



DIÁLOGOS **UNIÃO EUROPEIA**
SETORIAIS **BRASIL**

PROJETO APOIO AOS DIÁLOGOS SETORIAIS UNIÃO EUROPEIA - BRASIL

RELATÓRIO
BIOCOMBUSTÍVEIS DE
SEGUNDA GERAÇÃO –
PRODUTO 3

www.dialogossetoriais.org



União Europeia



DIÁLOGOS SETORIAIS UNIÃO EUROPEIA
BRASIL

Ministério do
Planejamento



CONTATOS

Direção Nacional do Projeto

+ 55 61 2020.4906/4928/5082/4134

contato@dialogossetoriais.org

www.dialogossetoriais.org

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
1. LABORATÓRIOS ESTATAIS	6
1.1. CTBE	6
1.2. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA.....	7
1.3. EMBRAPA AGROENERGIA	8
1.4. CENPES/PETROBRÁS.....	9
1.5. CENTRO DE TECNOLOGIA ESTRATÉGICAS DO NORDESTE.....	10
1.6. INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DE SÃO PAULO.....	11
2. LABORATÓRIOS PRIVADOS.....	13
2.1. GRANBIO.....	13
2.2. CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA.....	13
2.3. BUTAMAX ADVANCED FUELS.....	14
2.2. AMYRIS.....	14
3. REDES DE PESQUISA.....	16
3.1. PROETANOL 2G.....	16
3.2. RIDESA.....	16
3.3. REDE DE BIOETANOL DE PERNAMBUCO.....	17
3.4. INCT DO BIOETANOL.....	17
3.5. PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIOQUEROSENE.....	18
3.6. PLATAFORMA MINEIRA DE BIOQUEROSENE.....	19
4. UNIVERSIDADES BRASILEIRAS	21
4.1. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.....	21
4.2. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.....	22
4.3. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.....	22
4.4. ESALQ/USP.....	23
4.5. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.....	24
4.6. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.....	24
4.7. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS.....	24
4.8. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA.....	25
4.9. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.....	26
4.10. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.....	26

5. CONCLUSÕES.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

INTRODUÇÃO

Este relatório descreve as iniciativas de PD&I realizadas no Brasil no setor de biocombustíveis de segunda geração a partir da comunidade científica brasileira. Para o contínuo aumento da produção para a satisfação da demanda crescente de biocombustíveis no Brasil, é necessário que novas tecnologias visando o aumento da produtividade e a diminuição da ampliação das áreas agriculturáveis sejam implantadas no país. Desta forma, a contribuição dos cientistas brasileiros é imprescindível para o desenvolvimento de matérias-primas mais produtivas, de processos e rotas bioquímicas e/ou termoquímicas que sejam robustas e viáveis economicamente, além da preparação de uma massa crítica de profissionais qualificados que venham liderar o Brasil a um futuro mais sustentável.

Papel relevante e de destaque deve ser dado as agências de fomento estatais como o CNPq, FINEP, CAPES, FAPESP e FAPEMIG, bem como empresas privadas que tem acreditado no talento e na capacidade do pesquisador brasileiro. Esta fonte de recursos não só permitiram a consolidação dos grupos de pesquisa, mas também no crescimento do escopo e abrangência dos projetos. A cooperação internacional também é marca presente nas iniciativas brasileiras, mostrando um país aberto ao mundo e atrativo para o investimento de capital estrangeiro com a implantação de laboratórios privados e grupos de pesquisa estabelecidos no país.

O objetivo aqui é mapear as iniciativas mais relevantes da comunidade científica do país e distribuídas nos laboratórios nacionais estatais e privados, redes de PD&I e nos grupos de pesquisas das principais universidades brasileiras, nos últimos 4 anos. A partir de informações públicas colhidas nos sítios da Internet disponíveis, banco de dados do CNPq, FAPESP e outros, de *press releases* das instituições, revistas técnicas, periódicos, e da imprensa jornalística nacional e internacional, impressa e eletrônica, os detalhes dos projetos de P&D e suas implicações no esforço nacional para a geração de conhecimento que venha sustentar a implantação de uma economia baseada em energia sustentável e renovável serão relatados.

1. LABORATÓRIOS ESTATAIS

1.1 - CTBE

O CTBE – Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – é um laboratório público, da rede de laboratórios nacionais ligados ao MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia & Inovação), sendo administrado pelo CNPEM (Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais). Foi inaugurado em Janeiro de 2010 e fica localizado na cidade de Campinas, SP. De acordo com o site institucional [1], a missão do CTBE é “*contribuir para o avanço do conhecimento científico e tecnológico na produção, uso e conversão de biomassas em energia e materiais, por meio de pesquisa, desenvolvimento, inovação e capacitação de pessoal*”. Para tanto, o CTBE atua junto à comunidade científica-tecnológica e ao setor industrial brasileiro. São 5 (cinco) as principais linhas de pesquisa do CTBE:

1. Produção de biomassa;
2. Processamento de biomassa;
3. Biologia funcional, biotecnologia e biofísica;
4. Sustentabilidade da produção de biomassa e de bioenergia;
5. Avaliação integrada de biorefinarias.

Estas linhas de pesquisa abarcam todo o ciclo de vida de um bioproduto, da produção da biomassa no campo ao seu processamento industrial em bioprodutos, sem se esquecer no avanço contínuo das melhorias genéticas de microrganismos e a integração sustentável em biorefinarias, buscando eficiência e viabilidade econômica. O foco principal do CTBE é o setor sucroenergético com projetos de PD&I para a produção de bioprodutos derivados da cana-de-açúcar e de seus resíduos lignocelulósicos (palha e bagaço de cana) tais como o bioetanol celulósico e o biobutanol. A geração de conhecimento e tecnologia inovadora será objeto de transferência ao setor privado e, por isso, diversos parceiros industriais estabelecem projetos de cooperação.

Na infra-estrutura do CTBE, que conta com 4 laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, destaca-se uma planta piloto multi-propósito, em escala semi-industrial, com capacidade de 300 litros, automatizada e com medidores que permitam um balanço completo de massa e energia, Figura 1. A planta piloto é dividida em seis módulos independentes referentes as seguintes operações unitárias necessárias à produção do bioetanol ou de qualquer outro bioproduto derivado da biomassa de cana:

1. Tratamento físico do bagaço de cana;
2. Tratamento físico-químico do bagaço de cana;
3. Bioprocessos para a produção de microrganismos e metabólitos;
4. Hidrólise enzimática do material lignocelulósico;
5. Separação e purificação;
6. Fermentação alcoólica.

Na planta piloto o CTBE pretende verificar e demonstrar a robustez, estabilidade e viabilidade técnica e econômica dos processos desenvolvidos em escala de bancada. Desta forma, os riscos associados ao escalonamento para a etapa industrial são minimizados, contribuindo ainda para a otimização de processos e estimativa de custos de capital e operacional para a produção do bioetanol e bioprodutos.

O CTBE conta com um grupo permanente de profissionais com cerca de 37 pesquisadores, 11 consultores científicos e 76 engenheiros e técnicos. Estudantes de pós-graduação e estagiários completam o quadro funcional, com um total de 216 colaboradores. Por meio do programa PAISS (BNDES-FINEP), o CTBE se tornou parceiro estratégico para várias empresas atuam no Brasil. Dentro dos parceiros industriais, destacam-se a empresa Lilly, British Petroleum (BP) e a Rhodia do Grupo Solvay.



Figura 1 - Visão panorâmica da planta piloto do CTBE em Campinas, SP.

1.2 – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA (INT)

O Instituto Nacional de Tecnologia (INT) é um laboratório nacional ligado ao MCTI e fica localizado na cidade do Rio de Janeiro, RJ. Atua junto ao setor produtivo brasileiro com soluções tecnológicas inovadoras e serviços especializados. O foco de sua atuação se concentra nas áreas de energia, saúde, petróleo e gás, defesa, energias renováveis, química verde e tecnologias sociais. Possui 23 laboratórios altamente qualificados a projetos de PD&I, com destaque para o Laboratório de Biocatálise (LABIC), da Divisão de Catálise e Processos Químicos, onde se desenvolvem projetos relacionados a produção de bioetanol de 2ª geração [2].

O LABIC do INT é liderado pela Dra. Viridiana Santana Ferreira-Leitão que atua nas áreas de pré-tratamento de biomassa lignocelulósica e de tecnologia enzimática. O LABIC participa de dois grupos de pesquisa financiados pelo CNPq, o de etanol celulósico e o de tecnologia enzimática para a biomassa, que envolve diferentes pesquisadores de universidades brasileiras. O destaque é a produção

de enzimas para o processo de hidrólise enzimática de celulose e hemicelulose oriundos da palha e o bagaço da cana-de-açúcar. Em relação aos estudos de pré-tratamento de biomassa, tem sido utilizado o tratamento à vapor assistido por catalisadores impregnados a biomassa com o objetivo de acelerar o processo de despolimerização da (hemi) celulose em seus açúcares constituintes, glucose, frutose e xilose [3].

1.3 - EMBRAPA AGROENERGIA

A Embrapa Agroenergia, sediada em Brasília, DF, é uma das unidades da Embrapa, ligada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, responsável pela pesquisa, desenvolvimento e inovação de processos de conversão da biomassa em biocombustíveis e bioprodutos que possam gerar valor e promover a sustentabilidade no setor agroenergético brasileiro. A instituição desenvolve ainda estudos de genética e biotecnologia de culturas agrícolas com potencial energético.

A infraestrutura da Embrapa Agroenergia conta com 4 laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, uma planta piloto e um núcleo de apoio a culturas energéticas (NACE). Os laboratórios são os seguintes:

1. Laboratório de Genética e Biologia (LGB);
2. Laboratório de Processos Bioquímicos (LPB);
3. Laboratórios de Processos Químicos (LBQ);
4. Central de Análises Químicas e Instrumentais (CAQ).

No LPB são desenvolvidas pesquisas voltadas para a produção de biocombustíveis ou para o aproveitamento de coprodutos e resíduos dessa produção, com foco nos processos biológicos. São estudados processos de desconstrução da biomassa e transformação dos produtos gerados em insumos energéticos e produtos químicos. O foco principal está na prospecção, seleção, caracterização e cultivo de microrganismos para obtenção de produtos úteis para aprimoramento ou desenvolvimento de combustíveis de primeira (fermentação de amiláceos) e segunda (etanol lignocelulósico) gerações. Também é estratégia das pesquisas o desenvolvimento de coquetéis de microrganismos ou de enzimas para utilização na desconstrução de biomassa, bem como na seleção, caracterização, imobilização, modificação química e avaliação do desempenho de enzimas para fins agroenergéticos.

No LBQ, processos de conversão química e termoquímica são estudados para a produção de biocombustíveis e bioprodutos a partir de biomassa, resíduos agrícolas e agroindustriais. Processos de esterificação, transesterificação, pirólise e gaseificação são algumas tecnologias de conversão de biomassa utilizadas na produção de biodiesel, bio-óleo e gás de síntese. No LGB, o foco é a tecnologia enzimática na descoberta, melhoramento genético e utilização de novas enzimas no processo de decomposição da biomassa lignocelulósica.

A Embrapa Agroenergia tem uma área de plantas piloto que tem por objetivo

estudar o escalonamento antes de ser transferida para o nível industrial, de todos os processos desenvolvidos em nível de bancada laboratorial. A instituição tem adquirido reatores e equipamentos de diferentes tipos para escalar processos fermentativos e de produção de biocombustíveis, produtos químicos e outros materiais desenvolvidos em bancada, para o nível de planta piloto. Demonstrada a viabilidade econômica nessa escala intermediária, o processo será então transferido para o setor industrial [4].

1.4 - CENPES/PETROBRÁS

O Centro de Pesquisa da Petrobrás, localizado no Rio de Janeiro, RJ conduz vários projetos de PD&I para a produção de biocombustíveis. Desde 2007, o CENPES mantém no parque de Plantas Pilotos uma unidade piloto de hidrólise enzimática, desenvolvida com a empresa brasileira Albrecht Equipamentos Industriais Ltda., para a produção de bioetanol 2G a partir do bagaço de cana. Esta planta piloto foi o resultado de pesquisas realizadas com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em parceria com o Laboratório de Desenvolvimento de Bioprocessos (Ladebio) da Escola de Química, desde 2004.

Posteriormente, a Petrobrás se associou em 2011 à empresa norte-americana Blue Sugars (descrita no Relatório do Produto 1) para a produção em escala industrial. Atualmente, o CENPES está em fase final de engenharia desta tecnologia, para a produção integrada de bioetanol 2G em suas usinas de álcool em 2015.

Além da biomassa de cana-de-açúcar, a Petrobrás investe na busca de outras biomassas lignocelulósicas como potencial para a produção de bioetanol. O destaque são os resíduos da produção de óleo de palma (dendê) no país, em que os cachos processados para a retirada do óleo contém 40% de celulose e 20% de hemicelulose, ou seja, teores bem próximos as do bagaço de cana-de-açúcar [5]. Testes em escala piloto estão previstos para 2015. Este projeto é desenvolvido pela Petrobrás Biocombustíveis e a Belém Bioenergia Brasil, uma *joint-venture* entre a Petrobrás Biocombustíveis e a empresa Galp de Portugal.

Outras rotas tecnológicas para os biocombustíveis de segunda geração, como a rota termoquímica, também são desenvolvidos no CENPES/Petrobrás, para a produção de biodiesel 2G. Destaca-se o processo H-Bio, que foi já testado industrialmente, em que óleos vegetais são sujeitos a processo de hidrotatamento, uma operação típica de uma refinaria de petróleo, para a produção de um diesel renovável com estrutura e propriedades físico-químicas a do diesel de petróleo. Mais recentemente, com o crescente interesse no uso de matéria-prima lignocelulósica, o CENPES tem estudado a gaseificação de biomassa, em um contexto mais amplo de biorefinarias no conceito da tecnológica XTL (X = gás natural, carvão e biomassa), Figura 2.

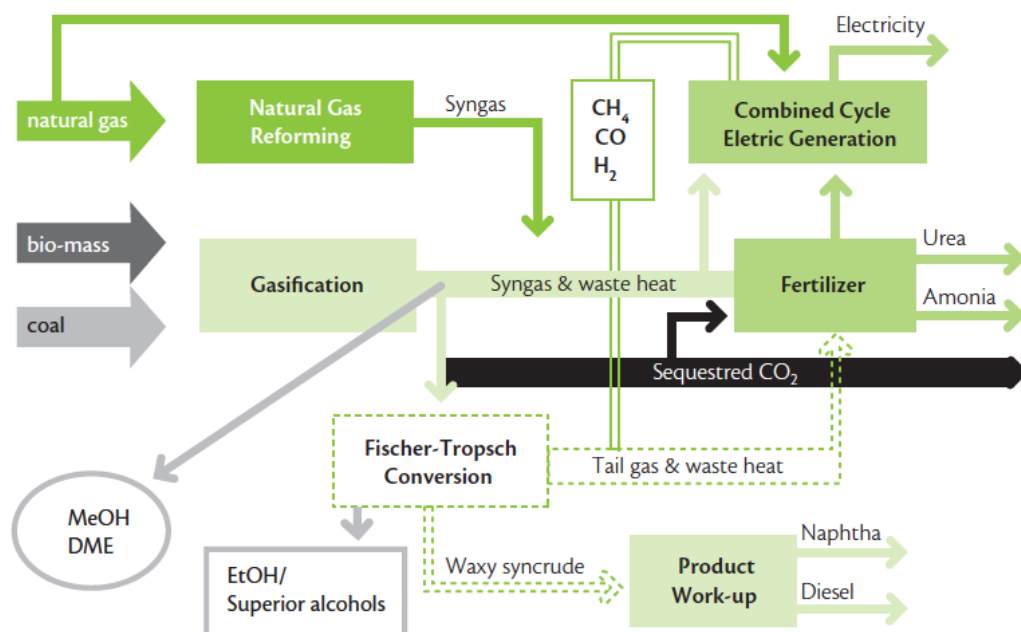


Figura 2 - Proposta de biorefinaria de tecnologia XTL para a produção de biocombustíveis e bioprodutos de 2ª geração.

1.5 - CENTRO DE TECNOLOGIA ESTRATÉGICAS DO NORDESTE (CETENE)

O CETENE é um laboratório nacional ligado ao MCTI, criado em 2005, para apoiar o desenvolvimento tecnológico da Região Nordeste do país, com a promoção da integração entre conhecimento, fomento e sociedade. O laboratório se concentra em três áreas de atuação: biotecnologia, microeletrônica e nanotecnologia. Possui uma divisão de biocombustíveis que atua em projetos de produção de biodiesel, bioetanol e biogás.

O núcleo de biodiesel do CETENE desenvolve pesquisas em toda a cadeia produtiva do biodiesel. Do estudo de oleaginosas mais produtivas a implantação e otimização de novos processos tecnológicos. Uma atenção especial se dá à valorização dos co-produtos da produção do biodiesel, principalmente a glicerina. O núcleo monitora também a aplicação do biodiesel em *blends* comerciais e testes em motores de combustão. Uma usina experimental, credenciada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), é mantida pelo CETENE na cidade de Caetés, PE com a capacidade de produção de 1.000 litros por dia, para fins de pesquisa.

O núcleo de bioetanol do CETENE tem por objetivo de desenvolver uma tecnologia própria para a obtenção do bioetanol de 2ª geração, pela rota bioquímica (enzimática), a partir da biomassa de cana-de-açúcar. As atividades contemplam a otimização do processo de pré-tratamento da biomassa; ensaios fermentativos; produção, purificação e caracterização de enzimas celulolíticas a partir de *Trichoderma reesei* e outros fungos filamentosos; clonagem e expressão dos genes

do celulosoma em *Saccharomyces cerevisiae*; e testes em biorreator. Este núcleo está integrado a Rede de Bioetanol de Pernambuco, dando continuidade aos estudos desenvolvidos pelas seguintes universidades do estado: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e a Universidade de Pernambuco (UPE). As atividades desta rede serão descritos abaixo em item específico que trata das redes de pesquisa em biocombustíveis. Além das universidades de Pernambuco, o CETENE mantém parcerias com o Sindaçúcar (Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool de Pernambuco), o STAB Setentrional (Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil), o CTBE e faz parte do INCT do Bioetanol [6].

1.6 - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLOGIA DE SÃO PAULO (IPT)

O IPT é um laboratório estadual ligado a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo. Possui 11 centros tecnológicos que atuam de forma multidisciplinar nas áreas de energia, transporte, petróleo e gás, meio ambiente, construção civil, cidades, saúde e segurança. É uma referência nacional na área de metrologia, e outros segmentos importantes de PD&I estão sendo ampliados nas áreas de nanotecnologia, novos materiais, estruturas leves e bioenergia [7].

Em relação a produção de biocombustíveis de 2ª geração, o IPT tem liderado uma iniciativa no desenvolvimento da tecnologia de gaseificação da biomassa, para a produção do gás de síntese. A partir do gás de síntese (CO e H₂) por meio da tecnologia de Fischer-Tropsch pode se produzir uma cadeia de produtos renováveis tais como biocombustíveis (Figura 3) na faixa da gasolina, QAV e diesel, metanol, etanol, butanol, além de biolubrificantes, solventes verdes, e bioprodutos químicos para a síntese de polímeros. Esta iniciativa tem objetivo viabilizar um projeto completo de gaseificação de biomassa em escala piloto. Foi criado um consórcio com as seguintes empresas: Petrobrás, Oxiteno, Vale e Raízen. A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da USP de Piracicaba, SP cedeu o terreno e a infraestrutura para a construção da planta piloto de gaseificação, que será de 500 kg por hora de processamento de biomassa de cana-de-açúcar. Os investimentos previstos são da ordem de R\$ 80 milhões que são oriundos das próprias empresas (R\$ 2 milhões por empresa), do BNDES, FINEP e do Governo do Estado de São Paulo. O apoio tecnológico será dado pelo próprio IPT, CTBE, CTC e a ESALQ/USP [8]

A criação desta unidade-piloto de gaseificação em Piracicaba, SP tem atraído outras empresas como a BTG Liquids, empresa holandesa, que dará suporte à pesquisa e desenvolvimento de processos de pirólise do bagaço de cana [9].

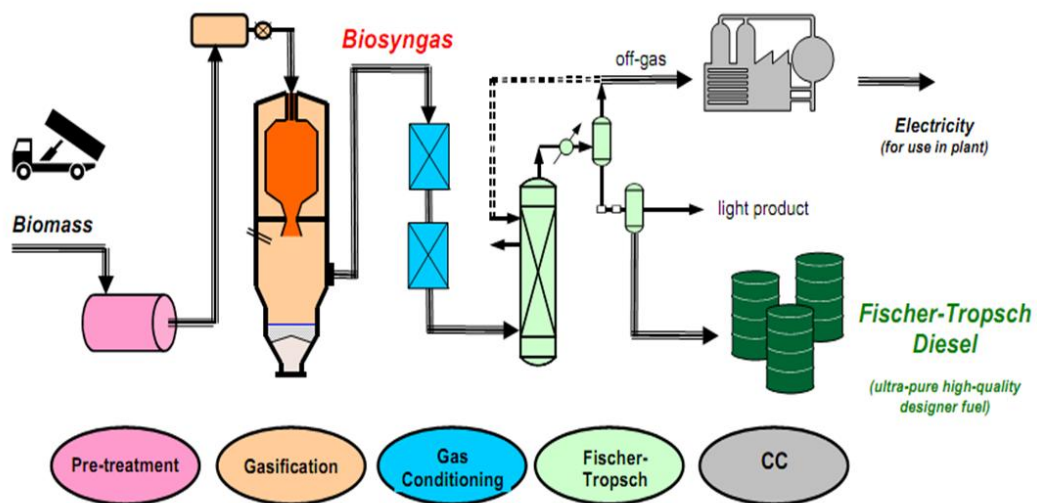


Figura 3 - Planta integrada de gaseificação de biomassa para a produção de biocombustíveis.

2. LABORATÓRIOS PRIVADOS

2.1 - GRANBIO

A Granbio mantém um Centro de Pesquisa em Biologia Sintética, situada no Techno Park da cidade de Campinas, SP, com o foco no melhoramento genético de microorganismos, no processamento de biomassa, no desenvolvimento de processos de fermentação e de hidrólise enzimática. A equipe é formada por mais de 20 cientistas, sendo 11 PhDs., e com o apoio e financiamento da FINEP [10].

A Granbio investe ainda no desenvolvimento da Cana Energia, devidamente registrada como Cana-Vertix®. Se trata de um cultivar originado a partir do cruzamento genético de tipos ancestrais e híbridos comerciais de cana-de-açúcar. Esta cana tem 25% de fibras e somente 7% de sacarose, diferente da cana tradicional que contém 12% de fibras e 14% de sacarose. A Cana Energia pode ser plantada em áreas degradadas de pasto e é 3 vezes mais produtivas e necessita menos de água e insumos químicos. Uma estação experimental de 60 ha de área plantada está sendo monitorada na cidade de Barra de São Miguel, no Estado de Alagoas. Neste desenvolvimento, a Granbio mantém uma parceria com o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e participa da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA) [11].

2.2 - CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA (CTC)

O Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) é uma empresa de tecnologia, fundada há mais de 40 anos na cidade de Piracicaba, no Estado de São Paulo, e mantida pelos seus acionistas do setor produtivo e pelos serviços prestados ao setor sucroalcooleiro brasileiro. Destaca-se pelo papel de liderança na evolução genética da cana-de-açúcar e na produção do açúcar e o etanol, e mais recentemente no desenvolvimento próprio da tecnologia de etanol de 2ª geração [12]. O CTC anunciou a construção de uma planta de demonstração de E2G a ser instalada na Usina de São Manoel da Coopersucar, na cidade de São Manoel, SP, e com capacidade de 3 milhões de litros, a partir de uma tecnologia desenvolvida pela própria empresa.

Em março de 2014, o BNDESPar anunciou o investimento de R\$ 300 milhões de reais no CTC, também no âmbito do PAISS, para o fortalecimento e a viabilização do ganho de escala dos projetos do CTC, tanto agrícola quanto industrial. Este aporte de recursos está atrelado ao comprometimento dos atuais acionistas da empresa em adquirir as tecnologias em desenvolvimento pelo Centro [13]. O plano de negócios da empresa prevê investimentos da ordem R\$ 1,2 bilhões de reais nos próximos cinco anos.

2.3 - BUTAMAX ADVANCED FUELS

A empresa Butamax é uma joint venture entre a gigante multinacional de petróleo British Petroleum (BP) e a empresa norte-americana Dupont. A tecnologia é própria com mais de 70 patentes, e além da produção própria existe a intenção também de licenciamento da tecnologia. A estratégia global da Butamax é produzir biobutanol a partir da cana-de-açúcar no Brasil, a partir do milho, nos EUA, e a partir do trigo na Europa. Entretanto, segundo dados da empresa a cana-de-açúcar é a matéria-prima mais eficiente do mundo. A tecnologia utiliza uma rota bioquímica que utiliza uma levedura geneticamente modificada, *Saccharomyces cerevisiae*, com alta seletividade à produção de biobutanol durante o processo de fermentação.

No Brasil, a Butamax instalou um Laboratório de Desenvolvimento em Paulínia, SP, em 2010 [14]. O objetivo é adaptar a tecnologia Butamax para a cana-de-açúcar com integração às usinas de E1G do país. Ainda não há acordo de produção em escala comercial no Brasil, mas segundos os executivos da empresa espera-se que até 2020, cerca de 7,5 bilhões de litros de biobutanol sejam exportados a partir do país.

2.4 - AMYRIS

A Amyris mantém desde 2008 um Centro de Pesquisa na cidade de Campinas, SP. O laboratório é certificado para a utilização de microrganismos geneticamente modificados. Desenvolve projetos relacionados à biologia sintética objetivando a manipulação genética de microrganismos para a produção de diversos produtos como fármacos, químicos e combustíveis renováveis. Testes com diferentes tipos de caldo de cana-de-açúcar são realizados em vários fermentadores de escala de bancada. Um total de 20 funcionários trabalham neste centro.

Em 2009, a empresa construiu a sua planta piloto, também em Campinas, SP, para o estudo do escalonamento da tecnologia Biofene®, que produz o diesel renovável baseado na molécula do Farneseno (ver Relatório Produto 1), Figura 4. Atualmente, a planta piloto atende diversos clientes interessados na tecnologia da Amyris, onde os testes são customizados levando em consideração a sazonalidade, fatores regionais, tipo de caldo de cana, etc. A planta piloto mantém ainda vários fermentadores de larga escala para a certificação dos diferentes produtos gerados em projetos de pesquisa próprios e/ou terceirizados. Cerca de 50 funcionários trabalham na unidade piloto [15].



Figura 4 - Planta piloto da Amyris para a produção de diesel renovável (Tecnologia Biofene®), em Campinas, SP

3. REDES DE PESQUISA

3.1 – PROETANOL 2G

Proetanol 2G é um projeto colaborativo entre a União Europeia e o Brasil que tem o objetivo de integrar efetivamente a biologia e a engenharia para a produção de bioetanol 2G, utilizando na Europa, a palha de trigo, e no Brasil, a palha e o bagaço de cana. Esta rede de pesquisa envolve laboratórios nacionais, universidades e empresas. Os parceiros brasileiros são a UFRJ e o INT, do Rio de Janeiro, a UFPE, de Recife, a UFMG, de Belo Horizonte, a UFSC, de Florianópolis e a FURB, de Blumenau. A coordenação do projeto pelo lado brasileiro é da Profa. Elba Bon da UFRJ.

As atividades de pesquisa estão concentradas nas seguintes áreas:

1. Pré-tratamento da matéria-prima;
2. Tecnologias de conversão a bioetanol 2G;
3. Destilação à baixa temperatura;
4. Tecnologias de conversão para a produção de bioeletricidade e biomateriais;
5. Integração total do processo e avaliação de sustentabilidade.

Pretende-se no âmbito do projeto uma efetiva combinação das operações de pré-tratamento, hidrólise enzimática e fermentação utilizando cepas adaptadas e robustas que demonstrem novas características fenóticas, sempre levando em consideração aspectos econômicos da produção do bioetanol 2G a partir de matéria-prima lignocelulósica. O financiamento desta rede, pela parte brasileira é do CNPq [16].

3.2 – RIDESA

A Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA) é uma rede de pesquisa que envolve 10 universidades brasileiras e tem por objetivo o melhoramento genético de cultivares de cana-de-açúcar. Com mais de 20 anos de história, a RIDESA mantém 31 estações experimentais em diferentes estados brasileiros onde o cultivo da cana-de-açúcar é expressivo economicamente. Neste período, cerca de 65 cultivares desenvolvidos pela RIDESA foram liberados para o plantio atingindo mais de 50% da área plantada de cana-de-açúcar no país.

O programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar da RIDESA mantém um banco de germoplasma, onde estão reunidos mais de 2.000 genótipos, entre cultivares utilizados no país, clones, espécies relacionadas ao gênero *Saccharum* e cultivares importadas de regiões produtoras de cana-de-açúcar no mundo. Este banco se localiza na Estação de Floração e Cruzamento da Serra do Ouro, sob a responsabilidade da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de

Murici, AL. Nesta estação, as sementes são produzidas a partir de cruzamentos estabelecidos pelas equipes de pesquisa das universidades participantes da RIDESA e enviadas para as mesmas para a produção de clones. Os melhores clones selecionadas por cada universidade são enviadas para as outras, em um trabalho constante de melhorias genéticas.

A rede RIDESA é composta de dez universidades federais do país: Paraná (UFPR), São Carlos (UFScar), Viçosa (UFV), Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Sergipe (UFS), Alagoas (UFAL), Rural de Pernambuco (UFRPE), Goiás (UFG), Mato Grosso (UFMT), Piauí (UFPI) [17].

3.3 – REDE DE BIOETANOL DE PERNAMBUCO

A Rede de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação na Produção de Bioetanol no Estado de Pernambuco é uma rede de pesquisadores dos laboratórios de biocombustíveis e nanotecnologia do CETENE e por grupos de pesquisa compostos por professores e pesquisadores de três universidades pernambucanas UFPE, UFRPE e UPE. Esta rede conta com o apoio do MCTI e do CNPq.

A Rede trabalha em parceria com programas existentes no país, empresas, instituições públicas e privadas como o Sindicato dos Produtores de Açúcar e Alcool de Pernambuco (Sindaçúcar). O objetivo da rede é integrar as atividades dos diferentes laboratórios de Pernambuco que estudam a produção do bioetanol 1G e 2G [18].

3.4 – INCT DO BIOETANOL

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) do Bioetanol reúne 31 laboratórios de universidades brasileiras, de 5 estados, focados no desenvolvimento das bases tecnológicas necessárias à produção da cana-de-açúcar e do bioetanol no Brasil. A coordenação do INCT do Bioetanol é do Prof. Marcos Silveira Buckeridge da Universidade de São Paulo (USP). As principais metas desta rede de pesquisa são as seguintes:

1. Melhorar a produtividade e a resistência aos fatores bióticos e abióticos da cana-de-açúcar;
2. Desenvolver as bases teóricas para se obter hidrolases e outras enzimas importantes na degradação de polissacarídeos de parede celular;
3. Caracterizar e produzir microrganismos com produtividade melhorada de enzimas com alto desempenho, tanto para digerir polissacarídeos de parede celular quanto para fermentar açúcares como oligossacarídeos e pentoses;
4. Transferir o conhecimento produzido através de ações afirmativas de comunicação como outros INCTs, comunidade científica, indústria e sociedade, com a formação de especialistas e divulgação em publicações científicas em revistas, jornais, livros e nas redes sociais;

5. Prover informações que permitam duplicar a produção de bioetanol no Brasil nos próximos 10 anos.

Para os cumprimentos das metas deste INCT, cinco centros de estudo foram criados de modo a trabalharem em sinergia e complementaridade. No que tange a produção de etanol celulósico ou 2G, os Centro de Prospecção de Fungos e Engenharia de Enzimas e o Centro de Caracterização de Enzimas e Engenharia de Processos desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de microrganismos utilizados nos processos de hidrólise e fermentação, mas também na geração de dados de processos que permitam a engenharia de escalonamento em direção a produção em escala industrial [19].

3.5 – PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIOQUEROSENE (PBB)

Uma iniciativa da União Brasileira de Biodiesel e Bioquerosene – Ubrabio, a Plataforma Brasileira de Bioquerosene foi lançada durante a Rio+20 em 2012, com o apoio da Boeing, das distribuidoras BR Aviation e AirBP, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e da empresa Curcas Diesel Ltda., especializada em projetos de energia renovável. A PBB foi formalmente estruturada em 2013 como uma plataforma aberta e colaborativa que traga os diferentes atores e *stakeholders* interessados em desenvolver uma cadeia de valor do BioQAV no Brasil [20]. O ponto de partida da plataforma é o “Roadmap Tecnológico para Biocombustíveis de Aviação Sustentáveis: Oportunidade para o Brasil”, estudo realizado e financiado pela empresas Boeing e Embraer e a FAPESP, que identificou os principais gargalos e ações necessárias para a introdução definitiva do BioQAV na indústria de aviação brasileira [21].

A PBB pretende ser uma plataforma multimatéria-prima e multi-processo integrando as principais iniciativas existentes em P&D de matéria-prima, e as seguintes tecnologias industriais presentes no país tais como:

1. Processo Total-Amyris, que produz BioQAV a partir da hidrogenação de hidrocarbonetos produzidos pela fermentação dos açúcares de cana. Este BioQAV possui certificação aprovada pela ASTM International;
2. Planta Solazyme-Bunge em Orindiúva, SP que produz hidrocarbonetos na faixa do diesel e querosene a partir da conversão de óleos vegetais pela rota bioquímica;
3. Tecnologia *Alcohol-to-Jet* da Byogy (Byogy ATJ) em parceria com a empresa Avianca que transforma etanol em BioQAV utilizando uma rota empregada na indústria petroquímica, Figura 5;
4. Projeto de Biorefinaria da Curcas Diesel Ltda. que utiliza a tecnologia de hidro processamento de ésteres e ácidos graxos de óleos vegetais (HEFA), a ser implantada em Guaratinguetá, SP.

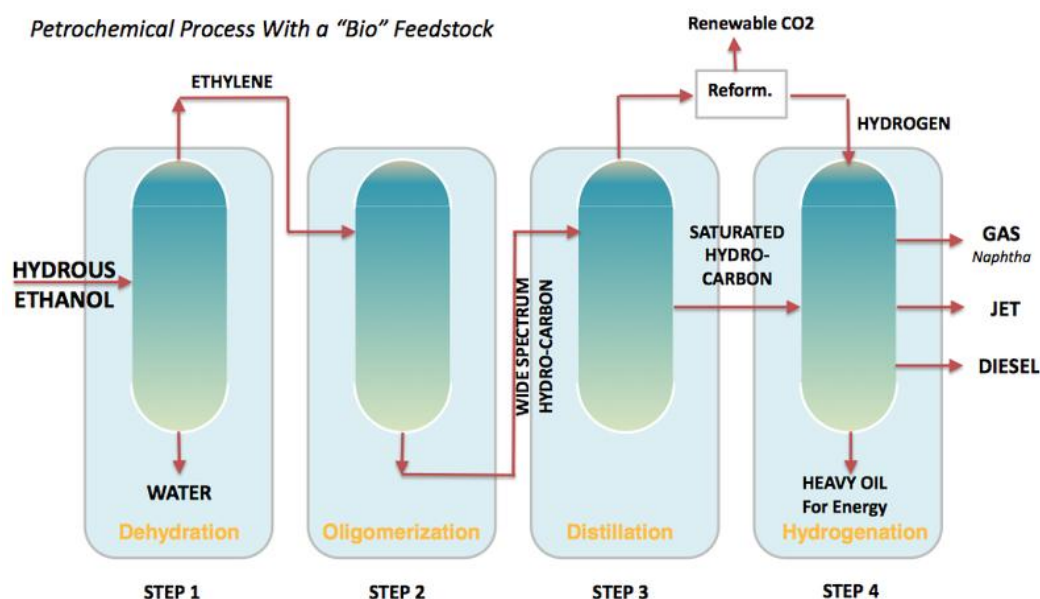


Figura 5 - Esquema do Processo ATJ da Byogy que produz combustíveis líquidos a partir do etanol. Fonte: Green Car Congress

3.6 – PLATAFORMA MINEIRA DE BIOQUEROSENE (PMB)

A Plataforma Mineira de Bioquerosene é uma iniciativa promovida pelo Governo do Estado de Minas Gerais de agregar em torno desta plataforma instituições de pesquisa, universidades, produtores de matérias-primas, fornecedores de tecnologia, empresas de logística, setores industriais, companhias aéreas e outros, de modo a construir uma cadeia de valor altamente integrada para a produção do bioquerosene de aviação (BioQAV) no Estado de Minas Gerais. A plataforma foi lançada no dia 5 de junho de 2014 como um voo inaugural, abastecido com blend de BioQAV produzido pela empresa norte-americana UOP, de Belo Horizonte a Brasília. Os diferentes *stakeholders* por segmento de atuação são os seguintes:

- Fabricantes de aviões e turbinas: Boeing, Embraer e General Electric;
- Companhias aéreas: Avianca, Gol, Azul e KLM;
- Produtores de matérias primas: Carmelina Company, Paradigma Óleos Vegetais Ltda. e Soleá Brasil Óleos Vegetais Ltda. e Companhia Mineira de Açúcar e Alcool (CMAA);
- Distribuidoras de Combustíveis: BR Aviation e Curcas Diesel Ltda.
- Empresas de tecnologia: Byogy, Solazyme, Amyris e Acrotech;
- Empresas de logística: Sky NRG;
- Universidades: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONES);
- Instituições de fomento: FAPEMIG e Fundação BE-Basic;

- Instituições privadas: Sistema FAEMG, Sistema FIEMG e Associação Brasileira de Empresas Aéreas (ABEAR);
- Instituições públicas: INFRAERO e Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG).

Os principais eixos norteadores para a atuação da plataforma de acordo com as principais iniciativas propostas são:

1. Planejamento Estratégico:

Visa a implantação de uma cadeia de valor integrada de BioQAV em Minas Gerais, multimatéria-prima e multiprocesso, de projetos de P&D até o uso comercial;

2. Desenvolvimento de matérias-primas com potencial bioenergético:

Estruturação da cadeia produtiva da Macaúba dentro do programa Pró-Macaúba do estado; realização de ensaios e plantações pilotos da Carmelina na região norte do estado; introdução do pinhão manso com matéria-prima alternativa na agricultura familiar e na matriz de produção de biocombustíveis; estruturar programas de coleta sistemática de óleos e gorduras residuais em Belo Horizonte e estender gradativamente para todo o estado;

3. Desenvolvimento e atração de tecnologias de refino:

Fomentar a implantação de biorefinarias piloto; criar condições de parcerias entre as empresas mineiras e empresas nacionais e estrangeiras.

4. Logística e Infraestrutura:

Utilização do Aeroporto de Confins como um hub de abastecimento de BioQAV; implantação do primeiro aeroporto verde da América do Sul.

5. Certificação:

Viabilizar o primeiro centro de referência em certificação de BioQAV no Brasil na UFMG.

6. Pesquisa e desenvolvimento:

Foco na produção de matérias-primas com potencial bioenergético com o objetivo de prover soluções economicamente viáveis à cadeia de valor do BioQAV [22].

4. UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

4.1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

LADEBIO – Escola de Química

O Laboratório de Desenvolvimento de Bioprocessos (LADEBIO) da Escola de Química da UFRJ trabalha no desenvolvimento de plataforma bioquímica para a produção de etanol de 2ª geração, polióis, enzimas (celulases e xilanases), ácidos orgânicos e valorização da lignina para a produção de energia. É liderado pelo Prof. Nei Pereira Jr. com equipe de mais de 30 profissionais entre pós-doutores, alunos de mestrado e doutorado, iniciação científica, técnicos de laboratório e administrativo. Tem uma estreita colaboração com o CENPES/Petrobrás fornecendo dados de processo e colaborando no escalonamento produtivo.

Site: www.ladebio.org.br

Laboratório de Tecnologia Enzimática (ENZITEC) – Instituto de Química

Este laboratório, sob a liderança da Profa. Elba Bon, atua nas áreas de microbiologia aplicada, biocatálise com ênfase na produção e uso de enzimas industriais e especiais no processamento de biomassa por rotas biotecnológicas. É um laboratório de referência no Brasil, contando com parcerias em projetos de pesquisa com o INT e a Fundação Oswaldo Cruz. Faz parte da Rede Proetanol 2G entre o Brasil e União Europeia e também realiza projetos de colaboração no Japão.

O Laboratório coordena vários projetos FINEP como o Escalonamento da produção de enzimas celulolíticas e acessórias e sua utilização na hidrólise da biomassa da cana e outras biomassas pré-tratadas. E o BIOETANOL 2G que visa o estudo, de forma integrada, de todas as etapas envolvidas na caracterização e no processamento da biomassa lignocelulósica [23].

Laboratório Bioetanol – Instituto de Química e COPPE

O Laboratório Bioetanol (LB) é uma iniciativa conjunta do Instituto de Química e da COPPE, que foi inaugurado em agosto de 2012 no campus da UFRJ. Com uma área total de 600 m², o LB conta com infraestrutura e equipamentos para atender, de forma especializada e integrada, em escala semi-piloto, estudos de processamento da biomassa por rota biotecnológica, atendendo ao novo conceito de biorrefinaria.

O Laboratório Bioetanol da UFRJ conta com a participação de uma grande rede de instituições e pesquisa brasileiras e japonesas. É financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e apoiado pela Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA). A coordenação geral do LB da UFRJ é também da Profa. Elba Bon [24].

4.2 – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CENBIO

O Centro Nacional de Referência em Biomassa (**CENBIO**), criado em 1996, é um grupo de pesquisa em bioenergia localizado na Universidade de São Paulo, no Instituto de Eletrotécnica e Energia. O centro foi instituído com a finalidade de promover o desenvolvimento das atividades de pesquisa e divulgação de informações científicas, tecnológicas e econômicas para viabilizar o uso da biomassa como fonte eficiente de energia no Brasil. As iniciativas do CENBIO são apoiadas pelo Ministério das Minas e Energias, e um dos papéis do centro é orientar a formulação de políticas energéticas do país.

Na área de biocombustíveis o CENBIO tem projetos nas áreas de biodiesel, biogás, cana-de-açúcar, etanol e processos de gaseificação. Possui 5 núcleos vinculados na Universidade de Pernambuco, na Unicamp, no INPA, na Universidade Federal de Viçosa e na Universidade Estadual de Santa Cruz (Ilhéus, BA). Vários parceiros representando os setores industriais privados participam dos projetos do CENBIO.

No que se refere a estudos de biocombustíveis de segunda geração, o centro coordena dois projetos com o bioetanol:

1. Produção de etanol via hidrólise enzimática da biomassa de cana-de-açúcar;
2. Etanol de 2ª geração.

Uma das melhores contribuições do CENBIO é a publicação do Atlas da Biomassa Brasileira (<http://cenbio.iee.usp.br/atlasbiomassa.htm>), onde estão disponíveis mapas e tabelas mostrando o potencial de bioenergia, como cana-de-açúcar, dendê e biogás, em todas as regiões do país. A coordenação geral do CENBIO é da pesquisadora Suani Teixeira Coelho [25].

4.3 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

NIPE

O Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE) da Unicamp, fundado em 1992, tem por objetivos realizar estudos e pesquisas, prestar serviços de consultoria e assessoria e capacitar profissionais nas áreas interdisciplinares de energia e planejamento energético. Desta forma, pretende influir na concepção e implementação de políticas energéticas que sejam um meio apropriado para o desenvolvimento sustentável do país.

Entre os diversos projetos de pesquisa mantidos pelo NIPE, o de maior destaque ao escopo deste relatório é o de Rotas para Biocombustíveis, coordenado pelo Prof. Luiz Augusto Barboza Cortez. Este projeto produziu o “Roadmap Tecnológico para Biocombustíveis de Aviação Sustentáveis – Oportunidade para o Brasil”. Este estudo atraiu investimentos dos principais atores na produção de BioQAV no país como a Amyris e Solazyme, e empresas ligadas ao setor aeronáutico como Embraer, Boeing, General Electric e outras.

O NIPE possui uma equipe de pesquisadores multidisciplinar buscando a eficiência e a integração energética de diversos processos de geração de energia sustentável. A coordenação atual do NIPE é da Profa. Telma Teixeira Franco da Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP [26].

Laboratório de Engenharia de Processos Fermentativos e Enzimáticos (LEPFE) e Laboratório de Otimização, Projeto e Controle Avançado (LOPCA)

Estes dois laboratórios da Faculdade de Engenharia Química da Unicamp, coordenados pela Profa. Aline Carvalho da Costa (LEPFE) e o Prof. Rubens Maciel Filho (LOPCA), tem trabalhado de maneira complementar no desenvolvimento de um processo integrado para a produção do bioetanol de 2ª geração. Levantamento de dados experimentais e simulações dos processos de pré-tratamento, hidrólise enzimática e fermentação são conduzidas de forma integrada visando a otimização das principais etapas de um processo de produção do etanol celulósico.

Recentemente, a partir de uma tese de doutorado, esta colaboração desenvolveu um processo de pré-tratamento inovador que empregou o peróxido de hidrogênio alcalino e o hidróxido de cálcio na produção de açúcares fermentáveis a partir do bagaço de cana. Este novo pré-tratamento permitiu o aumento da produtividade do biotetanol 2G para em torno de 240 a 250 litros de etanol por tonelada de biomassa [27]. Dados industriais mais promissores indicam rendimentos na faixa de 150 litros por tonelada. Este processo pretende utilizar as instalações pilotos do CTBE para testes em maior escala.

4.4 – ESALQ/USP

Laboratório de Bioquímica e Tecnologia de Leveduras

Este laboratório, sob a coordenação do Prof. Luiz Carlos Basso, desenvolve pesquisas na área de fermentações, em especial a alcoólica, aprimorando a eficiência do processo fermentativo, bem como os aspectos da nutrição e dos fatores estressantes às leveduras. As linhas de pesquisa envolve a avaliação de insumos na fermentação, avaliação de leveduras e seleção de leveduras para processos industriais.

Desde 2012, a ESALQ vem desenvolvendo em parceria com o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) pesquisa colaborativa com o objetivo de produzir uma ou mais leveduras especiais para utilização no processo de produção do etanol celulósico [28]. As leveduras desenvolvidas serão empregadas na planta de demonstração da CTC em Piracicaba, SP.

4.5 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Laboratório de Engenharia de Processos Enzimáticos (LabEnz)

É um laboratório especializado na imobilização e estabilização de enzimas, e processos de bioseparações. Estas enzimas imobilizadas são utilizadas em processos de produção de biodiesel e etanol celulósico. O laboratório é coordenada pela Profa. Raquel de Lima Camargo Giordano do Departamento de Engenharia Química.

Especificamente, o LabEnz estuda o processo contínuo de produção etanol de matéria-prima amilácea, com a simultânea sacarificação e fermentação do amido utilizando enzima e microrganismo co-imobilizados em gel de pectina. A otimização do biocatalisador, a estabilidade do reator de leito fixo e o estudo dos efeitos difusivos nesse processo são essenciais para o desenvolvimento de uma tecnologia robusta e contínua em substituição aos processos tradicionais em bateladas [29].

4.6 – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Laboratórios de Biologia Molecular

Os Laboratórios de Biologia Molecular do Instituto de Ciências Biológicas da UnB são referências no Brasil. Estudam e desenvolvem técnicas avançadas de manipulação genética para a síntese de biocatalisadores ótimos. Uma das linhas de pesquisa envolve a engenharia genética para a obtenção de microrganismos, plantas e produtos de interesse biotecnológico. Enzimas e novas linhagens de leveduras são desenvolvidas para a produção de biocombustíveis. Em parceria com a Embrapa Agroenergia, a UnB estuda uma linhagem recombinante de *Saccharomyces cerevisiae* e quatro espécies de leveduras naturalmente fermentadoras de xiloses. Recursos de bioinformática são empregados para testar o melhoramento genético antes dos testes experimentais de bancada, para a otimização de tempo e recursos [30].

4.7 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Laboratório de Taxonomia, Biodiversidade e Biotecnologia de Fungos

Este laboratório do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, sob a coordenação do Prof. Carlos Augusto Rosa, desenvolve projetos de pesquisa relacionados com a ecologia, taxonomia e utilização biotecnológica de leveduras e fungos filamentosos. A ênfase dos trabalhos de pesquisa são:

1. Caracterizar a biodiversidade de leveduras associadas a plantas, insetos, e ecossistemas aquáticos do Brasil e América do Sul;
2. Estudar a diversidade de leveduras e fungos filamentos no ecossistema Antártico;
3. Selecionar leveduras iniciadoras capazes de produzir bebidas tradicionais feitas por fermentação;

4. Selecionar leveduras da biodiversidade brasileira capazes de fermentar hidrolisados lignocelulósicos visando a produção de etanol de 2ª geração.

Em 2012, pesquisadores da UFMG isolaram, em Roraima, na floresta amazônica, seis espécies de leveduras fermentadoras de xilose, Figura 6. Cinco destes microrganismos não eram ainda conhecidos pela ciência. A xylose é o principal açúcar da hemicelulose, o que abre a oportunidade de utilização destas levedura no aumento da produtividade de etanol celulósico. Dentro da Rede Proetanol 2G, o laboratório é o responsável por modificar geneticamente estas leveduras para a produção alcoólica a partir da xilose do bagaço de cana [31].

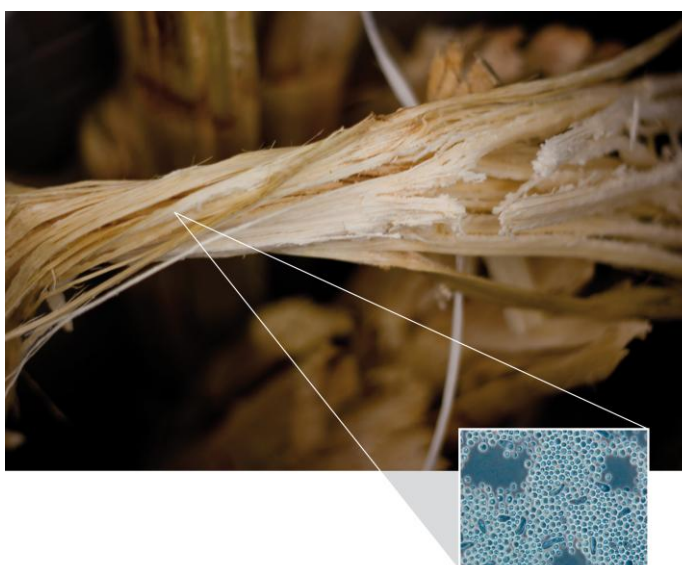


Figura 6 - Levedura *Spathaspora passalidarum* fermentadora de xilose, descoberta por pesquisadores da UFMG na floresta Amazônica.

4.8 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Laboratório de Celulose e Papel

Liderado pelo Prof. Jorge Luiz Colodette, este laboratório do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, desenvolve pesquisas de produção de bioetanol de 2ª geração a partir da matéria-prima e coprodutos gerados na indústria de papel e celulose e diferentes biomassas como capim elefante, eucaliptos, caule de bananeira, casca de coco verde, e também palha e bagaço de cana. O foco dos estudos está no desenvolvimento de processos de pré-tratamento mais eficientes e robustos, além de aprofundar os estudos de sacarificação e fermentação de híbridos clonais de eucaliptos [32].

4.9 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Laboratório de Processos Biotecnológicos

Liderado pela Profa. Ana Maria Souto-Maior, o Laboratório de Processos Biotecnológicos está localizado no Centro de Ciências Biológicas da UFPE. Nele se estuda a caracterização de leveduras para a aplicação na produção de etanol celulósico oriundo de biomassa residual de cana-de-açúcar no processo de fermentação. O laboratório faz parte da Rede Proetanol 2G de colaboração do Brasil e União Européia e da Rede de Bioetanol de Pernambuco [33].

4.10 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Laboratório de Biologia Molecular e Biotecnologia de Leveduras

Sob a coordenação do Prof. Boris Stambuck, o Laboratório de Biologia Molecular e Biotecnologia de Leveduras (LBMBL) da UFSC desenvolve estudos em microbiologia, bioquímica e biologia molecular de leveduras de interesse industrial e médico, com o objetivo de aperfeiçoar os processos de panificação, cervejaria, produção de bioetanol 1G e 2G e diagnóstico de patógenos emergentes. O grupo de pesquisa tem o foco no metabolismo de hexoses e pentoses, açúcares derivados de biomassa lignocelulósica. De modo específico, o laboratório atua no desenvolvimento de uma nova linhagem da levedura *Sacharomyces cerevisiae* que possam fermentar pentoses em etanol de maneira eficaz e economicamente viável. O LBMBL faz parte da Rede Proetanol 2G de colaboração Brasil e Europa [34].

5. CONCLUSÕES

Este relatório procurou descrever as iniciativas mais relevantes da comunidade científica brasileira em projetos de PD&I em biocombustíveis de 2ª geração. Distribuídos em 6 laboratórios estatais, 4 laboratórios privados, 6 redes de pesquisa estabelecidas e 14 grupos de pesquisa nas universidades brasileiras, esta amostragem é bastante representativa do que se faz no país. A multidisciplinaridade e a busca constante de colaboração em redes de pesquisa são fatores essenciais ao sucesso destas iniciativas. O conhecimento gerado tem sido disseminado e transferido para o setor industrial que ao menos neste setor tem trabalhado em sintonia com os pesquisadores brasileiros.

Como era de se esperar, devido ao caráter mais tecnológico e prático destas instituições, as iniciativas de maior escala com a implantação de plantas pilotos se deram em laboratórios nacionais, tantos públicos como privados. As redes de pesquisa tem a marca da multidisciplinaridade e da complementaridade, buscando agir em sinergia e agregar os diferentes *stakeholders* na criação e fortalecimento da cadeia de valor para a produção dos biocombustíveis de 2ª geração no país. As universidades brasileiras tem feito com excelência o seu papel de geração de conhecimento fundamental que permita a inovação, além da formação de profissionais qualificados para o mercado de trabalho. Todas as rotas tecnológicas possíveis estão sendo investigadas com estudos de viabilidade econômica e de integração energética. Na rota bioquímica, um esforço concentrado no melhoramento genético e descoberta de novos microrganismos e leveduras na biodiversidade brasileira tem mostrado resultados promissores para a produção nacional de enzimas e leveduras.

A Tabela 1 resume todas as iniciativas descritas neste relatório de forma sucinta, com destaque as principais contribuições de cada instituição, em acordo com a distribuição utilizada aqui dos diferentes atores da comunidade científica brasileira.

Tabela 1 – Atividades de PD&I da comunidade científica brasileiras para a produção de biocombustíveis de 2ª geração.

Instituição	Produto	Atividades PD&I	Tecnologia	Escala	Localização
LABORATORIOS ESTATAIS					
CTBE	Bioetanol 2G Biobutanol 2G	Produção e processamento de biomassa; biologia funcional, biotecnologia e biofísica; avaliação integrada de biorefinarias	Bioquímica	Unidades testes de bancada e plantas pilotos	Campinas, SP
INT	Bioetanol 2G	Tecnologia enzimática; pré-tratamento de biomassa lignocelulósica	Bioquímica	Unidades testes de bancada	Rio de Janeiro, RJ
Embrapa Agroenergia	Biodiesel Bioetanol 2G Bioproductos	Processos de desconstrução e conversão de biomassa; cultivo e seleção de microrganismos e leveduras; gaseificação e pirólise de biomassa.	Bioquímica Termoquímica Química	Unidades testes de bancada e plantas pilotos	Brasília, DF
CENPES/ Petrobrás	Bioetanol 2G Biodiesel 2G	Engenharia de escalonamento para bioetanol 2G; H-Bio e processos XTL para biodiesel 2G	Bioquímica Termoquímica	Unidades testes de bancada e plantas piloto	Rio de Janeiro, RJ
CETENE	Biodiesel 1G Bioetanol 2G	Estudo de oleaginosas e valorização de coprodutos do biodiesel; otimização de processos de pré-tratamento de biomassa; ensaios fermentativos; produção, purificação e caracterização de enzimas; clonagem e expressão de genes; testes em bioreator	Química Bioquímica	Usina experimental de biodiesel	Recife, PE Caetés, PE
IPT	Biodiesel	Desenvolvimento da tecnologia de gaseificação de biomassa residual de cana; pirólise de bagaço de cana	Termoquímica	Unidade piloto de gaseificação em construção	São Paulo, SP Piracicaba, SP
LABORATORIOS PRIVADOS					
GRANBIO	Bioetanol 2G	Melhoramento genético de microrganismos; processamento de biomassa; hidrólise enzimática e fermentação; novos cultivares de cana-de-açúcar	Bioquímica	Unidades testes de bancada	Campinas, SP
CTC	Bioetanol 2G	Desenvolvimento próprio de tecnologia para produção do etanol celulósico; melhoramento genético de cultivares de cana-de-açúcar;	Bioquímica	Unidades testes de bancada e planta de demonstração	Piracicaba, SP
Butamax	Biobutanol 2G	Adaptar a tecnologia Butamax desenvolvida nos EUA para a cana-de-açúcar; integração energética	Bioquímica	Unidades testes de bancada	Paulínia, SP
Amyris	Biodiesel 2G	Manipulação genética de microrganismos; engenharia de escalonamento; testes customizados a diversos clientes; certificação de produtos	Bioquímica	Fermentadores de bancada e plantas piloto	Campinas, SP
REDES DE PESQUISA					
PROETANOL 2G	Bioetanol 2G	Pré-tratamento de biomassa; tecnologias de conversão; destilação; bioeletricidade e biomateriais; integração energética e sustentabilidade	Bioquímica	Bancada e piloto industrial	Brasil e Europa
RIDESA	Cana-de-açúcar	Melhoramento genético da cana-de-açúcar; produção de sementes;	Bioquímica	Estações	Diferentes estados do

		clonagem		experimentais	Brasil
Rede de Bioetanol de Pernambuco	Bioetanol 2G	Integração das atividades de PD&I de diferentes grupos de pesquisa e laboratórios de Pernambuco	Bioquímica	Unidades testes de bancada	Recife, PE
INCT do Bioetanol	Cana-de-açúcar Bioetanol 2G	Melhorar a produtividade e resistência da cana-de-açúcar; caracterização e produção de microrganismos; hidrólise enzimática; fermentação; dados de processo que permitam escalonamento	Bioquímica	Unidades testes de bancada	5 estados do Brasil
PBB	BioQAV	Integração da atividades de P&D; formação de uma cadeia de valor do bioquerosene; acelerar a produção industrial e o uso na indústria aeronáutica	Bioquímica Petroquímica Termoquímica	Plantas pilotos e unidades industriais	São Paulo, SP
PMB	BioQAV	Integração da atividades de P&D em Minas Gerais; formação de uma cadeia de valor do BioQAV; acelerar a produção industrial e o uso na indústria aeronáutica	Bioquímica Termoquímica	N/A	Belo Horizonte, MG
UNIVERSIDADES BRASILEIRAS					
UFRJ	Bioetanol 2G	Bioprocessos; produção e uso de enzimas industriais; processamento de biomassa; escalonamento para a produção de enzimas	Bioquímica	Bancada e semi-piloto	Rio de Janeiro, RJ
USP	Biodiesel Biogás Bioetanol	Promover e divulgar informações científicas, tecnológicas e econômicas do uso de biomassa como fonte de energia; orientar políticas energéticas	Bioquímica Termoquímica	Bancada	São Paulo, SP
Unicamp	BioQAV Bioetanol 2G	Roadmap tecnológico para a produção do BioQAV; eficiência e integração energética; pré-tratamento de biomassa; hidrólise enzimática e fermentação	Bioquímica	Bancada	Campinas, SP
ESALQ	Bioetanol 2G	Fermentação; avaliação e seleção de leveduras para processos industriais	Bioquímica	Bancada	Piracicaba, SP
UFSCar	Bioetanol 2G	Imobilização e estabilização de enzimas; bioseparações; produção contínua de bioetanol 2G de amiláceos	Bioquímica	Bancada	São Carlos, SP
UnB	Biocatalisadores	Engenharia genética; manipulação genética; produção de novas linhagens de enzimas e leveduras	Bioquímica	Bancada	Brasília, DF
UFMG	Bioetanol 2G	Manipulação genética de leveduras da biodiversidade brasileira para a fermentação da xilose do bagaço de cana	Bioquímica	Bancada	Belo Horizonte, MG
UFV	Bioetanol 2G	Produção de etanol celulósico de híbridos clonais de eucaliptos; pré-tratamento; sacarificação e fermentação	Bioquímica	Bancada	Viçosa, MG
UFPE	Bioetanol 2G	Caracterização de leveduras; uso de leveduras para produção de etanol celulósico	Bioquímica	Bancada	Recife, PE
UFSC	Leveduras	Metabolismo de hexoses e pentoses; fermentação de pentoses	Bioquímica	Bancada	Florianópolis, SC

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CTBE Portal – ctbe.cnpem.br
2. INT Portal – int.gov.br
3. INT Portal - Laboratório de Biocatálise – int.gov.br
4. Portal Embrapa Agroenergia - <https://www.embrapa.br/agroenergia>
5. Portal Brasilagro, “Petrobrás estuda etanol de segunda geração feito de resíduos de palma”, 16 de novembro de 2014
6. CETENE – cetene.gov.br
7. Portal IPT – www.ipt.br
8. Portal Terra, “IPT constrói planta piloto de gaseificação de biomassa”, 17 de outubro de 2012
9. “BTG Bioliquids and IPT sign Memorandum of Understanding”, BTG Press Release
10. Portal Granbio – Centro de Pesquisas:
<http://www.granbio.com.br/conteudos/centro-de-pesquisas/>
11. Rossetto, R., “A Bionergia, a Cana Energia e outras Culturas Energéticas”, Pesquisa & Tecnologia **2012**, 9(1), 1.
12. Portal CTC, “Etanol 2G” - <http://www.ctcanaveira.com.br/etanol2g.html>
13. Portal BNDES, “BNDESPar aporta até R\$ 300 milhões no Centro de Tecnologia Canaveira para estimular inovação”, 26 de março de 2014
14. “Butamax Advanced Biofuels inaugura laboratório em Paulínia/SP”, Portal Agrolink, 10 de novembro de 2010
15. Ciero, L.D., “Biocombustíveis baseados em hidrocarbonetos via fermentação”, Amyris
16. Portal Proetanol 2G – proethanol2G.org
17. Portal Ridesa - ridesa.agro.ufg.br
18. Rede de Bioetanol de Pernambuco -
<https://www.cetene.gov.br/bioetanol/#topo>
19. INCT do Bioetanol - <http://www.inctdobioetanol.com.br>
20. “Ubrabio lança Plataforma Brasileira de Bioquerosene na Rio+20, *Press Release* Ubrabio – 20 de junho de 2012
21. “The Brazilian Biojetfuel Program”, *Press Release* Curcas – cdieselbr.com.br
22. “Plataforma Mineira de Bioquerosene”, *Press Release*, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Governo de Minas Gerais, 17 de junho de 2014.
23. Currículo Lattes Profa. Elba Bon - lattes.cnpq.br/4489641178548782
24. “Instituto de Química e COPPE inauguram Laboratório Bioetanol da UFRJ”, Planeta COPPE, 19 de agosto de 2013
25. Portal CENBIO - <http://cenbio.iee.usp.br>
26. Portal NIPE - nipe.unicamp.br

27. “Vem aí a segunda geração de etanol”, Jornal da Unicamp, 2012
28. “CTC e ESALQ lançam projeto voltado para o processo de etanol de segunda geração”, *Press Release*, Universidade de São Paulo, 4 de outubro de 2013
29. Laboratório de Engenharia de Processos Enzimáticos - <http://labenz.deq.ufscar.br/>
30. “Programa de Pós-Graduação em Biologia Molecular”, UnB - <http://www.pgbiomol.com.br>
31. “Equipe de pesquisadores identifica na Amazônia leveduras com potencial para sintetizar etanol”, *Press Release*, UFMG, 3 de setembro de 2012
32. UFV, Portal do Sistema de Pesquisa e Pós-Graduação - <https://www2.dti.ufv.br/sisppg/scripts/projetos/consultarProjeto.php>
33. “Grupos de Pesquisa da UFPE”, Portal UFPE - https://www.ufpe.br/ppgeq/index.php?option=com_content&view=article&id=310&Itemid=241
34. Laboratório de Biologia Molecular e Biotecnologia de Leveduras da UFSC - <https://sites.google.com/site/lbmlufsc/principal/bs>

Autor:

Robson de Souza Monteiro, Ph.D.
Catalysis Consultoria Ltda.
Rio de Janeiro, RJ 22793-081



União Europeia



DIÁLOGOS SETORIAIS
UNIÃO EUROPEIA
BRASIL

Ministério do
Planejamento

