

A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada

Diego Nyko, Jorge Luiz Faria Garcia, Artur Yabe Milanez e Fabricio Brollo Dunham

<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada

Diego Nyko
Jorge Luiz Faria Garcia
Artur Yabe Milanez
Fabricio Brollo Dunham*

Resumo

Os biocombustíveis vêm ganhando cada vez mais importância entre as alternativas aos combustíveis fósseis, porém, ainda são pouco representativos. A sua produção em larga escala, contudo, depende fundamentalmente de avanços na produtividade, de forma a mitigar eventuais efeitos negativos, como uma maior pressão sobre a cobertura florestal nativa ou sobre o preço de *commodities* agrícolas. Em vista disso, está em curso uma corrida tecnológica internacional para o desenvolvimento de biocombustíveis de

* Respectivamente, economista, engenheiro, gerente do Departamento de Biocombustíveis da Área Industrial do BNDES e engenheiro químico e secretário técnico da Finep. Os autores agradecem as sugestões e os comentários de Filipe Lage de Sousa, economista do BNDES, Patrícia Zendron, assessora da Área Industrial do BNDES, Luiz Augusto Horta Nogueira, professor titular da Unifei, e Jaime Fingerut, gerente de desenvolvimento estratégico industrial do CTC. Os autores agradecem ainda aos entrevistados pelos valiosos *insights* sobre o tema.

segunda geração, cujos principais programas de suporte são os executados por Estados Unidos (EUA) e União Europeia (UE).

Este artigo avalia, à luz do diagnóstico das ações de EUA e UE, a atual situação do esforço realizado pelo Brasil na competição pelo desenvolvimento dessas novas tecnologias e, a partir dessa análise, identifica fraquezas e propõe alternativas para que o país alcance, nas tecnologias de segunda geração, o mesmo protagonismo tecnológico já desempenhado na produção de biocombustíveis convencionais.

Introdução

As preocupações ambientais acirraram-se nos últimos anos. O aquecimento global e as mudanças climáticas ganharam relevo internacional, entrando de vez na agenda do desenvolvimento. Apontadas como as grandes responsáveis por essa nova configuração, as emissões de gases de efeito estufa (GEE) têm sido alvo das políticas ambientais de diversos países. Como forma de reduzir essas emissões, governos de todo o mundo têm estimulado a expansão da produção e do consumo de energia a partir de fontes renováveis.¹

Quando o assunto é biocombustíveis, o Brasil se destaca como protagonista. São mais de 35 anos de pesquisa e desenvolvimento de diversas tecnologias envolvidas na produção e no uso do etanol de cana-de-açúcar, aqui denominado biocombustível de primeira geração.² Hoje, o país tem os menores custos de produção, é o maior exportador e o segundo maior produtor mundial desse biocombustível.

Apesar de todas essas vantagens, muitas críticas são feitas não apenas à produção do etanol brasileiro, mas também aos outros biocombustíveis de primeira geração produzidos no mundo. Para alguns, a atual produção de biocombustíveis tem gerado pressão tanto sobre o preço dos alimentos como sobre a cobertura florestal nativa. Embora tais críticas não se apliquem à produção de etanol baseada na cana-de-açúcar, ainda assim a sustentabilidade da produção de etanol do Brasil poderia ser incrementada.

¹ Além dos biocombustíveis, tema central deste artigo, podem-se citar as recentes iniciativas pelo mundo que visam à introdução e disseminação dos veículos elétricos no setor de transportes. Para mais informações, ver Ferreira e Castro (2010) nesta edição do *BNDES Setorial*.

² São considerados biocombustíveis de primeira geração (ou convencionais) aqueles produzidos de fontes agrícolas primárias, como o biodiesel de oleaginosas e o etanol de milho ou cana-de-açúcar.

Como será argumentado adiante, uma resposta possível a esses questionamentos é o etanol de material lignocelulósico,³ também conhecido como etanol de segunda geração.⁴

A produção de etanol lignocelulósico ainda não é economicamente viável. A busca pela competitividade desse produto demanda muitos esforços de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). Nessa busca, o Brasil apresenta vantagens importantes, como a biomassa da cana-de-açúcar. No entanto, outros países também empreendem esforços para viabilizar a produção do etanol de segunda geração, o que pode colocar em xeque a liderança tecnológica brasileira conquistada na produção de etanol de primeira geração.

Essa constatação fica evidente quando é observado o montante de recursos que outros países têm disponibilizado para PD&I de biocombustíveis de segunda geração. De fato, as iniciativas para tornar o etanol celulósico economicamente viável surgem com grande rapidez em boa parte do mundo, graças à imprescindível participação do setor público, por meio da criação do ambiente institucional ou do apoio financeiro.

É nesse contexto que se insere o presente artigo. O objetivo aqui é mapear, ainda que não exaustivamente, as principais iniciativas do governo brasileiro no que diz respeito a PD&I de biocombustíveis de segunda geração. Pretende-se ainda fazer um diagnóstico comparado do arranjo institucional da inovação no Brasil, nos EUA e na UE. Tendo isso em mão, serão apontadas alternativas para um novo modelo de atuação do BNDES e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) no fomento às iniciativas de PD&I de biocombustíveis de segunda geração.

Na primeira seção, são discutidos detalhadamente os principais determinantes da busca por novas rotas de conversão de biocombustíveis. Em seguida, são descritos os principais esforços em andamento no mundo, com detalhamento do apoio a PD&I nos EUA, União Europeia e Brasil. Com base nisso, a terceira seção se preocupa em avaliar a posição relativa do Brasil nesse contexto de corrida tecnológica internacional e, a partir

³ Os materiais lignocelulósicos têm em sua composição basicamente celulose, hemicelulose e lignina, na proporção aproximada de 40% a 50%, 20% a 30% e 25% a 30% respectivamente, com variações em função do tipo de material. Esses compostos formam uma estrutura complexa e compacta, cujas características também dependerão do tipo de material a ser processado.

⁴ Para fins deste artigo, consideram-se biocombustíveis de segunda geração apenas aqueles oriundos de materiais lignocelulósicos.

dele, propõe alternativas para melhorar o desempenho brasileiro. A última seção apresenta as principais conclusões.

O porquê dos biocombustíveis de segunda geração

As alterações climáticas atribuídas ao aquecimento global decorrente da queima dos combustíveis fósseis, associadas à insegurança energética refletida pelas dificuldades crescentes na produção do petróleo, têm motivado uma corrida sem precedentes pela produção de energia a partir de fontes renováveis.

Além disso, há certa preocupação em torno dos impactos sociais da produção em larga escala de biocombustíveis. Para alguns críticos, em face do esgotamento da produtividade das rotas de conversão tradicionais, o aumento da oferta de biocombustíveis passaria, necessariamente, pela ampliação da utilização de terras, o que implicaria maior pressão sobre coberturas florestais nativas e inflação no preço de alimentos.

Nesse contexto, os biocombustíveis de segunda geração têm se apresentado como uma solução capaz de mitigar esses efeitos indesejáveis. A seguir, serão expostos alguns dos argumentos que justificam esse *status*.

O esgotamento da rota atual

Ainda que a produção de etanol de primeira geração, sobretudo no Brasil, tenha obtido avanços crescentes na produtividade agrícola e industrial, a atual tecnologia industrial de produção do etanol data dos anos 1980 e está próxima de seus limites teóricos.

Como se depreende da Tabela 1, é nítido o esgotamento da eficiência da rota tecnológica industrial atualmente empregada no setor sucroenergético

Tabela 1 | Expectativas de ganhos de eficiência industrial nos atuais processos de produção de etanol (em %)

Situação	Perdas na lavagem da cana	Eficiência de extração	Perdas no tratamento de caldo	Rendimento da fermentação	Perdas na destilação e no vinhoto	Produtividade (l/ha)
Atual	0,4	96,5	0,8	91	0,5	6.900
2010-15	0,3	97	0,5	91,5	0,3	7.020
2015-20	0,3	98	0,4	92	0,2	7.160

Fonte: CGEE (2007).

brasileiro, líder mundial em produtividade. Mesmo que consiga avançar, o aumento de produtividade está limitado a, no máximo, 4%, enquanto as estimativas de ganho de produtividade das novas rotas de conversão são de, no mínimo, 50% [Nogueira (2008)].

Impacto ambiental e na produção de alimentos

Para as próximas décadas, espera-se um aumento na demanda por alimentos – considerando os aspectos demográficos e de renda – e também por biocombustíveis – considerando motivos apontados na introdução do presente artigo.

Desse modo, a perspectiva do emprego em larga escala dos biocombustíveis líquidos é revestida de um potencial complicador: a produção de alimentos requer cada vez mais a utilização de extensas áreas agricultáveis com condições edafoclimáticas⁵ favoráveis, o que também é imperioso para a produção dos biocombustíveis de primeira geração.

Além disso, a ampliação do uso de terras para fins energéticos também tem despertado críticas ambientais. Argumenta-se que a produção de biomassa agrícola para a conversão em biocombustíveis, além de concorrer diretamente com a produção de alimentos, também gera efeitos indiretos, como o deslocamento de outras culturas agrícolas para regiões de alto valor ambiental.

Hoje, essa situação não ocorre no Brasil. No que concerne à produção de alimentos, a expansão da cana-de-açúcar e a conseqüente valorização da terra têm exigido maior rentabilidade das áreas agrícolas e, com isso, a necessidade de incorporação de melhores técnicas e o correspondente aumento da produtividade agrícola. Tal movimento já é percebido no estado de São Paulo, onde a lavoura de cana se expandiu sem que houvesse impactos significativos sobre a produção de alimentos [Chagas Tonetto e Azzoni (2009)].⁶

Com relação ao impacto ambiental, é importante destacar que foi lançado em 17 de setembro de 2009, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Zoneamento Agroecológico da Cana, com o objetivo de delimitar as áreas em que será estimulado e, principalmente,

⁵ De clima e de solo.

⁶ Sobre esse tema, ver ainda FEA-USP (2009) e Olivette, Nachiluk & Francisco (2010).

desincentivado o plantio da cana-de-açúcar. Além de critérios de aptidão de clima e de solo, foram excluídos do zoneamento os biomas da Amazônia e do Pantanal, além da Bacia do Alto Paraguai. Com esse regulamento, não é mais possível obter licenças ambientais para instalação ou ampliação de usinas, tampouco financiamento de fontes oficiais de crédito, nas áreas consideradas inaptas.

De toda forma, para que a produção de biocombustíveis não concorra, ainda que no longo prazo, com a produção de alimentos, nem provoque a utilização de áreas com cobertura florestal nativa, faz-se necessário que a produtividade alcançada na produção de biocombustíveis seja elevada. A mudança do atual paradigma tecnológico para os biocombustíveis de segunda geração é, portanto, uma contundente resposta a essas críticas.

Segurança energética

Além das questões relacionadas aos aspectos ambientais e aos potenciais conflitos entre a produção de biocombustíveis e de alimentos, outro importante motivador para o desenvolvimento de novas rotas de conversão de biocombustíveis diz respeito à segurança energética.

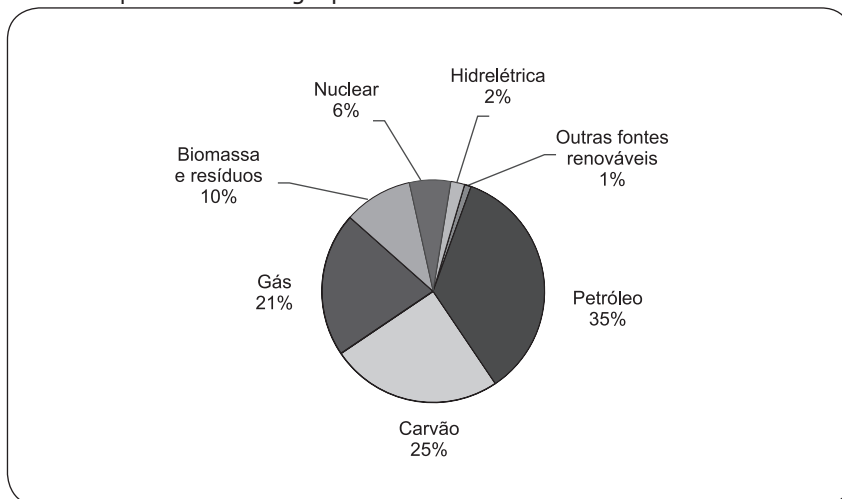
Segundo IEA (2007), a demanda total de energia primária no mundo alcança o montante de cerca de 11,4 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (MTEP) por ano. A biomassa, incluindo produtos agrícolas, florestais e resíduos orgânicos, alcança 10% desse total. Os combustíveis fósseis, incluindo petróleo e carvão mineral, são a fonte mais importante, respondendo por cerca de 80% do total da energia primária (Gráfico 1).

Nos últimos anos, o consumo dos biocombustíveis líquidos tem apresentado um rápido crescimento, apesar da pequena participação relativa de cerca de 3% do total utilizado no transporte rodoviário mundial.

Apesar disso, ainda de acordo com a IEA (2007), a contribuição dos biocombustíveis líquidos como fonte de energia empregada no transporte mundial continuará limitada. Logo, a demanda mundial de energia primária é – e ainda será – predominantemente dominada por combustíveis derivados do petróleo.

Com relação a esse aspecto, cabe salientar que diversos analistas preveem que, por ser um recurso natural finito e pelo rápido aumento de seu

Gráfico 1 | Fontes de energia primária no mundo



Fonte: Elaboração própria, com base em IEA (2007).

consumo ao longo das últimas décadas, seu nível de produção estaria em vias de se estabilizar ou até mesmo decair [Rosa (2007)]. Além disso, a produção atual do petróleo concentra-se em regiões politicamente instáveis, conferindo elevada vulnerabilidade ao fornecimento do produto em relação a volumes e, sobretudo, preços.

Assim, para que a matriz energética mundial dependa menos de um recurso finito, é necessária a utilização de combustíveis produzidos a partir de fontes renováveis. Entretanto, como já visto, determinados biocombustíveis de primeira geração sofrem críticas quanto à sua produção em larga escala, o que poderia limitar sua utilização como alternativa energética relevante.⁷

Por apresentar menor impacto ambiental e social, os biocombustíveis de segunda geração tendem a se constituir numa alternativa mais sustentável. Por isso, são boas suas chances de substituir, mais significativamente, os combustíveis derivados do petróleo e, assim, conferir maior segurança energética aos países que deles fizerem uso.

⁷ Novamente, é importante citar os veículos elétricos, que surgem como alternativa de longo prazo mais sustentável do que os veículos de motores à explosão, seja do ponto de vista da eficiência energética ou das emissões de GEE. Ver Ferreira & Castro (2010) nesta edição do *BNDES Setorial*.

Programas de apoio ao desenvolvimento de biocombustíveis de segunda geração: os casos de EUA, UE e Brasil

Um caso paradigmático: o apoio dos EUA ao etanol celulósico⁸

Como afirmado anteriormente, os biocombustíveis têm sido considerados a alternativa mais promissora de substituição de combustíveis fósseis, especialmente no curto e médio prazos. Partilhando dessa crença, o governo dos EUA tem elaborado diversos programas e planos de ação que priorizam e estimulam a pesquisa, o desenvolvimento e a adoção crescente dos biocombustíveis pelo país, em especial, o etanol, tanto de primeira quanto de segunda geração.

É importante sublinhar que os esforços de pesquisa e desenvolvimento em bioenergia são anteriores à década de 1970. Contudo, a intensificação e a sistematização do apoio só vieram no início do novo milênio. Desde 2000, o governo dos EUA criou leis e políticas de suporte a biocombustíveis, com evidentes sinergias entre ambas. Nisso, foi-se construindo boa parte do atual sistema nacional de inovação em biomassa, no qual os biocombustíveis (entre os quais, o etanol) ocupam lugar de destaque. Dentre essas leis e políticas, sobressaem as seguintes.⁹

*Biomass R&D Act (2000)*¹⁰

A preocupação com a coordenação dos esforços federais em PD&I em biomassa é a característica marcante dessa lei. Reconhecendo abertamente os potenciais benefícios da conversão da biomassa em outros produtos, como biocombustíveis e especialidades químicas, a lei determina, por meio da Biomass R&D Initiative,¹¹ que o Secretário de Agricultura e o Secretário de Energia coordenem suas ações de modo cooperativo, especialmente em relação a políticas e procedimentos que promovam PD&I de biocombustíveis e produtos a partir de biomassa.

⁸ Esse tópico foi baseado em dados do documento *Biomass Multi-Year Program Plan (MYPP)*, de março de 2010. Esse documento, de autoria do Departamento de Energia [DOE (2010)] dos EUA, está disponível em <<http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/mypp.pdf>>. Acesso em: 9.7.2010. Foram também utilizadas fontes primárias de informação, como os documentos originais das leis aqui citadas.

⁹ As leis aqui apresentadas normalmente versam sobre muitos temas, incluindo o apoio à produção de biocombustíveis de primeira geração. Aqui, pretende-se dar destaque ao conteúdo específico sobre biomassa para biocombustíveis de segunda geração. Os demais conteúdos são abordados apenas quando oportunos.

¹⁰ Disponível em: <http://www.brdisolutions.com/about/bio_act.asp>. Acesso em: 9.7.2010.

¹¹ Seção 307.

Entre outras, a intenção dessa iniciativa era viabilizar mais rapidamente as tecnologias e os processos necessários para a produção abundante de biocombustíveis e de outros produtos a partir de biomassa. Nesse sentido, a lei ainda determinou a criação do Biomass R&D Board¹² e do R&D Technical Advisory Committee.¹³ O primeiro tem como objetivo coordenar os programas em e entre departamentos e agências do governo federal, buscando evitar, assim, a redundância de esforços e recursos. Já o segundo, composto por representantes da sociedade (indústria, academia, organizações de classe etc.), procura identificar a existência de duplicidade nos esforços da própria indústria, além de assegurar que os fundos mobilizados sejam utilizados da forma como foram autorizados.

Por fim, para a consecução dos projetos de PD&I em biomassa, o documento disponibilizou um orçamento de US\$ 5 milhões em 2002 e de US\$ 14 milhões por ano entre 2003 e 2007. Foram autorizados ainda sob a forma de dotações (*appropriations*)¹⁴ de US\$ 200 milhões por ano entre 2006 e 2015.

*Farm Security and Rural Investment Act – Farm Bill (2002)*¹⁵

A Farm Bill (2002) tem escopo abrangente. Seu principal objetivo é dar sustentação e força à economia de base agrícola dos EUA. Desse modo, seus capítulos tratam sempre de temas relacionados direta ou indiretamente à agroindústria estadunidense.

Em seu capítulo que versa especificamente sobre energia (Title IX), a lei procura fortalecer todas as cadeias produtivas relacionadas à biomassa, de modo a garantir sua disponibilidade para as biorrefinarias.¹⁶

¹² Seção 305.

¹³ Seção 306.

¹⁴ Segundo definição do Ministério da Agricultura dos EUA, “an appropriations act of Congress permits USDA or other federal agencies to incur financial obligations to be drawn from the Federal Treasury. Appropriations do not represent cash actually set aside in the Treasury for the purposes specified in the appropriations act; they represent limitations of amounts that agencies may obligate for the purposes and during the time periods specified in the appropriations act. Appropriations may be annual (one year in duration), multiple-year (a definite period in excess of one fiscal year), or no-year (available indefinitely). Appropriations are definite (for a specific amount of money) or indefinite (for an unspecified amount of money), and either current (for the immediate fiscal year in question) or permanent (always available)”. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/Briefing/FarmPolicy/glossary.htm#Appropriations>>. Acesso em: 9.7.2010.

¹⁵ Disponível em: <<http://www.usda.gov/farmbill2002/>>. Acesso em: 9.7.2010.

¹⁶ Bastos (2007) define biorrefinaria da seguinte forma: “Em síntese, biorrefinaria é um termo relativamente novo que se refere ao uso de matérias-primas renováveis e de seus resíduos, de maneira integral e diversificada, para a produção, por rota química ou biotecnológica, de uma variedade de substâncias e energia, com a mínima geração de resíduos e emissões de gases poluidores” (p. 31).

Com base no orçamento autorizado pelo Biomass R&D Act, a Farm Bill reafirma e amplia o apoio financeiro às atividades de PD&I que impliquem o uso da biomassa. São considerados prioritários os projetos que envolvam plantas de demonstração, imprescindíveis para o escalonamento e a validação das tecnologias desenvolvidas. Essa ênfase reforça os objetivos traçados no Biomass R&D Act, já que tem a intenção de conferir rápida competitividade aos biocombustíveis e outros produtos oriundos de biomassa, sempre na confrontação com os derivados de petróleo.

*Energy Policy Act (2005)*¹⁷

Por possuir uma abrangente e profunda agenda, essa lei é considerada por muitos especialistas um marco na política energética dos EUA. Trata de diferentes fontes de energia e estabelece políticas que contemplam suas muitas dimensões.

A situação não é diferente com a bioenergia, incluindo aí os biocombustíveis.¹⁸ Por meio de incentivos fiscais, recursos não reembolsáveis, crédito, garantias etc., a lei procura estimular a sua produção, contemplando desde a pesquisa e a produção de biomassa até a construção de plantas de demonstração e de escala industrial.

No que tange essencialmente aos biocombustíveis celulósicos, a lei estabeleceu a ambiciosa meta de produção de um bilhão de galões desses combustíveis para 2015.¹⁹ Para isso, a lei autoriza que incentivos, na forma de pagamentos por galão produzido, sejam concedidos à produção dos biocombustíveis celulósicos.²⁰ O orçamento autorizado para esses incentivos foi de US\$ 250 milhões.

Do lado do consumo, foi criado o Renewable Fuel Standard (RFS1), cuja meta mais geral foi estabelecida em 4 bilhões de galões de combustíveis renováveis misturados à gasolina em 2006, evoluindo para 7,5 bilhões de galões em 2012 (dos quais pelo menos 250 milhões seriam de etanol celulósico).

¹⁷ Disponível em: <http://www.epa.gov/oust/fedlaws/publ_109-058.pdf>. Acesso em: 9.7.2010.

¹⁸ Seção 932.

¹⁹ Seção 942. Para valores atualizados de 2010, ver nota 21.

²⁰ Apenas na Farm Bill de 2008 ficou estipulado que o incentivo tributário à produção de biocombustíveis celulósicos seria de US\$ 1,01 por galão produzido até 31 de dezembro de 2012. Essa nova versão da lei de 2002 reforçou o apoio aos biocombustíveis. Contudo, no tocante a esse ponto, não houve outras modificações significativas, apenas revisão de orçamento, prazos e outras condições de apoio. Por isso, optou-se aqui por detalhar somente a Farm Bill de 2002, considerada mais emblemática do ponto de vista de seu ineditismo.

Ainda são contempladas no programa as biorrefinarias. A lógica é a mesma da Farm Bill, ou seja, conceder apoio financeiro com o objetivo de reduzir os riscos associados e atrair a participação da iniciativa privada. Para tanto, a lei ainda estabeleceu que o valor total do apoio para o programa de bioenergia fosse de US\$ 213 milhões em 2007; US\$ 251 milhões em 2008; e US\$ 274 milhões em 2009. Desses valores, deveriam ser endereçados a projetos de plantas de demonstração de biorrefinarias integradas US\$ 100 milhões em 2007, US\$ 125 milhões em 2008 e US\$ 150 milhões em 2009.

Outro ponto interessante da lei é que ela revela a forte preocupação de criar mercado para os novos processos e produtos, incluindo os biocombustíveis de primeira geração. No entanto, o valor das matérias-primas, bem como a logística para sua produção e distribuição, são os desafios a serem superados. Nesse sentido, a lei estabelece a possibilidade de apoio, via recursos não reembolsáveis, às empresas compradoras de biomassa de diversos tipos. Para tanto, a lei disponibiliza US\$ 50 milhões anuais (entre 2006 e 2016).

Deve-se frisar que a pesquisa e a produção de biomassa são pontos extremamente relevantes para os EUA. Ao contrário da bem-sucedida experiência brasileira com a cana-de-açúcar, os EUA não têm uma biomassa “vencedora”. Diante disso, sua atual estratégia é diversificar ao máximo o apoio aos seus diferentes tipos e, sempre que possível, procurar soluções adequadas às realidades regionais.

Energy Independence and Security Act [EISA (2007)]²¹

A EISA consiste principalmente de disposições destinadas a aumentar a eficiência energética e a disponibilidade de energias renováveis no mercado estadunidense. Para fins deste artigo, o que mais interessa é o segundo capítulo, intitulado Energy Security through Increased Production of Biofuels.

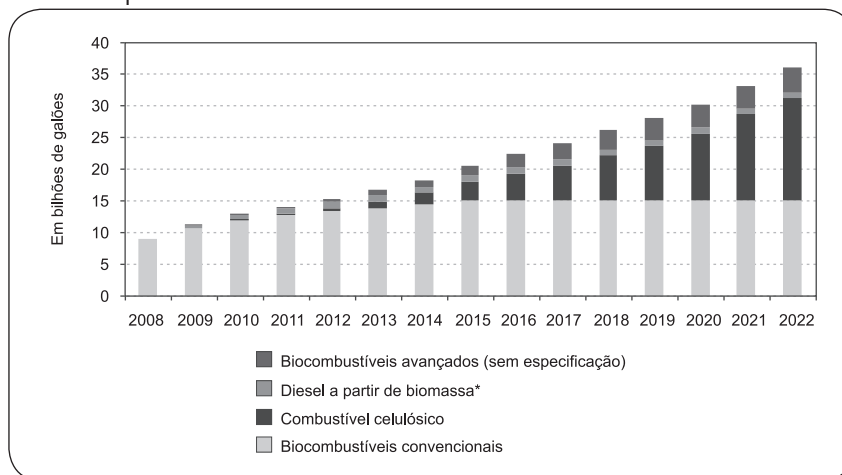
A novidade trazida por esse capítulo fica por conta de uma revisão no RFS1.²² O novo padrão (RFS2) estabeleceu metas mínimas anuais de consumo de biocombustíveis utilizados exclusivamente para o transporte nos EUA, entre 2006 e 2022. Consolidado apenas em outubro de 2009, o

²¹ Disponível em: <<http://www1.eere.energy.gov/femp/regulations/eisa.html>>. Acesso em: 9.7.2010.

²² Seção 202.

RFS2 determinou que deveriam ser consumidos não apenas biocombustíveis convencionais, como o etanol de milho, mas também avançados,²³ como os celulósicos²⁴ e o diesel a partir de biomassa²⁵ (Gráfico 2).

Gráfico 2 | Metas de consumo da RFS2



Fonte: Elaboração própria, com base em EPA.

* A partir de 2013, não há valores definidos para o diesel a partir de biomassa. Determinou-se apenas que seu consumo não pode ser inferior a 1 bilhão de galões por ano.

É ainda digno de nota o estímulo que a RFS2 dá aos combustíveis avançados, especialmente celulósicos, em detrimento da expansão da produção e do consumo de etanol de milho. Essa atitude deve ser qualificada em um contexto de duras críticas feitas a esse combustível, especialmente aquelas que imputam a ele a responsabilidade pelas pressões altistas nos preços dos alimentos.

O apoio aos biocombustíveis celulósicos não se restringe às metas de consumo do RFS2. Concomitantemente, a EISA também atribui prioridade

²³ Segundo definição da seção 201b do capítulo II da EISA: “The term ‘advanced biofuel’ means renewable fuel, other than ethanol derived from corn starch, that has lifecycle greenhouse gas emissions, as determined by the Administrator, after notice and opportunity for comment, that are at least 50 percent less than baseline lifecycle greenhouse gas emissions.”

²⁴ Segundo definição da seção 201d do capítulo II da EISA: “The term ‘cellulosic biofuel’ means renewable fuel derived from any cellulose, hemicellulose, or lignin that is derived from renewable biomass and that has lifecycle greenhouse gas emissions, as determined by the Administrator, that are at least 60 percent less than the baseline lifecycle greenhouse gas emissions.”

²⁵ A EPA está autorizada a dispensar temporariamente parte do mandato da RFS2, revisando as metas quando julgar necessário. Em 2010, por exemplo, a meta original para biocombustíveis celulósicos era de 100 milhões de galões, mas foi revista para apenas 6,5 milhões de galões.

às atividades de PD&I. Em primeiro lugar, a lei destacou um orçamento de US\$ 25 milhões (em recursos não reembolsáveis) que deveriam ser aplicados em atividades de PD&I de tecnologias de biocombustíveis em estados da federação com baixa produção de etanol. O orçamento se renova anualmente durante o período 2008-2010.

Em segundo lugar, a lei atribui grande ênfase à pesquisa em etanol celulósico. Foram autorizados para o ano fiscal de 2008 recursos não reembolsáveis da ordem de US\$ 50 milhões. Esses recursos deveriam ser aplicados em 10 empresas, elegíveis mediante processo concorrencial. Como condição para receber o apoio, as empresas selecionadas devem colaborar com um dos Centros de Pesquisa em Bioenergia do Departamento de Energia (DOE).²⁶

Sobre os recursos não reembolsáveis da Energy Policy Act (2005) destinados a projetos de plantas de demonstração de biorrefinarias integradas, houve a inclusão de US\$ 150 milhões para o ano de 2010.

Por fim, foi autorizada a aplicação de recursos não reembolsáveis da ordem de US\$ 500 milhões para o período 2008-2015. Os alvos desses recursos são as tecnologias de biocombustíveis capazes de reduzir no mínimo 80% das emissões de GEE em relação às emissões de tecnologias veiculares de 2005.

American Recovery and Reinvestment Act [ARRA (2009)]

O objetivo norteador dessa lei foi a amortização dos efeitos deletérios da crise mundial sobre a economia estadunidense. No total, foram autorizados US\$ 786,5 milhões para serem usados em PD&I de biocombustíveis avançados,²⁷ incluindo fundos adicionais para a implementação de biorrefinarias em escala piloto e demonstração, cujo orçamento ficou limitado em US\$ 480 milhões.²⁸ Para projetos que já estejam em escala comercial, foram destacados US\$ 176,5 milhões. Além disso, a lei ampliou para 20 o número máximo de empresas elegíveis para receber esses recursos.²⁹

²⁶ Ao todo, estão sob supervisão do DOE 17 laboratórios. Entre eles, talvez o mais conhecido e importante em bioenergia seja o National Renewable Energy Laboratory (NREL).

²⁷ Disponível em: <<http://www.energy.gov/news/7375.htm>>. Acesso em: 9.7.2010.

²⁸ Seção 1705d.

²⁹ Pelo EISA (2007), esse número era de até 10 empresas.

Apesar do objetivo explícito de levar a mercado, no menor tempo possível, as novas tecnologias de biocombustíveis avançados, a pesquisa básica não deixou de ser contemplada. O orçamento destinado a programas de pesquisa fundamental em áreas-chave foi de US\$ 110 milhões.

*Biofuels Interagency Working Group (2009)*³⁰

Quase que simultaneamente ao lançamento do ARRA, o governo dos EUA instituiu um grupo de trabalho interministerial em biocombustíveis copresidido pelos secretários de Energia e Agricultura, além do diretor da EPA. A principal atribuição desse grupo de trabalho é coordenar os esforços e as iniciativas relacionados aos biocombustíveis no país. A preocupação com a coordenação é fundamentada: até a criação desse grupo, um grande número de projetos havia sido financiado, mas com poucos resultados concretos em meio a muitos desafios a serem superados. E, a despeito de todas as disposições legais para se avançar na coordenação das entidades federais, foram observadas escassas iniciativas nesse sentido, o que poderia dificultar o cumprimento das metas agressivas da RFS2.

Com esse diagnóstico em mão, procurou-se estabelecer uma clara divisão de trabalho entre as agências federais dos EUA, cada uma com responsabilidade sobre um segmento específico da cadeia produtiva dos biocombustíveis (ver Tabela 2). A preocupação, portanto, não se resume apenas aos quesitos especificamente científicos e técnicos, mas também ao ambiente institucional que servirá de base para o crescimento sustentável dos biocombustíveis.

Dos objetivos traçados pelo grupo de trabalho, particular ênfase é atribuída às matérias-primas e à necessidade de diversificá-las. O etanol de milho deve deixar de ser o carro-chefe da expansão da indústria estadunidense de biocombustíveis. Como dito anteriormente, os EUA carecem de uma biomassa “vencedora”. Desse modo, o grupo de trabalho propôs a criação de cinco Centros Regionais de Pesquisa em Matérias-Primas, todos sob a coordenação do Departamento de Agricultura (USDA). As principais atribuições desses centros devem ser o desenvolvimento e a implementação de políticas e planos projetados para acelerar a produção das matérias-primas e o desenvolvimento de cadeias produtivas regionais, com enfoque na produção, conversão, logística e distribuição.

³⁰ Disponível em: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/rss_viewer/growing_american_fuels.PDF>. Acesso em: 9.7.2010.

Tabela 2 | Divisão de trabalho entre as agências federais dos EUA em cada elo da cadeia produtiva dos biocombustíveis avançados

Instituição responsável	Produção de matéria-prima	Logística de matéria-prima	Conversão de biomassa	Distribuição de biocombustíveis	Uso final dos biocombustíveis
Departamento de Energia (DOE)	Manejo sustentável de solos e culturas; biologia vegetal; genética e melhoramento de espécies.	Colheita sustentável de biomassa; coleta sustentável de resíduos agrícolas.	Conversão bioquímica (pré-tratamento, redução dos custos das enzimas); aumento da resistência da biomassa; conversão termo-química de biomassa em combustíveis (gaseificação e pirólise); biorrefinarias integradas.	Segurança, adequação e economicidade dos biocombustíveis para transporte; desenvolvimento de sistemas de distribuição.	Otimização e certificação de máquinas; impactos das emissões veiculares; estudos de mercado; impactos dos veículos capazes de rodar com biocombustíveis.
Departamento de Agricultura (USDA)	Manejo sustentável de solos, culturas e florestas; biologia vegetal; genética e melhoramento de espécies.	Colheita sustentável de biomassa; coleta sustentável de resíduos agrícolas e florestais.	Conversão bioquímica (pré-tratamento, redução dos custos das enzimas); aumento da resistência de recursos florestais; conversão termo-química de biomassa em combustíveis e energia (gaseificação e pirólise); biorrefinarias integradas com base em matérias-primas florestais.	—	—
Agência de Proteção Ambiental (EPA)	Impactos socioambientais da cadeia produtiva (ciclo de vida) de biocombustíveis; viabilidade de volumes sustentáveis de biocombustíveis; aperfeiçoamento de matérias-primas.	Impactos socioambientais da cadeia produtiva (ciclo de vida) de biocombustíveis; concessão de licenças.	Impactos socioambientais da cadeia produtiva (ciclo de vida) de biocombustíveis; conversão de biorresíduos em energia; concessão de licenças.	Impactos socioambientais da cadeia produtiva (ciclo de vida) de biocombustíveis; concessão de licenças.	Impactos socioambientais da cadeia produtiva (ciclo de vida) de biocombustíveis; otimização e certificação de máquinas; impactos das emissões veiculares; estudos de mercado; impactos dos veículos capazes de rodar com biocombustíveis.

Continua

Continuação

Instituição responsável	Produção de matéria-prima	Logística de matéria-prima	Conversão de biomassa	Distribuição de biocombustíveis	Uso final dos biocombustíveis
Departamento de Comércio/ Instituto Nacional para Padrões e Tecnologia	—	—	Projeto de catalisador; processamento biocatalítico; caracterização da biomassa; desenvolvimento de padrões, métricas e modelos.	Confiabilidade dos materiais para armazenagem em contêineres, dutos e sistemas de entrega de combustíveis.	Padrões de referência para materiais, dados e especificações para biocombustíveis.
Departamento de Transporte	—	Desenvolvimento de infraestrutura para transporte de matérias-primas.	—	Segurança, adequação e economicidade dos biocombustíveis para transporte; desenvolvimento de sistemas de distribuição.	—
Fundação Nacional de Ciência	Pesquisa básica para aperfeiçoar o uso de matérias-primas para biocombustíveis e resíduos como fontes de energia.	Pesquisa básica para aperfeiçoamento do pré-processamento das matérias-primas.	Pesquisa básica em tecnologias de conversão bioquímica e termoquímica.	—	—
Departamento do Interior (DOI)	Manejo florestal.	Manejo florestal / prevenção de incêndio (recuperação de florestas).	Licenciamento de biorrefinarias em territórios gerenciados pelo DOI.	—	—
Departamento de Defesa	P&D básico em processamento de matérias-primas (resíduos e outras biomassas).	—	Gaseificação de resíduos sólidos.	—	Testes com biocombustíveis.

Fonte: Adaptado de DOE (2010).

Biomass Multi-Year Program Plan (2010)

O foco na coordenação entre entidades governamentais envolvidas direta ou indiretamente com bioenergia é recorrente nos diversos instrumentos de política pública dos EUA. A coordenação é condição essencial para evitar a duplicação de esforços, alavancar recursos limitados, estimular a participação da iniciativa privada, maximizar o impacto do investimento público e, no caso dos EUA, cumprir as metas nacionais estabelecidas pelo RFS2. Com isso em mente, o Plano Plurianual em Biomassa é a materialização dos muitos esforços de coordenação em um único documento.

A estrutura do Plano está dividida nas seguintes atividades: P&D de tecnologias de conversão (biológica e físico-química) e desenvolvimento de matérias-primas com biomassa abundante; demonstração e validação de biorrefinarias em escala industrial; e temas transversais que concorrem para colocar no mercado as tecnologias de biocombustíveis celulósicos. Dentro dessa estrutura, o Plano procura contemplar todos os elementos da cadeia produtiva de biocombustíveis. São identificadas cinco etapas-chave da produção.

- 1) Produção de matérias-primas: o objetivo é estimular a produção em larga escala, de modo a dar competitividade à produção de biocombustíveis. A abordagem é regional, ou seja, prioriza soluções sustentáveis e adequadas para as diferentes regiões do país.
- 2) Logística agrícola para matéria-prima: a competitividade da matéria-prima não se encontra somente na produção em larga escala. Investimentos complementares são necessários, principalmente em infraestrutura e logística de colheita ou coleta, armazenagem, processamento e transporte.
- 3) Produção de biocombustíveis: o Plano põe urgência na construção de muitas unidades industriais de conversão de biomassa em biocombustíveis e outros produtos. Se, por um lado, o escalonamento industrial é considerado prioritário para se atingir a economicidade do processo de conversão, por outro, os investimentos necessários para a construção dessas plantas são elevados e as tecnologias envolvidas apresentam alto risco, o que pode desencorajar a participação do setor privado nessas iniciativas.

- 4) Distribuição dos biocombustíveis: o objetivo é implementar toda a infraestrutura para a distribuição dos biocombustíveis, desde a armazenagem e a mistura até o transporte e a distribuição aos postos de revenda de combustíveis.
- 5) Uso final dos biocombustíveis: o que se pretende é disseminar a cultura dos biocombustíveis mediante a oferta de veículos que possam usá-los sem perder desempenho em relação ao uso dos combustíveis fósseis.

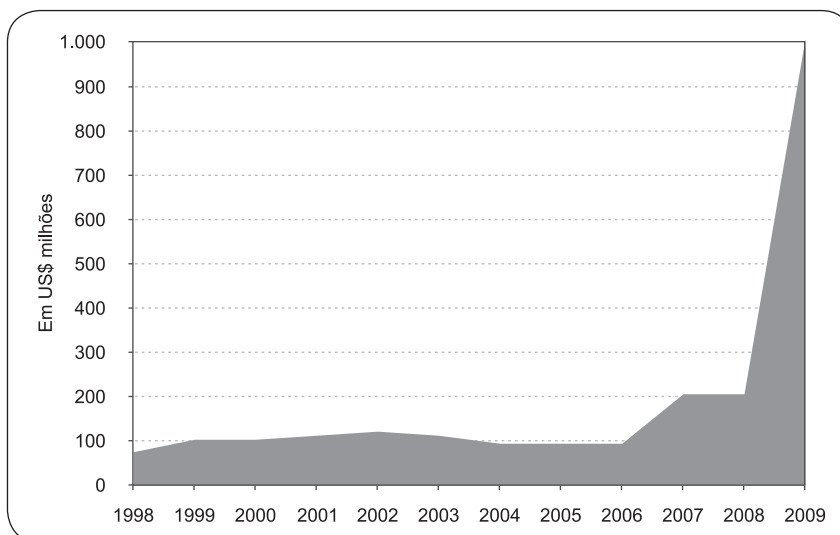
Para cada uma dessas etapas, são identificados problemas e barreiras que impedem, de algum modo, a produção eficiente dos biocombustíveis de segunda geração. Com o mapeamento desses pontos críticos, o Plano elege soluções prioritárias que devem ser perseguidas pelos *policy-makers*. Ademais, para assegurar o comprometimento com a sua implementação, foram estabelecidas algumas metas quantitativas (em termos de prazos e valores) de execução e desempenho. O foco dessas metas recai sobre o etanol celulósico que, por meio de PD&I, deve atingir um custo estimado de US\$ 1,76 por galão em 2012. Ainda há metas para os custos de produção para algumas etapas da cadeia produtiva. Dentre essas metas, destacam-se:

- reduzir os custos logísticos (colheita, armazenagem, processamento e transporte) relativos às matérias-primas para US\$ 0,39 por galão de biocombustível produzido em 2012 e para US\$ 0,33 em 2017;
- desenvolver ao menos uma matéria-prima “vencedora”, cuja oferta será de 130 milhões de toneladas secas por ano em 2012 e de 250 milhões em 2017;
- reduzir os custos de conversão do material celulósico em etanol para US\$ 0,92 por galão em 2012 e para US\$ 0,60 em 2017; e
- para as biorrefinarias integradas, atingir a capacidade total de produção de 100 milhões de galões de biocombustíveis avançados em 2014.

Síntese

É importante destacar que as antigas leis e políticas dos EUA pavimentaram o caminho para as atuais. Em todas elas, vêm à tona preocupações com a coordenação dos trabalhos das agências federais em face da relevância dos temas tratados e do montante de recursos a eles destinados. O Gráfico 3 mostra a evolução dos recursos financeiros gastos pelo governo federal em PD&I de biomassa desde 1998.

Gráfico 3 | Evolução do apoio financeiro do governo federal dos EUA às atividades de PD&I relacionadas à biomassa



Fonte: Adaptado de DOE (2010).

Dois principais diretrizes guiam o governo americano na busca pelas novas gerações de biocombustíveis. Em primeiro lugar, tem-se a necessidade de resolver o problema da biomassa. Como visto, o milho não é a matéria-prima mais indicada para a conversão em biocombustível. Isso explica as iniciativas que focam a diversificação regional de matérias-primas. Além de PD&I de biomassa, o governo também pretende criar e desenvolver mercados para sua comercialização.

Em segundo lugar, surge a necessidade premente de garantir a economicidade das novas tecnologias. Para isso, o apoio do governo dos EUA tem sido de extrema importância. Reflexo disso é o surgimento de novas plantas de demonstração em escala piloto e semi-industrial. Além delas, surgem novos projetos de construção de plantas de demonstração e de escala comercial. O Gráfico 4 e a Tabela 3 apresentam a capacidade produtiva total dos projetos de plantas de etanol celulósico anunciados, em fase de construção ou já em operação nos EUA.

Não obstante o grande número de projetos anunciados, a realidade ainda está muito aquém do cenário planejado pelos Estados Unidos. Para 2010, novos projetos não devem entrar em operação e mesmo aqueles já

Tabela 3 | Previsão do número e da capacidade produtiva total* dos projetos de plantas** de etanol celulósico nos EUA, por tipo de rota de conversão

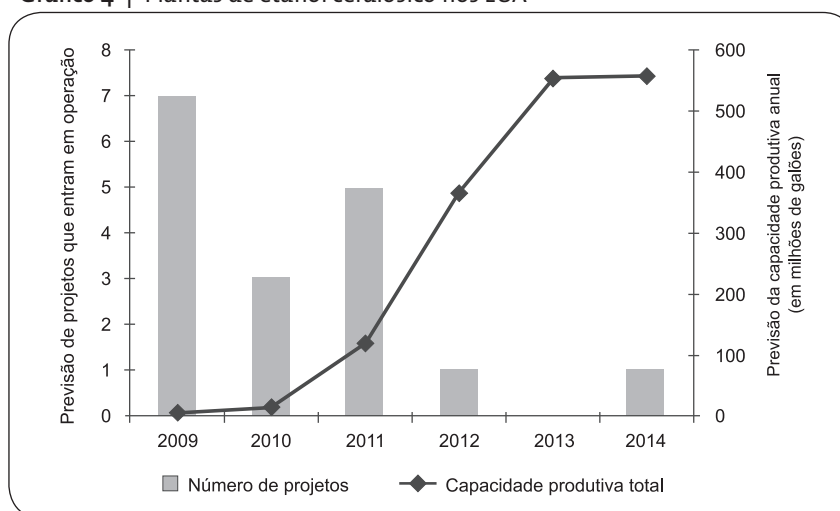
Rota de conversão	Número de projetos	%	Capacidade de produção (em milhões de galões)	%
Hidrólise enzimática	10	59	401,58	72
Hidrólise ácida	2	12	118,34	21
Gaseificação	1	6	18,52	3
Bioprocessos consolidados	3	18	20,20	4
Outros	1	6	0,01	0
Total	17	100	558,65	100

Fonte: *Biofuels Digest Database*.

* Para o ano de 2014.

** Anunciadas, em construção e em operação.

Gráfico 4 | Plantas de etanol celulósico nos EUA



Fonte: Elaboração própria, com base em *Biofuels Digest Database*.

anunciados foram adiados. Segundo a base de dados da *Biofuels Digest* de 2010,³¹ as nove plantas que hoje operam são de escala piloto e têm capacidade produtiva conjunta de apenas 2,16 milhões de galões

³¹ Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/>>. Acesso em: 9.7.2010.

por ano.³² A revisão das metas da RFS2 para 2010 é a admissão desse problema. A meta original para biocombustíveis celulósicos era de 100 milhões de galões. Admitindo a impossibilidade de sucesso, a nova meta de 2010 passou para 6,5 milhões de galões.

As recentes iniciativas da UE

As iniciativas europeias de maior relevância no campo dos biocombustíveis são relativamente incipientes. Em 2003, a Biofuel Directive³³ estabeleceu metas indicativas (não obrigatórias) para estimular o uso dos biocombustíveis no setor de transporte, considerado um dos grandes emissores de GEE. Para 2005, a meta de mistura (quantificada em termos de conteúdo energético) de combustíveis renováveis na gasolina e no diesel foi de 2%. Para 2010, essa meta ficou em 5,75%.³⁴

Em 2007, foram iniciadas discussões para uma nova diretiva, que se prolongaram por 2008 e foram concluídas em 2009. Como resultado, entrou em vigor naquele ano a Renewable Energy Directive,³⁵ que originalmente deveria ser incorporada pelas legislações nacionais dos países-membros até junho de 2010. A nova diretiva estendeu o horizonte e o valor das metas de mistura para 10% em 2020.

Para serem considerados na contabilização das metas, os combustíveis renováveis devem atingir critérios de sustentabilidade de produção, também introduzidos pela nova diretiva. Diante disso, torna-se problemático o cumprimento das metas,³⁶ especialmente por meio dos combustíveis renováveis de primeira geração, alvos dos críticos europeus. Nesse contexto, os biocombustíveis de segunda geração assomam como uma alternativa mais desejável.

³² A planta de demonstração da AE Biofuels, com capacidade prevista de 10 milhões de galões por ano, não deve entrar em operação em 2010.

³³ Diretiva 2003/30/EC. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:EN:PDF>> Acesso em: 9.7.2010.

³⁴ Artigo 3b.

³⁵ Diretiva 2009/28/EC. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>>. Acesso em: 9.7.2010.

³⁶ Segundo dados de F.O. Licht (2010), as metas da primeira diretiva não foram alcançadas pela UE. Desde 2005, os valores alcançados pelo conjunto dos países foram inferiores aos estabelecidos pela diretiva de 2003. A título de ilustração, em 2009, o nível real de mistura foi de 3,7%, enquanto a meta estipulava um nível de 5%. No mesmo relatório, F.O. Licht ainda estima que em 2010 o valor real seja de 4%, bem abaixo da meta de 5,75%.

O diagnóstico: esforços insuficientes

Segundo Maia (2010, p. 72), “a política de estímulo ao etanol na UE não é tão consistente quanto a dos Estados Unidos e não possui a experiência desenvolvida pelo Brasil”. Quando o assunto é PD&I, a própria Comissão Europeia, em documento de 2007,³⁷ admitiu que, até aquele momento, haviam sido insuficientes os esforços em novas tecnologias de baixo carbono, como a bioenergia e, em especial, os biocombustíveis de segunda geração.

Na visão da Comissão, são dois os principais problemas que atrapalham os avanços em PD&I de novas gerações de combustíveis renováveis: a insuficiência de financiamento e a fragmentação e sobreposição de iniciativas. No que toca ao primeiro problema, a Comissão aponta para a redução que os orçamentos de PD&I historicamente vêm sofrendo na UE. Já sobre o segundo problema, a Comissão identifica a maior necessidade de coordenação nas iniciativas de PD&I por todo o continente.

O tratamento: Plano Estratégico de Tecnologias em Energia

Dadas as incertezas tecnológicas intrínsecas às atividades de PD&I, a Comissão identificou a necessidade de investimentos em um amplo portfólio de tecnologias. No entanto, também fez parte do diagnóstico a falta de iniciativas ou de capacidades dos Estados-membros, especialmente na aceleração do desenvolvimento tecnológico em ritmo que satisfizesse as metas estipuladas pelas diretivas.

A resposta europeia a esses desafios veio na forma do European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan),³⁸ cuja elaboração se iniciou em 2007. Em moldes similares ao Plano Plurianual dos EUA, o SET-Plan europeu define a estratégia da UE para PD&I de tecnologias relativas a energias limpas, sempre com o objetivo maior de levá-las mais rapidamente ao mercado. Para tanto, o Plano descreve e propõe ações concretas para a construção de um arranjo coerente de PD&I, organizando os esforços e as iniciativas por toda a UE.

³⁷ COM(2006)847 de 10.1.2007. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0847:FIN:EN:PDF>> Acesso em: 9.7.2010.

³⁸ COM(2007)723 de 22.11.2007. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0723:FIN:EN:PDF>>. Acesso em: 9.7.2010.

Para basear as decisões dos *policy-makers*, o SET-Plan tem como ferramenta auxiliar um roteiro tecnológico³⁹ (Technology Roadmap) responsável pela identificação e classificação de tecnologias relevantes. Esse roteiro foi produto de um esforço coletivo que começou em 2008 e contou com propostas e sugestões da indústria. Seu avanço se deu por meio de discussões contínuas entre diversos atores da sociedade, como representantes dos governos, especialistas, acadêmicos e associações de classe. Como resultado, foram identificadas seis prioridades tecnológicas cujas barreiras, escalas de investimento e riscos envolvidos podem ser eficientemente enfrentados de modo coletivo. São elas: energia eólica, energia solar, redes de energia elétrica, captura e armazenagem de carbono, fissão nuclear e bioenergia.

A fim de canalizar atores e recursos necessários para reforçar PD&I nas prioridades destacadas e, desse modo, colocar o SET-Plan em ação, foram criadas as Iniciativas Industriais Europeias (European Industrial Initiatives), que se orientam para a realização de objetivos mensuráveis em termos de redução de custos, melhor desempenho operacional das tecnologias etc.

A Iniciativa em Bioenergia (European Industrial Bioenergy Initiative)⁴⁰ objetiva superar as barreiras técnicas e econômicas que impedem o pleno desenvolvimento e implantação comercial de novas tecnologias. A meta a ser atingida é de, ao menos, 4% de participação dos biocombustíveis avançados nas necessidades energéticas totais para transporte na UE em 2020. Além disso, por meio dos biocombustíveis, espera-se evitar, ao menos, 60% de emissões de GEE do setor de transporte, conforme estipulado pelos critérios de sustentabilidade da diretiva de 2009.

Para atingir seus objetivos, a Iniciativa em Bioenergia pretende apoiar atividades de pesquisa em biomassa e o desenvolvimento dos mercados para a comercialização dessas matérias-primas. Adicionalmente, a Iniciativa estima ainda a construção de até 30 plantas de demonstração e/ou

³⁹ SEC(2009)1295 de 7.10.2009. Disponível em: <http://ec.europa.eu/energy/technology/set_plan/doc/2009_comm_investing_development_low_carbon_technologies_roadmap.pdf>. Acesso em: 9.7.2010.

⁴⁰ A Iniciativa em Bioenergia ainda está em fase de implementação, mas um sumário de suas ações está disponível em <<http://setis.ec.europa.eu/initiatives/technology-roadmap/european-industrial-initiative-on-bioenergy>>. Acesso em: 9.7.2010.

plantas industriais por toda a UE. A Tabela 4 e o Gráfico 5 apresentam a capacidade produtiva total dos projetos de plantas de etanol celulósico anunciados, em fase de construção ou que já se encontram em operação na UE.

Tabela 4 | Previsão do número e da capacidade produtiva total* dos projetos de plantas** de etanol celulósico na UE, por tipo de rota de conversão

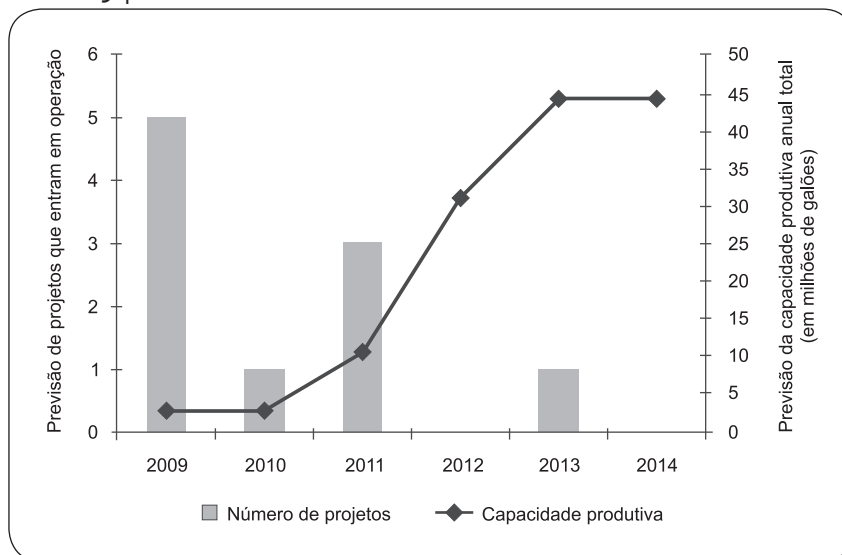
Rota de conversão	Número de projetos	%	Capacidade de produção (em milhões de galões)	%
Hidrólise enzimática	9	90	40,58	92
Hidrólise ácida	1	10	3,7	8
Gaseificação	0	0	0	0
Bioprocessos consolidados	0	0	0	0
Outros	0	0	0	0
Total	10	100	44,28	100

Fontes: *Biofuels Digest Database*; *BioMap*.

* Para o ano de 2014.

** Anunciadas, em construção e em operação.

Gráfico 5 | Plantas de etanol celulósico na UE



Fontes: Elaboração própria, com base em *Biofuels Digest Database* e *BioMap*.

Assim como ocorre nos EUA, ainda são escassos os projetos que já entraram em operação na UE. Segundo base de dados da Biofuels Digest (2010) e da ferramenta Biomap,⁴¹ existem atualmente nove plantas de escala piloto e uma planta de demonstração na UE, com cerca de 2,6 milhões de galões de capacidade produtiva conjunta. No entanto, a Comissão Europeia estima que as plantas de demonstração em escala industrial de biocombustíveis celulósicos devam aumentar ainda em 2010. Já as biorrefinarias devem atingir o nível da demonstração em escala industrial apenas em 2015. Ao todo, o orçamento estimado pela Comissão para a realização dos objetivos da Iniciativa em Bioenergia é da ordem de € 9 bilhões para o período 2010-2020.⁴²

A coordenação em diversos planos

Para conduzir a implementação do SET-Plan, a Comissão Europeia estabeleceu um grupo diretor (Steering Group on Strategic Energy Technologies) responsável pela coordenação dos esforços de PD&I nos níveis nacional, europeu e internacional. O grupo, presidido pela própria Comissão, conta com representantes governamentais de alto escalão dos Estados-membros da UE. Suas principais atribuições passam pela elaboração de ações conjuntas de políticas e programas coordenados, pela disponibilização de recursos, pelo acompanhamento e análise da evolução do Plano, sempre tendo em vista a concretização das metas estabelecidas.

No que diz respeito à ciência e à pesquisa básica, foi criada em outubro de 2008 a European Energy Research Alliance (EERA), que reúne as principais instituições europeias de pesquisa. Desde sua criação, a EERA tem trabalhado de modo a alinhar coordenadamente suas atividades de PD&I às prioridades tecnológicas estabelecidas pelo SET-Plan. Além disso, para que os resultados dessas pesquisas se tornem uma realidade de mercado, a EERA e a Iniciativa em Bioenergia têm trabalhado para criar uma interface permanente entre suas atividades.

Especificamente sobre a pesquisa básica em bioetanol de segunda geração, Maia (2010) destaca o Projeto NEMO,⁴³ o qual congrega mais

⁴¹ Disponível em: <http://biomap.kcl.ac.uk/> >. Acesso em: 9.7.2010.

⁴² Em 2007, os gastos com PD&I em biocombustíveis para transporte foram de € 347 milhões, dos quais 77% vieram do setor privado, 19% do setor público dos Estados-membros da UE e apenas 4% da própria UE. Dados disponíveis em: <<http://setis.ec.europa.eu/mapping-overview/capacity-map/analyses/2009/report/results-on-biofuels>>. Acesso em 9.7.2010.

⁴³ Mais informações sobre o Projeto NEMO em: <<http://nemo.vtt.fi/index.htm>>. Acesso em: 9.7.2010.

de 15 instituições europeias de pesquisa em um esforço coordenado. O NEMO tem dois objetivos principais: em primeiro lugar, o projeto visa ao desenvolvimento de enzimas de alto desempenho, capazes de hidrolisar eficientemente as matérias-primas lignocelulósicas de interesse da UE; em segundo lugar, o projeto busca gerar leveduras resistentes e capazes de fermentar os açúcares de cinco e seis carbonos oriundos dos materiais lignocelulósicos.

No que tange exclusivamente ao apoio financeiro, a Comissão Europeia estima que o orçamento necessário para a realização das atividades da EERA é da ordem de € 5 bilhões para o período 2010-2020. Juntamente com os € 9 bilhões para a Iniciativa em Bioenergia, esses recursos deverão ter origem em diversas fontes, como os bancos de investimento (públicos ou privados), as agências de fomento (nacionais ou europeias), os fundos de investimento, entre outras.

A arquitetura pensada para o financiamento das diversas iniciativas ainda envolve parcerias público-privadas, especialmente entre os governos dos Estados-membros e o setor privado. Com orçamento mais limitado, a UE também deve dar sua contribuição. Nesse sentido, a principal fonte de recursos para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico é o VII Framework Programme (FP7),⁴⁴ programa que procura coordenar o financiamento de todas as iniciativas europeias de P&D. O orçamento total do FP7 é da ordem de € 50 bilhões para o período 2007-2013. Desse orçamento, € 2,35 bilhões devem ser aplicados em P&D em energia, com destaque para os combustíveis renováveis e, entre eles, para os biocombustíveis de segunda geração.⁴⁵

Além do FP7, espera-se que o Banco Europeu de Investimentos (BEI) tenha papel de destaque, tanto no que diz respeito à coordenação das iniciativas, quanto à maior oferta de recursos.⁴⁶

⁴⁴ Mais detalhes sobre o FP7 disponíveis em: <http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html>. Acesso em: 9.7.2010.

⁴⁵ A sistemática de apoio do FP7 envolve a convocação pública de projetos em temas específicos, dinâmica similar aos editais realizados por agências de fomento no Brasil. Mais detalhes a respeito dessa dinâmica na área dos combustíveis renováveis disponíveis em: <http://cordis.europa.eu/fp7/energy/about-fuel_en.html>. Acesso em: 9.7.2010.

⁴⁶ Essa expectativa fundamenta-se no recente desempenho do BEI. Conforme estabelecido no European Economic Recovery Plan (COM(2008)800), o BEI elevou suas metas de empréstimos no setor de energia de € 6,5 bilhões em 2008, para € 9,5 bilhões em 2009 e € 10,25 bilhões em 2010.

Em suma, as necessidades de coordenação de esforços e de volumes crescentes de investimentos em PD&I de biocombustíveis representam grande desafio à UE. Assim como ocorre com os EUA, é imperativo solucionar a questão da biomassa.

Brasil: da liderança produtiva à liderança tecnológica

Apesar de já ter demonstrado competência em PD&I de etanol de primeira geração, o Brasil tem novos desafios científicos e tecnológicos, que devem ser superados para também conquistar a eficiência produtiva do etanol celulósico.

Para enfrentar esses desafios, o país tem um importante Sistema Nacional de Inovação em Etanol (SNI-Etanol), cujas bases remontam principalmente ao Programa Nacional do Álcool (Proálcool). São muitos os autores que já descreveram esse sistema, tais como Ueki (2007), Furtado, Scandiffio & Cortez (2008) e Maia (2010). Eles são unânimes em afirmar que o SNI-Etanol foi um dos responsáveis por colocar o Brasil na vanguarda dos biocombustíveis.

Neste artigo, diferindo um pouco da metodologia dos autores já citados, optou-se pela divisão dos agentes do SNI-Etanol em três categorias. Em primeiro lugar, salienta-se o papel do governo ao criar o ambiente institucional indutor de PD&I de etanol. Para tanto, são relevantes as políticas públicas instituídas pelos diversos ministérios federais. Em segundo lugar, destacam-se os agentes que, de fato, realizam PD&I. Nessa categoria, estão as universidades, os centros de pesquisa (privados e públicos) e as empresas (privadas e públicas). Por fim, existem os atores responsáveis pelo apoio financeiro, como as agências de fomento, as fundações de amparo à pesquisa e os bancos de investimento (públicos e privados).

A seguir, serão feitas breves descrições dessas três categorias, identificando os principais atores das etapas mais importantes de produção do etanol celulósico.

Políticas públicas: o papel indutor do Estado

Ao longo dos últimos anos, o Estado brasileiro tem atuado de duas maneiras no que diz respeito a PD&I em biocombustíveis. De um lado, tem se esforçado para criar um ambiente institucional que assegure a continuidade dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação.

Por outro lado, tem atuado proativamente por meio de agências de fomento e se empenhado em criar novas instituições, além de expandir as já existentes.

Do ponto de vista institucional, duas ações merecem destaque no período recente. A primeira foi a criação, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), do Plano Nacional de Agroenergia (PNA) 2006-2010.⁴⁷ O PNA tem como um dos seus objetivos “organizar e desenvolver propostas de pesquisa, desenvolvimento, inovação e transferência de tecnologia para garantir sustentabilidade e competitividade às cadeias de agroenergia” [MAPA (2006, p. 7)]. Em outras palavras, o PNA oferece subsídios para nortear a formulação de políticas públicas destinadas ao tema.

Dentre as áreas destacadas como prioritárias pelo PNA, está a cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar. Dentro do tema, três vertentes devem ser observadas: as tecnologias agrícolas (como o melhoramento genético das cultivares); as tecnologias industriais (especialmente aquelas que busquem o desenvolvimento e a eficiência dos diferentes processos de conversão); e os temas transversais (como critérios de sustentabilidade da cadeia produtiva).

Deve-se salientar ainda que, como um dos pilares para sua execução, o PNA determinou a criação da Embrapa Agroenergia, responsável maior pela coordenação e aglutinação dos esforços de PD&I no tema.

A segunda ação de grande relevância para os biocombustíveis foi a criação, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), do Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) 2007-2010.⁴⁸ Em seu Eixo III, denominado Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Áreas Estratégicas, o PACTI atribui prioridade aos biocombustíveis. Fazem parte das ações prioritárias do Programa de Biocombustíveis o desenvolvimento de processos de hidrólise enzimática de materiais celulósicos e lignocelulósicos, bem como a identificação de micro-organismos com vistas à otimização da conversão da biomassa em etanol. Esse programa ainda

⁴⁷ Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/PLANOS/PNA_2006_2011/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA%202006%20-%202011-%20PORTUGUES.PDF>. Acesso em: 9.7.2010.

⁴⁸ Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/66226.html>. Acesso em: 9.7.2010.

previa a consolidação da Embrapa Agroenergia e a criação de um Centro de Ciência e Tecnologia destinado ao bioetanol, fato que se materializou com o surgimento do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Para guiar suas ações, o Programa de Biocombustíveis estabeleceu algumas metas, das quais talvez a mais emblemática seja o apoio ao desenvolvimento de duas plantas em escala piloto para a conversão de biomassa em etanol por meio da hidrólise enzimática. O prazo para a realização da meta termina em 2010.

Além da criação dessas institucionalidades, o MCT atua proativamente por intermédio de duas agências sob sua responsabilidade: a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Desde 2007, ambas têm divulgado editais e encomendas específicas para os mais diversos temas relacionados ao bioetanol.

O CNPq concentra-se mais no apoio à formação e ao desenvolvimento de recursos humanos. A Finep, por sua vez, tem um escopo de atuação mais abrangente. Em 2007, por exemplo, apoiou a criação do CTBE, aportando o valor total de R\$ 69 milhões. Já em 2008, concedeu apoio à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para projetos de escalonamento da produção de enzimas celulolíticas e sua utilização na hidrólise enzimática de diferentes biomassas pré-tratadas, perfazendo o total de R\$ 10 milhões. Por fim, em 2010, está concluindo a estruturação de uma Rede de Inovação em Bioetanol no âmbito do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec). O orçamento disponível é de R\$ 10 milhões e tem por finalidade apoiar projetos de inovação realizados entre o setor produtivo e os diversos centros de pesquisa.

Os realizadores de PD&I

Como visto anteriormente, muitos trabalhos descreveram, ainda que de modo não exaustivo, os atores responsáveis pela execução de PD&I de etanol no país. Merecem destaque as análises de cunho histórico, como Ueki (2007) e Furtado, Scandiffio & Cortez (2008), e as análises da dinâmica da inovação no setor, como Bomtempo (2009) e Maia (2010). Por conta disso, não se pretende aqui fazer uma nova descrição. Apoiando-se nos trabalhos citados e em entrevistas com os diretores de algumas dessas

instituições, optou-se pela construção de um quadro-resumo (Tabela 5), no qual estão relacionados os atores que realizam PD&I em etanol celulósico e os focos específicos de suas pesquisas.

Tabela 5 | Foco de instituições selecionadas que realizam PD&I de etanol de segunda geração no Brasil

Instituições	Pré-tratamento	Hidrólise		Fermentação de C5	Planta-piloto		
		Enzimática (HE)	Ácida (HA)		HA	HE	Gaseificação
CTC	X	X				X	
Dedini	X		X		X		
Novozymes		X					
CTBE	X	X		X		X	
Petrobras	X	X		X		X	
Fapesp-Bioen	X	X	X				
Rede de Hidrólise	X	X		X		X	
IPT							X

Fontes: Diversas, incluindo entrevistas com diretores de algumas dessas instituições.

Como pode ser observado, a maior parte das iniciativas está focada na pesquisa e no desenvolvimento de etapas do processo de produção do etanol celulósico. Em operação, são apenas duas as iniciativas de escalonamento integrado de todas as etapas. A Petrobras, em seu Centro de Pesquisas (Cenpes), tem planta-piloto de hidrólise enzimática que, até o momento, pode ser considerada a iniciativa mais avançada e de maior sucesso no país. Além disso, é digno de nota o planejamento de negócios da empresa para o período entre 2010 e 2014, em que estão previstos investimentos da ordem de US\$ 400 milhões em projetos de PD&I de biocombustíveis. Assim, se somarmos ao orçamento da Petrobras os recursos disponibilizados pelas iniciativas anteriores, pode-se afirmar que, dentro do período 2007-2014, serão investidos cerca de US\$ 550 milhões no desenvolvimento de novas rotas de conversão para biocombustíveis no Brasil.

O Centro de Tecnologia Canaveira (CTC) também tem planta-piloto de hidrólise enzimática. A Dedini, por sua vez, conta com planta-piloto

de hidrólise ácida, mas atualmente não está em operação. As demais iniciativas de escalonamento integrado ainda estão em fase de projeto ou em construção. A análise do quadro-resumo (Tabela 5), ainda que simplificada, aponta para uma concentração de esforços em atividades de pesquisa mais básica. Ao contrário do que ocorre nos EUA e na UE, apenas recentemente aumentaram as preocupações por parte do governo com o escalonamento integrado. Prova disso é a construção de uma planta de demonstração pelo CTBE, em Campinas. No entanto, o número de iniciativas ainda é ínfimo.

O apoio financeiro e a necessidade de coordenação

As instituições públicas de apoio financeiro a PD&I são inúmeras, englobando as diversas Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (as Fapes), o CNPq, os Fundos Setoriais, a Finep e o BNDES. Por terem como objetivo apoiar iniciativas que levem as novas tecnologias ao mercado, tanto o BNDES quanto a Finep são instituições que merecem destaque. Nesse sentido, a análise que se segue será fundamentada essencialmente no apoio dessas duas instituições a PD&I de etanol.

Na Tabela 6, está detalhada a carteira combinada BNDES/Finep, que contempla exclusivamente os projetos de inovação na cadeia de produção de etanol e derivados. O apoio conjunto total é de aproximadamente R\$ 415 milhões distribuídos da seguinte forma: 49,7% são provenientes do BNDES e 50,3% da Finep.

Embora as magnitudes das carteiras sejam similares, os perfis diferem significativamente. A Finep concentra o seu apoio na forma de

Tabela 6 | Carteira conjunta de projetos de P&D de BNDES e Finep
(em R\$ milhões)

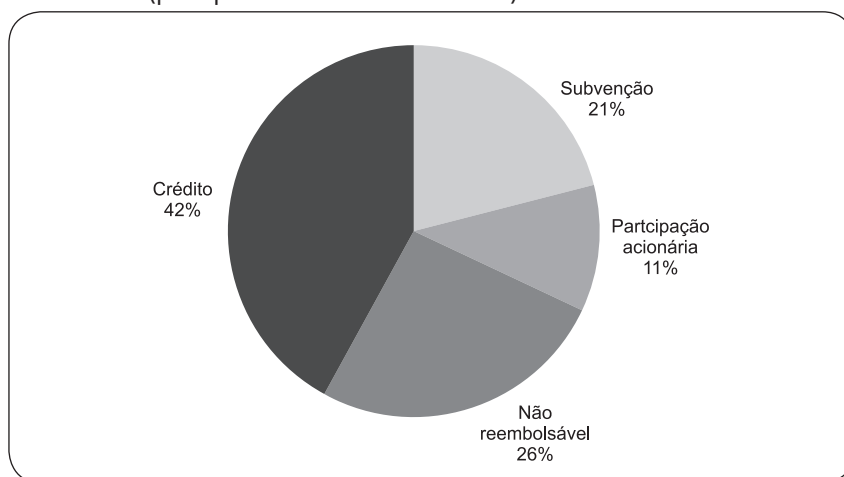
Linha	BNDES	Finep	Total
Crédito	110,4	63,4	173,8
Não reembolsável	50,8	57,1	108,0
Participação acionária	45,0	-	45,0
Subvenção	-	88,9	88,9
Total	206,2	209,4	415,7

Fontes: BNDES e Finep.

subvenção,⁴⁹ que representa 42,5% de sua carteira. Já o BNDES usa o crédito como seu principal instrumento de apoio, com 53,5% de participação em sua carteira.

A partir do Gráfico 6, pode-se observar que o crédito é individualmente o instrumento mais utilizado pelas duas instituições. Contudo, a participação conjunta da subvenção e dos recursos não reembolsáveis, ferramentas essenciais para o financiamento da inovação, é a forma mais recorrente de apoio.

Gráfico 6 | Distribuição dos projetos apoiados por BNDES e Finep (por tipo de instrumento utilizado)



Fontes: BNDES e Finep.

Para permitir uma análise da priorização dada pelas duas instituições, o apoio foi dividido em cinco macrotemas que perpassam toda a cadeia de produção do etanol e seus derivados.

- 1) Etapa agrícola: atividades de pesquisa relacionadas à produção de cana-de-açúcar, o que envolve melhoramento genético, manejo agrícola, colheita e pré-processamento da cana.

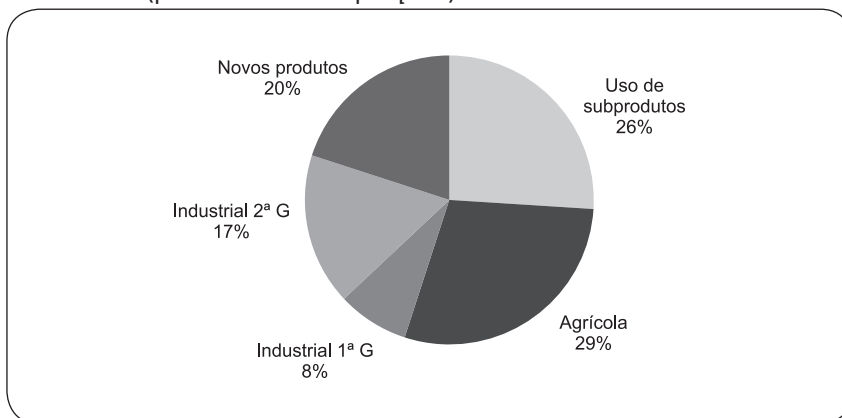
⁴⁹ A subvenção é um tipo de apoio financeiro que permite a aplicação de recursos públicos não reembolsáveis diretamente em empresas, para compartilhar com elas os custos e riscos inerentes às atividades de inovação. As subvenções têm um marco regulatório próprio, estabelecido a partir da aprovação da Lei 10.973, de 2.12.2004, regulamentada pelo Decreto 5.563, de 11.10.2005, e da Lei 11.196, de 21.11.2005, regulamentada pelo Decreto 5.798, de 7.6.2006.

- 2) Etapa industrial de produção de etanol de primeira geração: projetos de melhoria e de desenvolvimento de novos equipamentos e processos relacionados às tradicionais operações unitárias da produção do etanol.
- 3) Etapa industrial de produção de etanol de segunda geração: projetos relacionados ao aproveitamento de biomassa por meio de processo de hidrólise (enzimática e ácida) e processos físico-químicos (pirólise e gaseificação).
- 4) Novas aplicações do etanol: projetos de desenvolvimento de equipamentos, produtos e processos que utilizam o etanol como matéria-prima para outros processos ou produtos (p. ex.: alcoolquímica).
- 5) Uso de subprodutos da produção do etanol: projetos que buscam a valorização de subprodutos e/ou a mitigação de seus efeitos negativos no meio ambiente.

O Gráfico 7 mostra que a etapa agrícola é a maior receptora de recursos, com participação de 29% sobre o total da carteira combinada. Seus projetos englobam diversas dimensões, como o melhoramento genético e o desenvolvimento de novas variedades de cana, o desenvolvimento de novos equipamentos agrícolas e de novas técnicas de plantio etc. Entretanto, a etapa agrícola e a industrial de primeira geração são rotas tecnológicas amplamente dominadas pelo Brasil, cujas dinâmicas inovativas encontram-se significativamente endogeneizadas. Além disso, como já exposto, no que diz respeito exclusivamente à etapa industrial de primeira geração, há um pequeno potencial para ganhos de produtividade na produção de etanol. Não obstante, o apoio direcionado para ambos os temas representa 37% do total, mais que o dobro do destinado a projetos industriais de segunda geração, os quais apresentam grande potencial para aumento de produtividade.

Neste ponto da discussão, é importante fazer uma breve digressão sobre a situação brasileira referente à biomassa. Ao contrário do que ocorre em outros países, o Brasil já tem uma matéria-prima “vencedora”: a cana-de-açúcar. Além de ser a mais competitiva no tocante ao etanol de primeira geração, o bagaço e a palha da cana também surgem como os insumos mais promissores para o etanol de segunda geração. O bagaço já é matéria-prima disponível na usina, o que significa menos gastos com logística de coleta, transporte e armazenagem. A questão da palha merece

Gráfico 7 | Distribuição dos projetos apoiados por BNDES e Finep (por macrotema de pesquisa)

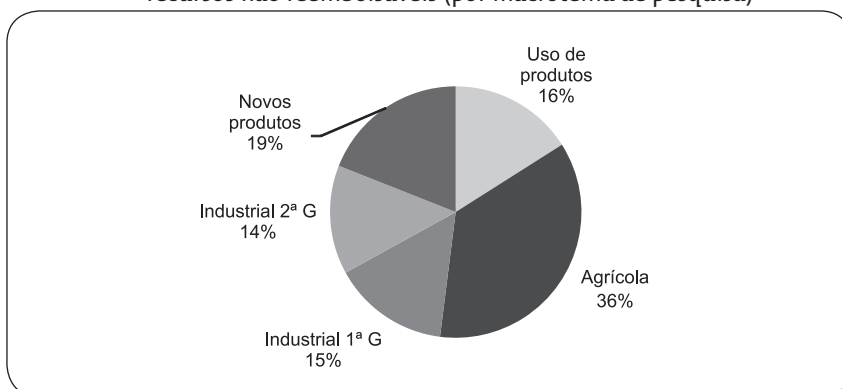


Fontes: BNDES e Finep.

mais atenção, já que boa parte permanece no campo, servindo de forragem para o solo. Contudo, como argumentado, o processo de PD&I agrícola é bem desenvolvido no Brasil, recebendo boa parte dos recursos federais.

Quando considerados apenas os apoios na forma de subvenção e recursos não reembolsáveis, mecanismos cuja capacidade de fomento tecnológico é vital para alavancar projetos de grande risco, a situação descrita fica ainda mais evidente. O apoio à etapa industrial de segunda geração é ainda menor que o apoio à de primeira geração (Gráfico 8).

Gráfico 8 | Distribuição dos projetos apoiados por BNDES e Finep com recursos não reembolsáveis (por macrotema de pesquisa)



Fontes: BNDES e Finep.

Com relação aos novos produtos, apesar de apresentarem maior participação que os projetos industriais de segunda geração, ainda representam pouco mais que o aproveitamento de resíduos industriais da primeira, como a vinhaça e as leveduras. Em relação ao apoio para etapa agrícola, projetos de novos produtos recebem uma parcela bem inferior dos recursos.

Em suma, constata-se que as etapas que mais necessitam de fomento estão justamente entre aquelas que recebem menos apoio financeiro. Significa dizer que as rotas aqui consideradas de maior potencial econômico e maior desafio tecnológico não têm se traduzido como prioridade na atual carteira de projetos das principais agências federais de fomento à inovação no setor sucroenergético.

Entre as causas desse quadro, é possível afirmar que os principais determinantes são os seguintes.

- 1) Rota tecnológica corrente mais organizada: em vista da maturidade da rota atual, com maior número de pesquisadores e empresas inovadoras, a tendência é que os projetos a ela dedicados tenham maior capacidade de aproveitar as oportunidades de apoio federal à inovação.
- 2) Baixo número de inovadores nas novas rotas: ao contrário do fator anterior, em razão da quase inexistência de empresas inovadoras nas novas rotas, há baixa recepção de projetos pela Finep e pelo BNDES.

Além disso, há o problema da pulverização de recursos. A existência de diversos mecanismos de apoio e de guichês de entrada de pedidos de financiamento dificulta a coordenação e induz a uma multiplicidade de projetos apoiados. Nesse contexto, é necessária a construção de um novo modelo de apoio financeiro que seja capaz de coordenar as ações das agências de fomento, bem como focar esse apoio e estimular PD&I em temas considerados mais promissores.

Novo modelo brasileiro de apoio a PD&I no setor sucroenergético

A análise das características dos programas de apoio ao desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis de EUA e UE demonstra clara-

mente a corrida tecnológica em curso. O objetivo desta seção é avaliar a capacidade do esforço brasileiro para fazer frente a tais iniciativas e, a partir desse diagnóstico, propor um novo modelo de atuação do governo federal, em especial, para suas principais agências de fomento para PD&I, quais sejam, BNDES e Finep.

Diagnóstico comparado das iniciativas europeias, norte-americanas e brasileiras

As discussões até aqui permitem concluir que, apesar da multiplicidade de ações governamentais, o programa europeu de apoio às novas tecnologias de conversão de biocombustíveis tem algumas características marcantes. Em primeiro lugar, apesar de todo o esforço de coordenação europeu, a autonomia dos estados partícipes da UE dificulta a implementação das políticas definidas em nível federativo. Evidência disso é o fato de o cronograma para criação de instrumentos nacionais para atendimento da meta de adição de 5,75%, em conteúdo energético, de biocombustíveis no setor de transportes, originalmente marcado para junho de 2010, ter sido postergado para o final do ano.

Ainda com relação à UE, outra característica marcante é o significativo volume de recursos direcionados a PD&I em biocombustíveis. Segundo IEA (2010), entre 2007 e 2013, serão investidos cerca de US\$ 2,5 bilhões. Tal volume, contudo, terá como destino não só o desenvolvimento de etanol celulósico. Em razão da maior participação do diesel na matriz energética europeia, o desenvolvimento de novas matérias-primas e de novas rotas de conversão para biodiesel receberá apoio igualmente importante. Ademais, em razão da inexistência de matéria-prima de baixo custo, boa parte do esforço de pesquisa se dará na identificação de uma biomassa que minimize os custos de produção, de transporte e da conversão industrial dos biocombustíveis (Tabela 7).

O resultado de todo esse esforço, no entanto, ainda não pode ser comemorado. Até o momento, há apenas uma planta em operação na UE que pode ser considerada de escala demonstrativa, enquanto existem nove plantas em escala piloto.

Ao contrário do que ocorre na UE, no programa dos EUA a capacidade de coordenação é notadamente mais eficiente, não apenas em razão dos mecanismos de controle federais, criados para gerir as diversas iniciativas

Tabela 7 | Matérias-primas selecionadas em vários países para a conversão em biocombustível de segunda geração

País	Madeira					Resíduos agrícolas					Outros				
	Lasclas de madeiras	Resíduos de madeira	Resíduos florestais	Frações de madeira	Madeira (Outros)	Palha	Cana-de-açúcar	Resíduos do milho	Combinações	Culturas energéticas	Culturas de madeira de curta rotação	Resíduos sólidos municipais	Lípidios	Multi matérias-primas	Capim-elefante
Áustria	x														
Dinamarca						x			x					x	
Finlândia			x		x					x					x
França															x
Alemanha		x			x										
Itália			x											x	
Holanda															x
Noruega	x														x
Espanha						x									
Suécia	x													x	x
Reino Unido															x
China						x		x							
Índia									x						
Japão		x													
Nova Zelândia															
Tailândia							x								
Canadá	x	x				x		x				x			
EUA	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Brasil							x								x

Fonte: Adaptado de Murphy (2010).

de apoio a PD&I em biocombustíveis, mas, sobretudo, pela maior capacidade de influência do governo federal sobre o país.

Por outro lado, tal como o apoio governamental europeu, o esforço norte-americano notabiliza-se pelo elevado volume de recursos aportados para o desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis. Segundo estimativas do DOE (2010), foram investidos, entre 2000 e 2009, cerca de US\$ 2,1 bilhões no desenvolvimento de novas tecnologias em bioenergia. Tal como na UE, boa parte dos recursos também será carreada para o

desenvolvimento da produção agrícola, de transporte e pré-tratamento de biomassas que minimizem o custo da conversão industrial de biocombustíveis que, no caso norte-americano, estará mais concentrado no etanol celulósico.⁵⁰

Assim como no caso europeu, os resultados do apoio governamental ainda não produziram os efeitos esperados. Das nove plantas em operação nos EUA, nenhuma delas está acima da escala piloto.

O esforço brasileiro, ao contrário dos analisados anteriormente, é o que apresenta menor capacidade de coordenação. Conforme discutido, a multiplicidade de fontes públicas de fomento e de instituições de pesquisa implica um quadro em que predominam a pulverização de recursos e a concentração do apoio em linhas de pesquisa já maduras, em detrimento dos projetos de pesquisa nas novas rotas de conversão de biocombustíveis, notadamente mais promissoras do ponto de vista econômico-ambiental.

Além disso, outra característica do programa brasileiro é a relativamente pequena monta de recursos, quando comparado às iniciativas dos EUA e da UE. Mesmo quando se agregam as diversas iniciativas em curso no Brasil, os recursos destinados às novas rotas de conversão de biocombustíveis alcançam US\$ 550 milhões.

Em razão da existência de uma biomassa de baixo custo, cuja experiência produtiva é secular – ao contrário do que ocorre na UE e nos EUA –, o Brasil não necessita concentrar recursos para o desenvolvimento de biomassas economicamente viáveis para a produção do etanol de segunda geração. Ademais, o país também tem a vantagem de já ter formado uma ampla rede de distribuição de etanol, facilitando o uso do produto. A forte tendência na venda de carros *flex fuel*, motivada pela possibilidade de opção entre etanol e gasolina, é outra evidência de que há uma cultura de uso do produto no país, vantagem não disponível nos EUA e na UE. Em razão desse desafio menos amplo, ainda que com recursos menores, é possível alcançar resultados importantes.

De qualquer forma, os resultados alcançados até agora pelo Brasil são ainda menos significativos do que os vistos nas experiências analisadas.

⁵⁰ Cabe salientar que tais recursos serão aplicados em uma variedade de iniciativas, desde biocombustíveis, particularmente etanol, até o aproveitamento de resíduos de lixo municipal.

Até o momento, apenas duas plantas estão em operação aqui, ambas em escala piloto. A Tabela 8 resume as principais características de cada um dos programas aqui discutidos.

Tabela 8 | Diagnóstico comparado das iniciativas de EUA, UE e Brasil

Programa	Capacidade de coordenação	Volume de recursos	Principais desafios tecnológicos	Unidades em operação
EUA	Alta	Alto	Biomassa e conversão industrial	9 plantas-piloto
UE	Média	Alto	Biomassa e conversão industrial	9 plantas-piloto e 1 demonstração
Brasil	Baixa	Baixo	Conversão industrial	2 plantas-piloto

Fonte: Elaboração própria.

Enfim, poderíamos concluir que, apesar da maior capacidade de articulação e da disponibilidade de recursos financeiros dos EUA e da UE, tais vantagens não se reverteram, até o momento, em resultados significativos. Assim, é possível afirmar que o certame acima diagnosticado ainda está em aberto e, se o Brasil voltar-se para a superação de suas fraquezas, há um bom espaço para ser mais bem-sucedido, sobretudo porque, diferentemente daqueles, aqui a questão da economicidade da biomassa para as novas rotas de conversão está mais bem equacionada.

Sugestões para um novo modelo de apoio a PD&I no Brasil

Conforme discutido, o melhor posicionamento quanto à disponibilidade de biomassa a baixo custo confere uma vantagem competitiva ao Brasil que, uma vez aliada a um apoio mais eficiente para o desenvolvimento das novas técnicas de conversão, poderia levar o país a ser o pioneiro na produção de etanol celulósico e outros biocombustíveis avançados.

Contudo, para que tal cenário se concretize, o atual modelo de apoio das agências federais a PD&I de biocombustíveis precisa ser aperfeiçoado. Dentre os principais pontos de alteração, destacam-se: i) aumento da disponibilidade e previsibilidade de recursos; ii) maior focalização em

projetos de biocombustíveis avançados; iii) melhor coordenação das agências de fomento federais; e iv) construção de um modelo de fomento coordenado.

Com relação ao primeiro aspecto, de forma a fazer frente às iniciativas de EUA e UE, é necessário não só aumentar a escala de recursos disponíveis como também proporcionar mais previsibilidade aos possíveis beneficiários. A maior disponibilidade se justifica na medida em que, para que as novas tecnologias de conversão sejam testadas, é preciso conhecer, em escala real, os desafios técnicos e econômicos a serem vencidos, o que, por sua vez, exigirá o apoio a projetos de escalonamento industrial, que notadamente demandam maiores investimentos.

Por outro lado, por se tratar de empreendimentos de longo prazo e elevada incerteza, os investimentos em novas tecnologias naturalmente se tornam menos atraentes para boa parte dos investidores. Tal situação se agrava ainda mais quando o apoio governamental oferecido não tem continuidade a médio e longo prazos, o que ajuda a inibir ainda mais os possíveis inovadores. Desse modo, além da maior disponibilidade de recursos, é fundamental que o apoio governamental garanta uma disponibilidade futura de recursos, de forma a dar mais segurança em relação à continuidade do apoio.

Outro ponto importante é a questão da focalização. Conforme já discutido, a capacidade de aumento de produtividade das rotas convencionais de produção de biocombustíveis, sobretudo de etanol, está praticamente esgotada. Seria oportuno, então, que as rotas mais promissoras, em especial o etanol celulósico e novos produtos a partir da biomassa canavieira, fossem priorizadas, de forma a aumentar os retornos econômicos, sociais e ambientais dos fundos públicos federais de apoio a PD&I.

A melhoria da eficiência da aplicação dos recursos também passa por uma melhor coordenação das agências federais responsáveis pela aplicação desses recursos. No modelo atual, BNDES e Finep têm agendas próprias de apoio ao desenvolvimento tecnológico do setor, com prioridades distintas. Assim, é de fundamental importância a revisão desse modelo, de maneira a permitir que os recursos sejam aplicados de forma concatenada. Isso evitaria duplicidade de esforços e pulverização dos recursos, assim como permitiria o aparecimento de sinergias entre os projetos de PD&I apresentados às respectivas agências de fomento.

Finalmente, é preciso salientar que todo esse esforço seria perdido se não houvesse um empenho para melhorar a qualidade dos projetos apresentados. No modelo de editais de projetos, muitas vezes não há tempo para a elaboração de propostas mais bem organizadas – seja do ponto de vista da coordenação entre grupos de pesquisadores, que potencialmente poderiam associar-se em torno de uma única proposta, seja pela incapacidade de se negociar, com investidores privados, compromissos com o posterior investimento no escalonamento industrial e na capacitação comercial para levar a mercado as tecnologias desenvolvidas.

Conclusão

Este artigo procurou mapear e avaliar as principais iniciativas do governo brasileiro no que diz respeito a PD&I de biocombustíveis de segunda geração, sempre tendo como pano de fundo a comparação com os principais esforços em andamento nos EUA e na UE.

Pela sua compatibilidade com o sistema veicular atual, os biocombustíveis apresentam significativo potencial no combate ao aquecimento global. Contudo, para que os efeitos positivos gerados na redução dos GEE não sejam compensados por possíveis impactos negativos, como a maior pressão sobre a cobertura florestal nativa ou mesmo o aumento do preço dos alimentos, é necessário que novas técnicas sejam desenvolvidas para que se aumente a eficiência da produção dos biocombustíveis.

Em razão disso, está em curso uma corrida tecnológica internacional para o desenvolvimento de novas rotas de conversão mais produtivas e, assim, poupadoras de recursos naturais. Dentre tais rotas, destacam-se aquelas capazes de utilizar resíduos lignocelulósicos para produção de etanol e aquelas que geram combustíveis com maior conteúdo energético a partir das matérias-primas correntemente utilizadas.

Os EUA e a UE sobressaem pela enorme alocação de investimento público para o desenvolvimento dessas novas tecnologias. Ao todo, estima-se que, entre 2000 e 2013, os programas europeus e norte-americanos destinarão cerca de US\$ 5 bilhões para PD&I em biocombustíveis. Os resultados alcançados até o momento, contudo, são pouco significativos, pois das 18 plantas em operação em ambas as regiões, apenas uma pode ser considerada em escala acima da piloto.

O Brasil, por outro lado, apresenta orçamento bem mais tímido e, além disso, sua capacidade de coordenar a aplicação dos recursos necessita de aprimoramento. Apesar disso, ao contrário dos EUA e da UE e em razão da produtividade agrícola da cana-de-açúcar, o país não tem como desafio a identificação de uma biomassa economicamente competitiva, exigindo menor monta de investimentos. A rede de postos de serviços e a cultura de uso do etanol são outros pontos favoráveis ao país.

A análise comparada da atual corrida tecnológica mostra que, superadas suas principais fraquezas, o esforço brasileiro pode ser mais bem-sucedido. Dadas as vantagens oferecidas pela biomassa da cana-de-açúcar, esse esforço pode ultrapassar os programas europeus e norte-americanos que, apesar do considerável volume de recursos investidos, ainda têm pouco a comemorar quanto a tecnologias efetivamente desenvolvidas.

Enfim, como este artigo procurou demonstrar, por meio de um programa de fomento coordenado, o Brasil tem mais chances de desenvolver o etanol de segunda geração e ainda avançar em outras três vertentes: o uso da cana-de-açúcar como matéria-prima para produtos de maior valor agregado; a valorização dos subprodutos da cana, especialmente a palha e o bagaço; e o desenvolvimento de novas aplicações para o etanol, como insumo para indústrias e processos.

Referências

BASTOS, V. D. Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-38, mar. 2007.

BOMTEMPO, J. *Documento setorial: biocombustíveis*. Projeto Perspectivas do Investimento no Brasil (PIB). Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando a substituição parcial da gasolina no mundo – Fase 2*. Campinas: Nipe/Unicamp, 2007.

CHAGAS, A. L. S.; TONETO JUNIOR, R.; AZZONI, C. R. Teremos que trocar energia por comida? Análise do impacto da expansão da produção de cana-de-açúcar sobre o preço da terra e dos alimentos. *Revista Economia*, Campinas, 2009.

- DOE – US DEPARTMENT OF ENERGY. *Biomass Multi-Year Program Plan*, 2010.
- FEA-USP. Uso da terra e expansão da cana-de-açúcar no Brasil. *O Boletim Sucroalcooleiro*. Ribeirão Preto: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, v. 1, n. 1, p. 4-5, out. 2009.
- FURTADO, A. T. *et al.* *Innovation system in the Brazilian cane agroindustry*. Paper presented in the IV Globelics Conference at Mexico City. Sept. 22-24, 2008.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *International Energy Outlook*. World Energy Outlook, 2008.
- . *International Energy Outlook*. World Energy Outlook, 2009.
- . *Sustainable production of the second generation biofuels. Potential and perspectives in major economies and the developing*, 2010.
- LICHT, F. O. *World Ethanol Biofuel Report*, v. 8, n. 18, 2010.
- MAIA, B. A. A. *Política de inovação do etanol celulósico*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro: Instituto de Economia, 2010.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano Anual de Agroenergia*, 2006.
- MURPHY, J. *Feedstock trends in the advanced biofuels industry*. St. Louis: trabalho apresentado em Fuel Ethanol Workshop, jun. 2010.
- NOGUEIRA, L. A. H. *Bioetanol de cana-de-açúcar. Energia para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: BNDES e CGEE (orgs.), 2008.
- OLIVETTE, M. P. de A.; NACHILUK, K.; FRANCISCO, V. L. F. dos S. Análise comparativa da área plantada com cana-de-açúcar frente aos principais grupos de culturas nos municípios paulistas, 1996-2008. *Informações Econômicas*, v. 40, n. 2, p. 42-59, 2010.
- ROSA, S. E. S. O debate recente sobre o pico da produção do petróleo. *Revista do BNDES*, n. 28, p. 171-200, dez. 2007.
- ROSA, S. E. S.; GARCIA, J. L. F. O etanol de segunda geração: Limites e oportunidades. *Revista do BNDES*, n. 32, p. 117-156, dez. 2009.
- UEKI, Y. *Industrial development and the innovation system of the ethanol sector in Brazil*. Institute of Developing Economies, 2007.

Sites consultados

www1.eere.energy.gov
www.eia.doe.gov
www.brdisolutions.com
www.ers.usda.gov
www.usda.gov
www.epa.gov
www1.eere.energy.gov
www.energy.gov
www.whitehouse.gov
www.setis.ec.europa.eu
www.biomap.kcl.ac.uk/
www.setis.ec.europa.eu
www.nemo.vtt.fi
www.cordis.europa.eu
www.www.agricultura.gov.br

Entrevistas

Elba P. S. Bom – UFRJ, Centro Tecnológico, maio de 2010.
Jaime Fingerut – CTC, maio de 2010.
José Luiz Olivério – Dedini Indústria de Base, maio de 2010.
Luis Mendonça Frutuso - Petrobras, maio de 2010.
Marcos Silveira Buckeridge – CTBE, maio de 2010.
Maria Cristina Espinheira Saba – Petrobras, maio de 2010.
Ney Serrão Vieira Junior – Petrobras, maio de 2010.