim, o INCT do Biotanol contribuiu pesadamente para fazer o país avançar, fazendo com que hoje a pesquisa em bioenergia no país possa se comparar com as das regiões mais avançadas do planeta na área.

2009

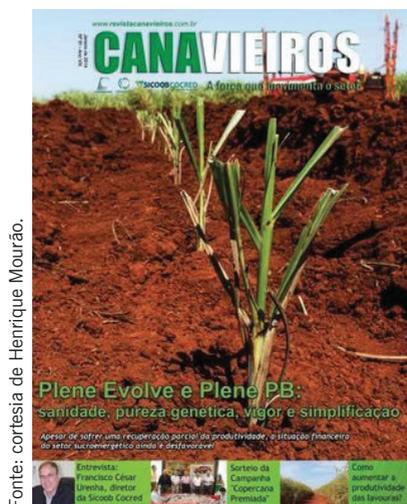
O álcool passa a se chamar “etanol”

A Resolução n. 39 da **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e B combustíveis (ANP)** obrigou os postos a venderem álcool com o nome de etanol¹⁵. Neste livro, propositalmente se tentou usar o termo “álcool” até o ano de 2009 e “etanol” a partir de então. Segundo alguns técnicos do setor, o uso do termo etanol tinha o objetivo de diferenciar o combustível do álcool farmacêutico.

“Plene”, uma nova maneira de plantar cana

Antonio Carlos Nascimento, da empresa Syngenta, desenvolveu uma alternativa ao plantio de cana com toletes, propondo o “plene”. A tecnologia desenvolvida pela Syngenta possui caule de apenas quatro centímetros, tratado contra doenças e pragas, e propõe reduzir em cerca de 80% o peso necessário para o plantio. “Bastam apenas duas toneladas de colmo por hectare”, diz um produtor. “No plantio convencional, o tolete de colmo mede 40 centímetros e são necessárias pelo menos 12 toneladas por hectare.” Espera-se que inovações como esta possibilitem otimizar o uso do solo, reduzir os custos de produção, além de melhorar os indicadores de sustentabilidade.

15 Ver <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,anp-obriga-postos-a-trocar-nome-alcool-por-etanol,480554>>.



Fonte: cortesia de Henrique Mourão.

Figura 103: Syngenta desenvolve o “plene”.

A criação do Centro Paulista de Bioenergia (SPBioenRC)

Outra ação da mais alta relevância em bioenergia no Brasil é o **Centro Paulista de Pesquisa em Bioenergia (SPBioenRC)** (Figura 104). Este centro é fruto de um acordo assinado em 2009 entre a Fapesp e as três universidades públicas do estado de São Paulo (USP, Unicamp e Unesp). O centro partiu de uma dotação de 55 milhões de dólares para infraestrutura, financiada pelo governo do estado de São Paulo. A contrapartida das universidades se materializou nas contratações de docentes, já tendo sido contratados dezoito pesquisadores. Destaque-se aqui a importância da atuação dos novos contratados na condução da pesquisa em bioenergia, cujo financiamento é a contrapartida oferecida pela Fapesp.



Fonte: cortesia da SPBioenRC.

Figura 104: Centro Paulista de Pesquisa em Bioenergia.

Essa ação do SPBioenRC foi complementada pelas três universidades paulistas (USP, Unicamp e Unesp) por meio da criação do **Programa Integrado de Pós-Graduação em Bioenergia**, iniciado em 2013 e desenhado, desde o seu início, para oferecer disciplinas em inglês e ter uma alta participação de alunos estrangeiros e universidades do exterior como parceiras. Os coordenadores do programa são: **Carlos Labate**, pela USP, **Andreas Gombert**, pela Unicamp e **Nelson Ramos Stradiotto**, pela Unesp. A coordenação do programa se dá em forma de rodízio e hoje está sob a responsabilidade da USP. Os novos docentes contratados pelas universidades já orientam no novo programa de doutorado, que conta com cerca de 50 alunos.



Figura 105: Fotos dos atuais coordenadores do Programa Integrado de Pós-Graduação em Bioenergia: (a) Carlos Labate, da USP, (b) Andreas Gombert, da Unicamp e (c) Nelson Stradiotto, da Unesp.

Fim dos anos 2000: proposta a integração 1G com 2G

No final dos anos 2000, foi proposta a integração do processo de etanol de primeira geração com possíveis rotas de segunda geração por via bioquímica e termoquímica com o uso do CO_2 da fermentação e com a cogeração de energia, conforme esquema a seguir. O processo possibilita uso integral da cana-de-açúcar com emissão zero de CO_2 e de outras correntes consideradas resíduos do processo de produção do etanol, levando-as a serem utilizadas como matérias-primas para outros produtos. Dias et al. (2011a, b; 2012b; 2013a, 2013b; 2015) e Cavalett (2012), usando simulação computacional, avaliaram a viabilidade e o potencial tecnológico e econômico das possíveis formas de integração, considerando inclusive aspectos de sustentabilidade.

Com o intuito de reduzir os custos do processo de produção de etanol, principalmente no que se refere à separação/concentração do etanol, foram investigados, mais rigorosamente, processos de separação, convencionais e alternativos (Junqueira et al., 2012). Com a possibilidade de utilização das frações da hidrólise do bagaço e a palha da cana-de-açúcar, pesquisou-se a viabilidade da produção de butanol, juntamente com o etanol (processo ABE), que pode ser uma opção interessante para aumentar a quantidade de combustível produzida (Mariano et al., 2012).



Fonte: cortesia de Telma Franco.

Figura 106: Hidrolisado obtido do pré-tratamento do bagaço.

2010

Biocombustíveis de 3G

O estudo dos chamados biocombustíveis 3G, com a produção de algas utilizando CO_2 , é conduzido por Telma Franco da Unicamp.

A frota de carros *flex* alcança 10 milhões de veículos

Em 2010, cerca de 88% dos carros novos vendidos já eram *flex* (Anfavea, 2010).



Fonte: cortesia de Telma Franco.

Figura 107: Telma Franco.



Fonte: cortesia da Petrobras.

Figura 108: Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES) da Petrobras.

A entrada da Petrobras nas pesquisas em etanol de segunda geração

Em 2010 foi criada a nova empresa **Petrobras Biocombustíveis**. Têm início pesquisas na área do etanol celulósico e também do biodiesel no **Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello CENPES**.

Por meio do CENPES, a Petrobras também continua desenvolvendo pesquisas em etanol celulósico, associando universidades, empresas nacionais e estrangeiras detentoras de *know-how*, sobretudo na área da produção das enzimas. A Dedini também tem trabalhado com várias empresas nacionais e estrangeiras, dando continuidade às pesquisas em hidrólise enzimática.

Pelos esforços realizados no Brasil no campo da pesquisa em hidrólise para a obtenção de etanol celulósico, conhecido como **etanol de segunda geração**, sabe-se hoje que o problema é complexo e reveste-se de uma necessidade de pesquisa básica de alta qualidade para que se entenda melhor a desconstrução da fibra de cana e a produção de enzimas eficientes e suficientemente robustas para operar em um ambiente industrial. Sabe-se também que, dadas as características altamente propícias de disponibilidade de fibra e de utilidades, o ambiente das usinas hoje existente é considerado muito adequado para seu sucesso. É importante ressaltar que, além do etanol combustível, a tecnologia de hidrólise permitirá às usinas construir um novo mercado de polímeros verdes com alto valor agregado e grande potencial comercial nas próximas décadas.

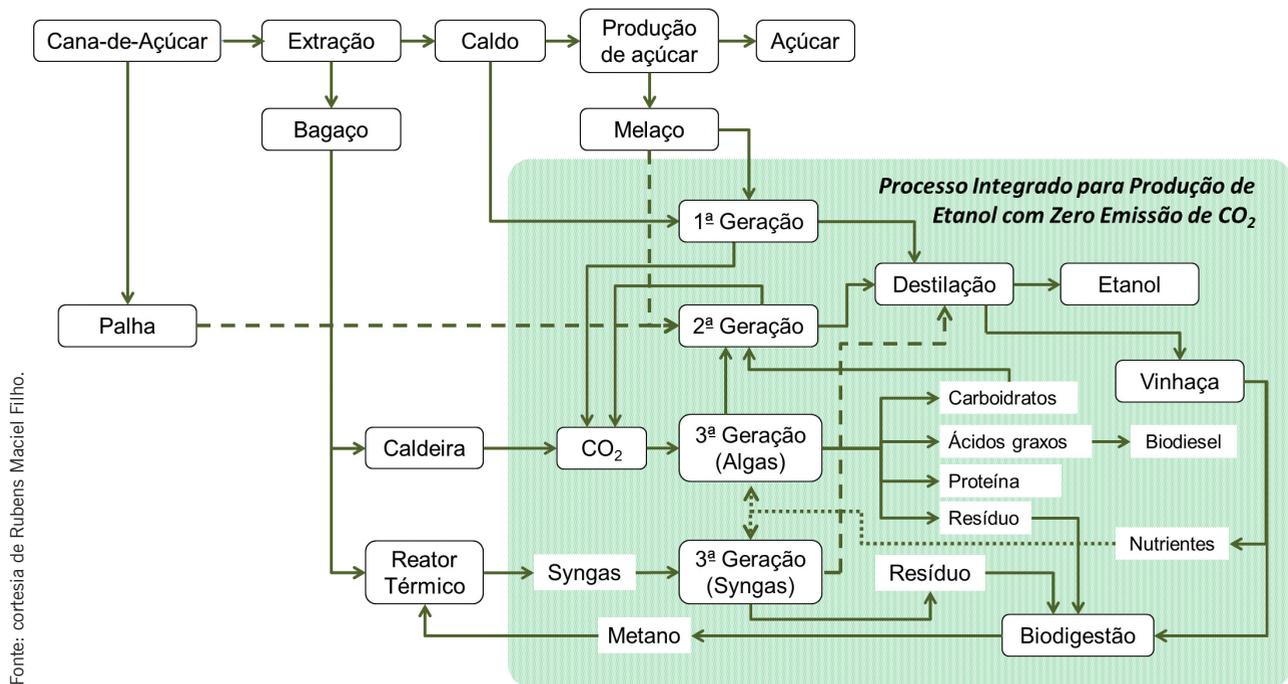


Figura 109: Processo Integrado para Produção de Etanol de 1ª e 2ª Gerações e Produtos Químicos com Emissão Zero de CO₂ – Projeto temático Fapesp/BIOEN, coordenado por Rubens Maciel Filho.

A empresa **Vale** também buscou fomentar pesquisas na área de bioenergia, apoiando em ações conjuntas com a Fapesp projetos, por exemplo, na área de novos fertilizantes, essencial e estratégica para a produção

de energia de biomassa. A Vale criou a empresa **Vale Soluções em Energia (VSE)**¹⁶, em associação com o **BNDES** e a **Syigma**, em São José dos Campos, para realizar P&D em energia. Dentre os projetos destacou-se o de geração de energia elétrica a partir do etanol.

Classificação do bagaço pode ajudar tecnologia de etanol 2G

Fisicamente, o bagaço é um material polidisperso (grande variação de tamanho, forma e massa) e também de composição variada, contendo lignina, celulose e hemicelulose. Acreditando que sua separação em frações física e quimicamente mais homogêneas traria benefícios principalmente para a hidrólise, em 2010 foi desenvolvido um classificador pneumático de bagaço (Figura 110) pelo grupo de **Luís Cortez**, da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, em cooperação com **Guilherme A. Roca**, da **Universidad de Oriente**, de Cuba. Participaram dessas pesquisas **Eduardo Almeida** e **Edgardo Olivares Gómez** (Gómez et al., 2012; Roca et al., 2013).

Os resultados dos testes revelaram a grande capacidade do equipamento para a separação do bagaço em frações mais homogêneas, representando um grande avanço no que diz respeito à sua manipulação por parte da indústria. Faltava avaliar a obtenção do etanol 2G a partir das frações, sendo tais experimentos conduzidos no ano de 2012 por **Maria Aparecida Silva**, da Faculdade de Engenharia Química da Unicamp. Tais experimentos mostraram que uma das frações separadas, a que apresentou menor diâmetro médio de partícula e aproximadamente 35% da massa total do bagaço à umidade de equilíbrio, alcançou maior rendimento de conversão de celulose a glicose e próximo do bagaço quando submetido a outros pré-tratamentos mais onerosos (Almeida et al., 2013). Desse modo, a classificação pneumática de bagaço pode vir a ser uma alternativa muito interessante para o pré-tratamento físico de tal biomassa, visando principalmente à viabilidade econômica do processo de hidrólise. Atualmente, os estudos acerca do classificador pneumático continuam, mas por meio de simulação computacional fluidodinâmica, procurando a melhor configuração do equipamento que possibilite um aumento na eficiência de separação das partículas.



Fonte: cortesia de Luís Cortez.

Figura 110: Classificador pneumático de bagaço.

16 Ver <https://pt.wikipedia.org/wiki/Vale_Solu%C3%A7%C3%B5es_em_Energia>.

Criação do IPBEN-Unesp

A criação do Instituto de Pesquisa em Bioenergia da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, em 2011, visou ao desenvolvimento de pesquisa e inovação em bioenergia envolvendo diversos aspectos básicos e aplicados, como pode ser visto no *e-book* intitulado *Bioenergia: Desenvolvimento, pesquisa e inovação*, publicado pela Editora Unesp.

2011

Plano Conjunto BNDES-Finep de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS)

O **Plano Conjunto BNDES-Finep de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS)** foi criado com o objetivo de selecionar planos de negócios e fomento a projetos que contemplem o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias industriais destinadas ao processamento da biomassa oriunda da cana-de-açúcar, com a finalidade de organizar a entrada de pedidos de apoio financeiro no âmbito das duas instituições e permitir uma maior coordenação das ações de fomento e melhor integração dos instrumentos de apoio financeiro disponíveis.

O **Projeto Granbio**, iniciado em 2011, é um empreendimento composto por três empresas, a BioCelere, a BioVertis e a BioEdge, que integram toda a cadeia de valor para produção de biocombustíveis e bioquímicos de segunda geração. A empresa é controlada pela família Gradin e tem a participação societária do BNDES. Tem como CEO o empresário **Bernardo Gradin** e como cientista-chefe **Gonçalo Pereira** (Unicamp). Na área de biomassa, a empresa desenvolve variedades de **cana energia** (Figura 111a) a partir de uma estação experimental em Alagoas e deverá lançar a sua primeira variedade (Vertex®) em 2016.

Na área de biologia sintética, a empresa desenvolveu e regulamentou a primeira levedura transgênica (Celere 2L®), utilizando como base genética leveduras robustas usadas pelas usinas de primeira geração e que tiveram os seus genomas investigados em projetos financiados pela Fapesp. Na área industrial, a empresa construiu a usina **BioFlex 1** em São Miguel dos Campos, Alagoas, com apoio do PAISS. Foi

a primeira fábrica de etanol celulósico instalada no hemisfério sul, tendo sido projetada para produzir 82 milhões de litros de etanol/ano (Figura 111b).

Fonte: cortesia de Marcus Carmo.



Figura 111a: Cana energia desenvolvida no projeto Granbio.

Fonte: cortesia de Marcus Carmo.



Figura 111b: Projeto Granbio, primeira planta de etanol celulósico do Brasil.

A tecnologia de pré-tratamento é a PROESA®, da Biochemtex (subsidiária do grupo italiano Mossi & Ghisolfi, a Biochemtex tem um acordo para fornecimento de equipamentos críticos para a planta de etanol celulósico). Além disso, a BioFlex tem parceria com as empresas DSM (empresa holandesa que fornece leveduras industriais para fermentação do etanol celulósico), Novozymes (multinacional dinamarquesa que é a fornecedora de enzimas para a hidrólise de celulose) e Grupo Carlos Lyra (tradicional produtor de etanol de primeira geração). O Projeto GranBio tem parceira tecnológica com a American Process, Ridesa, IAC, Senai, Unicamp e USP e conta com apoio financeiro do BNDES, Finep, Banco do Nordeste, CNPq e Fapesp.

Outra pioneira da produção de etanol celulósico no Brasil é a empresa **Raízen**, sediada na cidade de Piracicaba, que pretende até mesmo vender etanol celulósico¹⁷. A Raízen investiu 237 milhões de reais em pesquisa, desenvolvimento e infraestrutura, e foi a primeira empresa a integrar em nível industrial a produção do etanol de primeira geração e segunda gerações em uma mesma usina, a **Usina Costa Pinto**, em Piracicaba.

Bioprodutos químicos, alcoolquímica, sucroquímica, biologia sintética

Nos últimos anos, as políticas públicas de redução de gases do efeito estufa têm gerado uma demanda crescente de compostos químicos derivados de biomassa que possam substituir os petroquímicos. O Brasil já tinha tradição na produção de produtos químicos a partir de etanol (alcoolquímica) com boa estrutura operacional nos anos 1980, mas descontinuada nos anos 1990. À produção de bioetanol de cana, que já apresenta um ciclo de vida bastante favorável em relação à redução de emissões de GHG (cerca de 80%), podemos associar ainda outros compostos, reduzindo ainda mais a emissão de CO₂ e aumentando o valor agregado da indústria. A partir de etanol e do açúcar muitos compostos podem ser produzidos, por meio de síntese química e oxidação parcial de carboidratos como polímeros, álcoois, cetonas e nutracêuticos. Um exemplo de sucesso da rota química em escala é o **plástico verde**, desenvolvido pela empresa Braskem. Lançado em julho de 2007, o polietileno verde da Braskem¹⁸ foi o primeiro do mundo a ser feito 100% a partir de fontes renováveis.

17 Ver <www.raizen.com.br/energia-do-futuro-tecnologia-em-energia-renovavel/etanol-de-segunda-geracao>.

18 Segundo alguns especialistas, eteno de etanol foi produzido no Brasil desde os anos 1960 na Baixada Santista, pela Cia. Brasileira de Estireno, em processo isotérmico em batelada. A Braskem o faz em processo adiabático contínuo, cuja escala reduz custos. Entretanto, o mercado não paga mais pelo plástico verde, e os preços cadentes de gás natural tornam o plástico verde menos competitivo nos próximos anos.

Em 2010, a Braskem inaugurou sua primeira planta de **etileno verde** e assumiu a liderança mundial na produção de biopolímeros. Para cada tonelada de polietileno verde produzido são capturadas e fixadas até 2,5 toneladas de CO₂ da atmosfera. A empresa também desenvolve uma gama variada de tipos de polipropileno de alta densidade (PEAD) e de baixa densidade linear (PEBDL), para atender à crescente demanda por produtos cada vez mais sustentáveis.

Além da rota química, o setor de químicos renováveis lida também com a perspectiva de produção de novos compostos e biocombustíveis via rota biológica, denominada biologia sintética. A biologia sintética se dedica à construção de novos componentes e sistemas biológicos ou do redesenho de sistemas naturais, usando partes moldadas pelo processo evolutivo para construir sistemas artificiais que realizam novas tarefas, como a produção de plásticos, gasolina e bioquerosene, por exemplo. Neste sentido, há uma iniciativa importante da Amyris, empresa californiana que abriu uma subsidiária no Brasil, para a produção de novos biocombustíveis a partir da sacarose de cana-de-açúcar, como biodiesel e querosene de aviação (Amyris, 2008).

A primeira missão da Amyris foi desenvolver a tecnologia necessária para a produção de um medicamento contra a malária, a artemisina, em micro-organismos. A plataforma industrial desenvolvida foi aplicada para a evolução de leveduras com a capacidade de produção de gasolina e querosene e escalonamento do processo de produção de farnesenos¹⁹. No entanto, tem havido dificuldades envolvendo a produção em maior escala e a correspondente comercialização dessas alternativas.

2013: o etanol começa a ser transportado em álcooldutos

O primeiro álcoolduto brasileiro ligando vários estados está sendo construído pela empresa **Logum Logística**, criada pela Petrobras em parceria com Cosan, Copersucar, Odebrecht, Camargo Corrêa e Uniduto.

Segundo o jornal *Folha de S. Paulo* de 27 de junho de 2013, a Petrobras iniciou em 25 de junho de 2013 as transferências de etanol hidratado por meio do duto que liga Ribeirão Preto (a 313 quilômetros de São Paulo) a Paulínia (a 117 quilômetros de São Paulo). Desde o início de 2015, está em operação o trecho ligando Uberaba à Ribeirão Preto. O projeto da **Logum** é “um sistema logístico multimodal”, que inclui também transporte hidroviário.

19 No Brasil, a empresa Amyris está mais interessada em produtos de maior valor agregado do que combustíveis. Também a empresa Solazyme, de origem norte-americana e instalada em São Paulo, faz P&D em biocombustíveis para a aviação.

O objetivo é ligar as regiões produtoras de etanol dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul ao principal ponto de armazenamento de distribuição, em Paulínia. Quando finalizado, o alcoolduto terá capacidade de transporte de até 21 milhões de m³ de etanol por ano e de armazenamento de mais de 800 milhões de litros do combustível. Na construção do sistema, que faz parte do PAC, serão investidos 7 bilhões de reais (Figura 112).



Figura 112: Primeiro alcoolduto que está sendo construído por um consórcio de empresas incluindo a Petrobras e empresas do setor sucroalcooleiro.

Promovendo o setor sucroalcooleiro

Ações da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica)

Lançado pela **Unica**, a maior organização representativa do setor de açúcar e bioetanol do Brasil, em 2007 e realizado a cada dois anos, o **Ethanol Summit** é um dos principais eventos do mundo voltados para as energias renováveis, particularmente o etanol e os produtos derivados da cana-de-açúcar.

O Ethanol Summit reúne representantes destacados da indústria, academia e diferentes esferas governamentais de todos os continentes que convergem no Brasil para discutir os aspectos conjunturais e estratégicos do setor sucroalcooleiro no Brasil.



Fonte: cortesia da Unica.

Figura 113: União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica).

O Ethanol Summit ofereceu até 2014 o **Prêmio Top Ethanol**, que tinha como objetivo distinguir trabalhos e seus autores, nas modalidades jornalismo e trabalhos acadêmicos, em temas relativos à agroenergia e meio ambiente, bem como personalidades que tenham contribuído de forma acentuada para o setor.

Outra ação relevante da Unica com a APEX é o site www.sugarcane.org para difusão do etanol e em particular da experiência brasileira.

Ações da Datagro

A **Datagro**, conhecida empresa de consultoria no setor sucroalcooleiro, fundada em 1984 por **Plínio Nastari** (Figura 114), atua em mais de quarenta países e possui uma base de dados que permite antecipar mercados futuros e a tomada de decisões sobre investimentos. Para tanto, a Datagro possui uma ação bastante dinâmica organizando eventos como o **Sugar&Ethanol Summit** em Londres e Nova York, ajudando com isso a disseminar a indústria de biocombustíveis no mundo.

Ainda em 2015, a Datagro realizou a **XV Conferência Internacional DATAGRO sobre Açúcar e Etanol** e premiou vários importantes colaboradores do Proálcool²⁰.



Fonte: cortesia de Plínio Nastari.

Figura 114: Plínio Nastari.

²⁰ Ver <www.conferenciadatagro.com.br/pt-br/premio#>.

Ações da Associação Brasileira do Agronegócio (ABAG)

A **ABAG**, criada em 1993, tem por objetivo atuar nas cadeias do agronegócio, incluindo a bioenergia, de modo a valorizá-las, ressaltando sua fundamental importância para o desenvolvimento sustentado do Brasil. A ABAG conta com a coordenação de **Luiz Carlos Corrêa Carvalho** (Figura 115), que foi presidente do IAA e representou o Brasil em discussões internacionais. A consequência desses esforços deverá ser a liderança global brasileira na oferta, de forma competitiva, dos produtos agroindustriais.



Fonte: CCAS, 2016.

Figura 115: Luiz Carlos Corrêa Carvalho.

O International Symposium on Alcohol Fuels (ISAF)

O **ISAF** atua globalmente promovendo o uso de etanol desde 1976, quando realizou o primeiro evento em Estocolmo, na Suécia. O ISAF já realizou 22 reuniões científicas no mundo todo, sendo duas no Brasil: Guarujá, em 1980, e Rio de Janeiro, em 2006.

O último ISAF aconteceu em Cartagena de Índias, na Colômbia, em fevereiro de 2016. Um dos seus principais articuladores é o brasileiro **Sergio C. Trindade** (Figura 116), cujos esforços foram reconhecidos com a criação pelo ISAF do *S. C. Trindade Award* ao autor do melhor trabalho apresentado no simpósio. Trindade começou no Brasil, com o Centro de Tecnologia Promon, a contribuir, substantivamente, para o setor desde o lançamento do Proálcool. Seu trabalho para a Unica foi importante para a abertura do mercado da Califórnia e mais tarde da totalidade dos EUA (em 2011). Contribuiu para reduzir significativamente a tarifa de importação de etanol na China.



Fonte: cortesia de Sergio C. Trindade.

Figura 116: Sergio C. Trindade.

Ações da Job Economia

A **Job Economia**, de Júlio Maria Borges, é outra empresa que se dedica ao negócio de bioenergia promovendo conferências no Brasil e no exterior.



Figura 117: Locais onde aconteceram os simpósios do ISAF.