

RenovaBio e biomassa vegetal no Brasil: Biotecnologia que possibilita alta produtividade sustentável

Alessandra Camelo^{1,2}, Patrícia Léo², José Ivo Baldani³, Patricia Helena Lara dos Santos Matai¹, Alfredo Eduardo Maiorano²

¹Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente – PPGE/IEE, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brazil. alecameloeng@gmail.com

²Laboratório de Biotecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo, SP, Brazil

³Laboratório de Genética e Bioquímica, Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia – CNPAB, Seropédica, RJ, Brazil

Resumo

A produção de biomassa vegetal para aplicações bioenergéticas geradas a partir de plantas cultivadas em solos brasileiros ainda é subestimada em relação a potencial de rendimento sustentável, onde a perspectiva técnica e a otimização foram exaustivamente investigadas e aprimoradas para conversão energética no campo da Engenharia. No entanto, demandas presentes e futuras advindas do Programa RenovaBio desafiam o setor agrícola na sua base biotecnológica já no plantio ou semeio da lavoura, encontram-se oportunidades substanciais de otimização e garantia de rendimento de biomassa. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é discutir casos de sucesso dentro da biotecnologia onde o Brasil rompeu barreiras de inovação e ainda tem oportunidades claras para seguir avançando mediante incentivos massivos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). Para tal, foram analisados dois casos identificados como relevantes e de sucesso de PD&I na área biotecnológica com potencial de contribuição atual e futura para a produtividade sustentável no campo. O caso 1 analisa de forma geral o melhoramento vegetal como a resistência de cultivares à incidência de broca e o caso 2 aborda a tecnologia de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) para *commodities* brasileiras. Assim, foram avaliadas os objetivos, investimento e retorno estimado em campo atual e futuro sugerindo a importância da continuidade em PD&I nas pesquisas para atender a demanda presente e futura de biomassa vegetal impulsionadas pelo programa RenovaBio.

Palavras-chave. Fixação Biológica de Nitrogênio. Inoculante. Melhoramento Vegetal. Tecnologia BT.

Introdução

O programa RenovaBio, lançado no final de 2017 como uma política de Estado no Brasil, propõe o reconhecimento do papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na oferta energética brasileira. A iniciativa visa a segurança energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), aplicando a Renovacalc para cálculo da intensidade de carbono dos biocombustíveis com base na Avaliação do Ciclo de Vida – AVC (MME, 2017). O RenovaBio reforça o compromisso do Brasil em relação ao cumprimento do Acordo de Paris

e empenho frente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODSs) do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD (MDPG, 2017). Além disso, promete estimular o aumento do volume vendido de biocombustível ano após ano, visando dobrar o uso de etanol até 2030 e que atualmente encontra-se na casa dos 26 bilhões de litros por ano (TEIXEIRA, 2018). No entanto, para que o programa seja um sucesso, as lideranças precisam negociar com os diferentes *stakeholders* envolvidos a fim de extrapolar investimentos em macroprocessos de engenharia, que são muito visados pelo retorno rápido, e atentarem também para a necessidade de investimentos vigorosos na ponta inicial da cadeia de produção dos biocombustíveis: a relacionada com a produção da matéria prima vegetal sustentável e de qualidade.

Dentro da biotecnologia para biomassa vegetal no Brasil e no mundo, destacam-se melhoramento e microbiologia para investimento de recursos Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação. O melhoramento de variedades adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras e com maior praticidade na execução de tratos agrícolas visa obter maior produtividade no campo e menor emissão de gases causadores de efeito estufa (FUCK & BONACELLI, 2011). Ainda, outro carro chefe do setor que precisa de um olhar mais atento para continuar gerando ótimos resultados é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). A FBN pode ser definida como processo que dispensa o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos graças a ação do complexo enzimático Nitrogenase presente em bactérias diazotróficas, fornecendo N assimilável durante interação com as plantas (Hennecke et al. 1985). Com isso, o objetivo do presente trabalho foi o de analisar dois casos de sucesso da biotecnologia no Brasil que otimizaram a produção de biomassa vegetal em termos sustentáveis, visando estimular investimentos futuros de possíveis *stakeholders* em soluções biotecnológicas diversas para suprir a demanda crescente de biomassa com a ascensão do programa RenovaBio.

Material e Métodos

A pesquisa foi baseada em dois estudos de caso identificados como relevantes e de sucesso de PD&I na área biotecnológica com potencial de contribuição atual e futuramente para a produtividade sustentável no campo. O caso 1 analisa de forma geral o melhoramento vegetal como a resistência de cultivares à incidência de broca e o caso 2 aborda a tecnologia de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) para *commodities* brasileiras, incluindo culturas sucroenergéticas. Assim, foram avaliados os objetivos, investimento e retorno estimado em campo, nos dias atuais e futuramente, sugerindo a importância da continuidade em PD&I nas pesquisas para atender a demanda presente e futura do programa RenovaBio.

Resultados e Discussão

Caso 1 Melhoramento de cultivares: obtenção de variedades resistentes, logo, mais produtivas

Um eixo importante de inovação na área de melhoramento vegetal diz respeito à resistência de cultivares ao ataque de pragas e insetos, que ocorre não só por seleção de plantas resistentes naturalmente como também por modificação genética. Um caso importante é o *Diatraea saccharalis*, mais conhecido como broca, que ataca plantações de gramíneas para bioenergia como a cana-de-açúcar e causa prejuízos de até R\$ 5 bilhões de reais anualmente

devido a perdas em produtividade agrícola e industrial, qualidade do açúcar e custos com inseticidas (UNICA, 2017; CTC, 2017). Por conta de um efeito tóxico aos insetos, cientistas identificaram no DNA da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) os genes *cry* e *vip* responsáveis pela expressão das proteínas inseticidas e os introduziram em plantas como a soja, o milho, o algodão e, mais recentemente na cana (BLANCO et al., 2016). Diversos estudos vem sendo realizados para Tecnologia de Resistência à Insetos (RI), onde o retorno financeiro atual e projeções futuras comparam cultivares resistentes e convencionais importantes para o setor agrícola brasileiro. As projeções de lucro apontam que a safra 2027/28 de cultivares RI deve superar as variedade convencionais de milho inverno em 60,56%, milho verão em cerca de 37,8%, soja em 12,5% e algodão em 2,44%. Ainda, segundo dados da Agroconsult (2016), os custos envolvidos no plantio destas culturas podem atingir economia de até R\$ 113 reais ha⁻¹.

Além das cultivares apresentadas na Figura 1, o recente desenvolvimento das genuinamente brasileiras canas Bt pelo CTC fortalecem o setor sulcroalcooleiro por serem as primeiras canas-de-açúcar geneticamente modificadas e aprovadas para comercialização mundial. Além disso, após longo processo de análise considerando risco ambiental e saúde humana, a CTC20Bt já plantada em 2018 e a mais recente CTC9001BT que terá mudas distribuídas para a safra 2019/20, contam com aprovação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio (CTC, 2018). No estado atual de conhecimento, ainda não há dados publicamente divulgados com relação à produtividade e rentabilidade das safras de CTC20Bt no campo, além da economia anual que dispensa os insumos aplicados contra a praga. No entanto, alguns indicadores positivos da tecnologia como saúde da planta em condições de campo foram divulgados, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Impacto no campo da tecnologia Bt observada para cana CTC20BT em comparação com variedade convencional, com relação ao índice da planta e saúde visual das touceiras



Fonte: CTC, 2017.

Caso 2: Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

O caso 2 analisado é referente ao processo de Fixação Biológica de Nitrogênio. Muito mais do que fornecedoras de N, as bactérias (BPCP) e rizobactérias (RPCP) promotoras de crescimento fornecem fitohormônios às plantas, incluindo auxina (CASSÁN et al., 2014) e giberelina (COHEN et al., 2007), além de proporcionar solubilização de fosfato complexado

no solo para formas assimiláveis às plantas (ESTRADA et al., 2013). A FBN sempre foi reconhecida como destaque brasileiro de inovação biotecnológica, incluindo os recentes avanços relacionados à formulação de inoculantes com elevada eficiência. A tendência de demanda de biomassa de gramíneas para o RenovaBio prevê esforços no desenvolvimento de inoculantes múltiplos, seleção de novas estirpes, pesquisas para o avanço no conhecimento básico e geração de tecnologias portadoras de futuro na área de biotecnologia.

Em termos econômicos, o Brasil encontra na soja o principal *case* de sucesso de simbiose e que é reconhecido ao redor do mundo: o da soja inoculada com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium* spp. tem resultado em uma economia de até USD \$ 14 bilhões anuais, valor este que varia dependendo da área cultivada (ha) da taxa cambial real (R\$) para dólar (\$) em base anual (EMBRAPA, 2018). No entanto, mais estudos necessitam ser realizados com relação às RPCP, pois para diversas leguminosas o sistema não foi completamente elucidado, como o feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) tão querido e presente no prato dos brasileiros (HELDER et al., 2019). Já no que tange às BPCP para as gramíneas, ainda não há resultados estrondosos como os atingidos para a soja. Neste sentido, o avanço das pesquisas envolvendo gramíneas perenes brasileiras como cana-de-açúcar e capim elefante carecem de investimento massivo em CT&I para deslanchar. Atualmente o mercado dispõe de inoculantes comerciais a base de estirpes de *Azospirillum* spp. para as culturas de milho e trigo com a produção anual de cerca de 5,9 milhões de doses de inoculantes comercializados ao ano (ANPII, 2018). Os estudos estão em expansão para as pastagens (HUNGRIA et al., 2016) e cana-de-açúcar (REIS et al., 2018 – congresso FBN – Foz do Iguaçu) assim como no uso conjunto do inoculante de milho e da soja que tem apresentado ganhos expressivos para a cultura da soja.

A partir do compromisso do Brasil fixado na 15ª Conferência das Partes (COP15), buscou-se ampliar para cerca de 5,5 Mha a FBN na agricultura como meta orientada para diminuição do N-fertilizante. Com essa ampliação, estima-se que a redução de emissão chegaria a 10 milhões de ton ano⁻¹ de CO₂ equivalente em 2020 (EMBRAPA, 2018). Ainda, além da importância da inoculação no que tange à redução da emissão de GEEs e viabilidade técnica, a estimativa de viabilidade econômica também tem papel fundamental na disseminação da tecnologia e futuros investimentos para avanço e aperfeiçoamento destas. Um estudo detalhado recente trouxe, de forma inédita, avaliação de índice econômico para cana-de-açúcar cultivada em duas localidades no Brasil a fim de inferir sobre a viabilidade econômica da FBN nesta gramínea. O trabalho de Pereira et al. (2019) contou com tratamentos como controles absolutos, abubação N-fertilizante (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) com e sem inoculação com mix de cinco bactérias fixadoras de N, incluindo *Gluconacetobacter diazotrophicus* PAL5^T. Concluiu-se, no melhor dos casos, que a inoculação com o mix de bactérias adubado com dose de 50 kg ha⁻¹ atingiu o maior retorno econômico de US\$ 2.781,8 perante os demais tratamentos e considerando as duas localidades estudadas. No entanto, o importante estudo reporta dados experimentais de 2010, trazendo a base de cálculo para este mesmo ano. Ainda assim, ressalta-se a importância do trabalho considerando a carência de estudos similares detalhados na literatura para FBN em cana-de-açúcar e demais gramíneas de interesse bioenergético, que incluem devida avaliação de viabilidade econômica.

Conclusões

O governo como um agente regulador e contribuinte principal no fomento a CT&I tem a árdua tarefa de conciliar estabilidade de desenvolvimento com um ambiente favorável para negócios responsáveis, inovação em áreas estratégicas, além de estrutura legal que salvegarde propriedade intelectual e certificação. Investimentos massivos em biotecnologia devem continuar sendo realizados, possibilitando assim avanços na elucidação do mundo bacteriano que proporcione inoculantes mais eficazes. Além disso, outros *stakeholders* podem e devem ser incluídos no desenvolvimento de tecnologia visando melhoramento vegetal para variedades de interesse nacional mais resistentes e produtivas. Desta forma, com maior produtividade e redução drástica da emissão de GEEs no ciclo produtivo de biomassa vegetal, o setor agro e sucroenergético serão capazes de atender as demandas do RenovaBio de forma sustentável e em conformidade com acordos internacionais firmados pelo País.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) e ao Programa Novos Talentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (NT-IPT). Alessandra Camelo é bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) e Demanda Social de Apoio às Atividades de Pós-Graduação no Programa de Energia (PPGE) do Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo (IEE-USP).

Referências Bibliográficas

ANPII – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INOCULANTES. Levantamento do Uso de Inoculantes no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8, 2018, Goiânia. **Resumos...** Goiás: Embrapa Soja & Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018, 33 p.

AGROCONSULT (2018) IMPACTOS ECONÔMICOS E SÓCIO-AMBIENTAIS DA TECNOLOGIA DE PLANTAS RESISTENTES A insetos NO BRASIL: Análise Histórica, Perspectivas e Desafios Futuros, *Agroconsult*, 57 p. Disponível em: <<http://apps.agr.br/wp-content/uploads/2018/12/Impactos-do-Milho-Bt-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 26/04/2019

BLANCO, CA CHIARAVALLE, W DALLA-RIZZA, JR GARCÍA-DEGANO, MF GASTAMINZA, G MOTA-SÁNCHEZ, D MURÚA, MG OMOTO, C PIERALISI, BK RODRÍGUEZ, J RODRÍGUEZ-MACIEL, JC TERÁN-SANTOFIMIO, H TERÁN-VARGAS, AP VALENCIA, SJ WILLINK, E (2016) Current situation of pests targeted by Bt crops in Latin America. *Current Opinion in Insect Science*, V. 15, pp. 131–138

CASSÁN, F. VANDERLEYDEN, J. SPAEPEN, S. (2014) Physiological and Agronomical Aspects of Phytohormone Production by Model Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Belonging to the Genus *Azospirillum*. *Journal of Plant Growth Regulation*. V. 33, pp. 440–459.

COHEN, A. C. BOTTINI, R. PICCOLI, P. N. (2007) *Azospirillum brasiliense* Sp 245 produces ABA in chemically-defined culture medium and increases ABA content in arabidopsis plants. *Journal of Plant Growth Regulation*. V. 54, pp. 97–103

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA (2017) Bula Técnica CTC 20 BT. *Centro de Tecnologia Canavieira*, 20 p. Disponível em: <<https://variedadesctc.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Bula-CTC20BT.pdf>>. Acesso em: 29/04/2019

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA (2018) CTNBio aprova 2ª variedade de cana transgênica do CTC resistente à broca. Disponível em: <<http://ctc.com.br/ctnbio-aprova-2a-variedade-de-cana-transgenica-do-ctc-resistente-a-broca/>>. Acesso em: 29/04/2019

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2018) Fixação Biológica de Nitrogênio em Soja. In: Soluções Tecnológicas. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3780/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-soja>>. Acesso em: 23/04/2019

ESTRADA, G. A. BALDANI, V.L.D. DE OLIVEIRA, D.M URQUIAGA, S. BALDANI J. I. (2013) Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. *Plant & Soil.* V. 369, I. 1–2, pp. 115–129

FUCK, M. P. BONACELLI, M. B. (2011) O contexto da organização da ciência, tecnologia e inovação: evolução histórica e perspectivas futuras para o melhoramento genético vegetal no Brasil. *Desenvolvimento em Debate.* V. 2, N. 2, pp. 73–89

HUNGRIA, M. NOGUEIRA, M. A. ARAUJO, R. S. (2016) Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasiliense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* V. 221, pp. 125–131

SILVA, H. A. P. da CAETANO, V. S. PESSOA, D. D. V. PACHECO, D. S. ARAÚJO, J. L. S. (2019) Molecular and biochemical changes of aging-induced nodules senescence in common bean. *Symbiosis*, pp. 1–16

HENNECKE, H. KALUZA, K. THÖNY, B. FUHRMAN, M. LUDWIG, W. STACKEBRANDT, E. (1985) Concurrent evolution of nitrogenase genes and 16S rRNA in Rhizobium species and other nitrogen fixing bacteria. *Archives of Microbiol.* V. 142, I. 4, pp. 342–348

MPDG – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, PLANEJAMENTO E GESTÃO (Atualmente Ministério da Economia MP nº 870/2019) (2017) Relatório Nacional Voluntário Sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://www.secretariadegoverno.gov.br/snash/documents/relatoriovoluntario_brasil2017port.pdf>. Acesso em: 26/04/2019

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2017) Programa RenovaBio. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principais>>. Acesso em: 22/04/2019

PEREIRA, W. SOUSA, J. S. SCHULTZ, N. REIS, V. M. Sugarcane Productivity as a Function of Nitrogen Fertilization and Inoculation with Diazotrophic Plant Growth-Promoting Bacteria. *Sugar Tech*, V. 21, I. 1, pp. 71–82

TEIXEIRA, M. BP (2018) acredita que RenovaBio deve impulsionar investimentos em biocombustíveis. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/investimento/bp-nova-politica-biocombustivel-brasil-impulsionando-investimentos-291118>>. Acesso em: 27/04/2019

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (2017) CANA GENETICAMENTE MODIFICADA DESENVOLVIDA PELO CTC É APROVADA NA CTNBIO. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/16900437920320868796/cana-geneticamente-modificada-desenvolvida-pelo-ctc-e-aprovada-na-ctnbioagroambientais>>. Acesso em: 28/04/2019