

**CANA-DE-AÇÚCAR, TECNOLOGIA E PRODUÇÃO:
NOTAS SOBRE O DESEMPENHO ECONÔMICO, PRODUTIVO E A
INTERNALIZAÇÃO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO NO BRASIL**

**SUGARCANE, TECHNOLOGY AND PRODUCTION:
NOTES ON ECONOMIC AND PRODUCTION PERFORMANCE AND
INTERNALIZATION OF BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL IN BRAZIL**

Katia Nachiluk

Instituto de Economia Agrícola, Pesquisadora Científica katia.nachiluk@sp.gov.br

Anapátricia Morales Vilha

Filiação Universidade Federal do ABC, Profa. Dra. de Pós-Graduação de Economia e Biotecnociência – UFABC E-mail anapatricia.vilha@ufabc.edu.br

Rosana de Oliveira Pithan e Silva, Pesquisadora Científica - Instituto de Economia Agrícola – IEA/SAA rosana.pithan@sp.gov.br

Grupo de Trabalho (GT): GT12. Temas emergentes no agronegócio

Resumo

A ciência e a tecnologia As soluções tecnológicas identificadas por meio da prospecção tecnológica e artigos de bases científicas devem ser aliadas na identificação de oportunidades para o setor no sentido de contribuir para o aumento na produção, levando em consideração as questões de sustentabilidade e o incentivo à adoção de alternativas tecnológicas presente na Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), que propõe ações para viabilizar oferta de energia sustentável e competitiva, impulsionando e consolidando a inovação para aumentar a competitividade dos biocombustíveis na matriz energética nacional, acelerar o desenvolvimento e a inserção de avançados e novos biocombustíveis. A biotecnologia pode representar ganhos de agilidade, eficiência e redução de custos nos processos produtivos. O presente estudo teve como objetivo geral posicionar a biotecnologia nos processos produtivos do setor, observando-se oportunidades na adoção de alternativas tecnológicas para diversificação da produção, reaproveitamento dos subprodutos e aumento de rentabilidade. Para tanto, foi realizada a revisão de literatura, a busca de artigos científicos em bases específicas e o estabelecimento de estratégias de consulta e prospecção de patentes, onde observou-se as principais áreas estudadas para o período analisado, demonstrando a conexão entre bioeconomia (biológicos) e o setor. Foi elaborado mapa analítico do sistema agroindustrial com o posicionamento de soluções biotecnológicas no processo produtivo e identificados os produtos oriundos a partir dos subprodutos da agroindústria canavieira. A pesquisa em bases acadêmicas e de patentes mostra a evolução das áreas de atuação do setor, e aponta para oportunidades de novos produtos, como materiais biológicos, biocombustíveis, melhoramento vegetal e bioinseticidas, e setores a serem explorados, como a área da saúde e alimentação, ou seja, novos mercados que utilizem os produtos e subprodutos oriundos da agroindústria a fim de agregar valor ao produto.

Palavras-chave: biotecnologia; processos produtivos; setor sucroenergético; bioeconomia

Abstract

The technological solutions identified through technological prospecting and scientifically based articles must be allied in identifying opportunities for the sector in order to contribute to the increase in production, taking into account sustainability issues and encouraging the adoption of technological alternatives present in the National Biofuel Policy (RenovaBio), which proposes actions to enable sustainable and competitive energy supply, boosting and consolidating innovation to increase the competitiveness of biofuels in the national energy matrix, accelerate the development and insertion of advanced and new biofuels. Biotechnology can represent gains in agility, efficiency and cost reduction in production processes. The present study had the general objective of positioning biotechnology in the productive processes of the sector, observing opportunities in the adoption of technological alternatives for diversifying production, reusing by-products and increasing profitability. To this end, a literature review was carried out, the search for scientific articles in specific bases and the establishment of consultation strategies and patent prospecting, where the main areas studied for the analyzed period were observed, demonstrating the connection between bioeconomy (biological) and the sector. An analytical map of the agro-industrial system was prepared with the positioning of biotechnological solutions



in the production process and the products derived from the by-products of the sugarcane agroindustry were identified. Research on academic and patent bases shows the evolution of the sector's areas of activity, and points to opportunities for new products, such as biological materials, biofuels, plant improvement and bioinsecticides, and sectors to be explored, such as health and food. , that is, new markets that use products and by-products from agroindustry in order to add value to the product.

Key words: *biotechnology; production processes; sugar-energy sector; bioeconomy*

1. Introdução

O complexo sucroenergético é um setor de grande importância para o agronegócio Paulista, ao longo dos anos, a produção de cana-de-açúcar vem passando por modificações nas diversas etapas de seu sistema de produção até fase final de moagem.

Observar as modificações que vêm ocorrendo, tanto por parte do consumidor (interno e externo) – que cada vez mais impõe suas necessidades em relação ao impacto ambiental e à qualidade de vida e do produto –, quanto pelo impacto nas empresas que atuam no setor faz-se necessário com o objetivo de conhecer as demandas de consumo como de produção.

As ações de sustentabilidade, porém, estão atreladas a novas estratégias e projetos de avaliação de viabilidade econômica, social e ambiental que perpassam aspectos explorados a partir de conhecimentos estruturados e discutidos em várias esferas de conhecimento, exigindo, assim, a junção de instrumental teórico e conceitual interdisciplinar, a exemplo das recentes experiências abordadas na chamada bioeconomia.

Por reunir todos os setores da economia que utilizam recursos biológicos com o objetivo de oferecer soluções coerentes e concretas para os desafios sociais, a bioeconomia visa transformar o conhecimento e as novas tecnologias em inovação para indústria, agricultura e sociedade. Entendem-se como desafios para os setores a crise econômica, mudanças climáticas, substituição de recursos fósseis e segurança alimentar e inclusão social.

Nesse sentido, torna-se importante ações para produção de energia, alimento e combustíveis alinhadas com os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela United Nations (UN) e a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)¹ com o intuito de desenvolver tecnologias para produção sustentável de alimento, biorrenováveis e energia para todos. O setor pode contribuir com propostas e ações relacionadas aos ODS: 7 – energia limpa e acessível; 9 – indústria, inovação e infraestrutura; 13 – ação contra a mudança global do clima; e 17 – parcerias e meios de implementação fortalecendo as parcerias globais para o desenvolvimento sustentável (UN, 2021). E ações alinhadas a política do RenovaBio que impacta nos investimentos e competitividade do setor de biocombustíveis nos próximos anos pelo incentivo ao desenvolvimento tecnológico e à inovação, e a política visa consolidar a base tecnológica, aumentar a competitividade dos biocombustíveis na matriz energética nacional e acelerar o desenvolvimento e a inserção novos e avançados biocombustíveis.

Compreender a forma na qual a unidade agroindustrial realiza a adoção desses tipos de inovações para maximizar a eficiência por meio da redução de custos ou riscos na busca de novos mercados é fundamental diante das atuais transformações tecnológicas da área e das exigências do respectivo mercado.

2. Produção, tecnologia e o potencial biotecnológico do setor sucroenergético²

¹Estabelecida pela Lei n. 13.576 de 26 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017).

²O termo biotecnologia, segundo documento da Convenção sobre Diversidade Biológica, utilizado como "qualquer aplicação de tecnologia que use sistemas biológicos, organismos vivos ou derivados desses, para fazer ou modificar produtos ou processos para um uso específico" (DIAS, B. F. S., 2000).



A produção agrícola e industrial do setor passa por transformações nos últimos anos com a adoção de soluções tecnológicas como equipamentos mais modernos e variedades mais resistentes à seca e a herbicidas com maior eficácia para que possam atender a demanda de produção de alimentos e energia de forma mais sustentável.

As tecnologias céleres e direcionadas para ganho de produtividade, diminuição de perdas e menor impacto ao ambiente (GOMES; BORÉM, 2013) são importantes ferramentas na gestão da propriedade e nos processos da agroindústria. Fuck e Vilha (2011) comentam que a inovação deve ser entendida com processo mais amplo do que as estratégias individuais e também estruturar rotinas e ferramentas, pois envolve e depende de fatores internos e externos.

No entanto, é necessário antes avaliar os gargalos para encontrar soluções adequadas a cada situação, seja na área agrícola ou na industrial. A inovação tecnológica pode ser uma ferramenta utilizada na propriedade rural ou agroindústria, pois, segundo Vilha (2010), está relacionada à mudança em como se faz, aprimorando processos existentes ou desenvolvendo novos métodos de produção, e incluindo mudanças em equipamentos e/ou softwares.

De acordo com Faleiro, Andrade e Reis Junior (2011), um dos desafios para a agricultura é o aumento da produção de alimentos com menor preço e saudáveis a um baixo custo ambiental. Com o aumento da população nos próximos anos, a demanda por alimento e combustíveis deverá aumentar proporcionalmente. Outro fator a ser considerado é a mudança no comportamento do consumidor, pela produção sustentável do alimento.

Para OECD-FAO (2019), o Brasil foi um dos líderes de crescimento agrícola entre 1991 e 2015, apresentando um aumento de 4,1%, principalmente em produtividade. Para a organização, o incremento na produção de alimento deve ocorrer em função da maior eficiência, com o uso de tecnologias que favoreçam a produção de forma sustentável.

Nesse sentido, práticas que possam fortalecer o setor agrícola e o agroindustrial com foco na bioeconomia são importantes para os estudos realizados no agronegócio, de acordo com Oliveira e Silva, Pereira e Martins (2018) vista como oportunidade para a agricultura aprimorar seu potencial de produção de alimentos, fibras, energia e novos produtos.

2.1 Cadeia de produção da cana-de-açúcar

A identificação dos agentes e dos elos existentes em uma cadeia é de extrema importância para identificar quais os gargalos e observar conforme mencionado por Zilbersztajn e Farina (1999) a existência de subsistemas verticais estritamente coordenados, os quais podem obter as informações que auxiliam no gerenciamento de cada agente da cadeia, e também na capacidade de coordenação e adaptação.

A análise a ser realizada deve focar o sistema agroindustrial em sua totalidade, de forma que todas as relações sejam exploradas. Para Zylbersztajn (2005), a abordagem deve incluir o papel das instituições e dos atores que participam das etapas no funcionamento dos sistemas agroindustriais.

A estrutura de análise que passou a se denominar metodologia PENSA de sistemas agroindustriais é composta das etapas: a) descrição do sistema com a análise da organização industrial de cada segmento; b) estudo das transações entre segmentos do sistema; e c) análise institucional, na qual são estudadas as regras que regem o comportamento das organizações e sua influência sobre os agentes (ZYLBERSZTAJN, 2005).

A produção de cana-de-açúcar, segundo Silva, A. B. F. *et al.* (2016), consiste no preparo do solo, plantio manual ou mecânico, trato cultural de cana-planta (primeiro ano da planta) e de cana-soca, e colheita manual ou mecânica. A produção industrial depende da

finalidade, açúcar ou etanol, que ocorre em função da demanda interna e externa, ao preço praticado no momento de negociação e ao preço do mercado internacional.

O processamento na indústria ocorre conforme descrição detalhada por Silva, A. B. F. *et al.* (2016), demonstrado na figura 1. Tanto as unidades industriais como a parte agrícola têm preocupação com a sustentabilidade do seu negócio, em razão da repercussão relacionada a condições de trabalho e queima realizada para a colheita realizada anteriormente.

Figura 1 – Estrutura do processamento industrial de cana-de-açúcar para produção de açúcar e etanol.



Fonte: Adaptado pelos autores a partir de Silva, A. B. F. *et al.* (2016)

Com o objetivo de identificar as ações realizadas e implementar novas, foi estabelecido o termo de compromisso voluntário, denominado Protocolo Agroambiental, assinado entre o governo do estado de São Paulo (representado pela Secretaria do Meio Ambiente e pela Secretaria da Agricultura e Abastecimento) e a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (Unica) em 2007, e com os fornecedores representados pela Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (Orplana) em 2008. O setor conseguiu evoluir em ganhos ambientais ligados à redução da queima para colheita, como também no processo industrial, na diminuição do consumo de água para o processamento de cana, na limpeza da cana a seco e no fechamento de circuitos de circulação de água (SÃO PAULO, 2007; 2008).

Sendo assim, em continuidade as ações desenvolvidas pelo setor, em junho de 2017 o Protocolo Etanol Mais Verde entre o governo do estado de São Paulo e o setor sucroenergético, para consolidar as melhores práticas de sustentabilidade na cadeia de produção sucroenergético paulista, como: aproveitamento dos subprodutos, responsabilidade socioambiental, certificações, boas práticas no uso de agrotóxicos, medidas de proteção à fauna e prevenção e combate aos incêndios florestais (SÃO PAULO, 2017), reforçam a preocupação com as questões ambientais e sociais.

Estudos que avaliem a cadeia de produção e o aprimoramento da gestão na busca de soluções com maior eficiência devem ser contínuos. A integração entre a coordenação da cadeia de produção e agentes responsáveis por uma atividade se fazem necessário, pois, ao analisarmos apenas um dos segmentos, para dimensionar a cadeia de forma ampla e integrada com as atividades de produção de insumos, transformação e distribuição.

2.2 Aspectos biotecnológicos associados

A geração de energia limpa e a produção de alimento obtida de forma equilibrada e sustentável são algumas das preocupações do consumidor, e devem ser consideradas quando



se trata de adoção de novas tecnologias e inovações nas etapas de produção, seja na de energia ou na de produtos a serem consumidos, e não apenas no segmento agropecuário.

Nesse sentido, a adoção da biotecnologia para a produção de alimentos, combustíveis e bioenergia representa novas oportunidades e também desafios, como a priorização de um ou de outro sem riscos à segurança alimentar (CARRER; BARBOSA; RAMIRO, 2010), tema discutido em reuniões técnicas e no setor agropecuário. Por outro lado, o uso da biotecnologia pode representar ganhos de agilidade e precisão nos processos produtivos.

Para Silveira, Borges e Buainain (2005), a biotecnologia moderna pode contribuir para a redução dos custos de produção, produção de alimentos com melhor qualidade e desenvolvimento de práticas menos agressivas ao meio ambiente e aumento da produtividade.

De acordo com Ribeiro (2011), as principais áreas de atuação das empresas de biotecnologia no Brasil, segundo o estudo realizado pela BrBiotec/Cebrap, são: agricultura, saúde animal, bioenergia, meio ambiente, saúde humana, reagentes, testes diagnósticos moleculares e bioinformática³.

A transformação biotecnológica da biomassa através de micro-organismos e enzimas pode gerar uma vasta gama de produtos de interesse para diversas áreas, como agricultura, pecuária, indústria química, alimentos e farmacêutica, contribuindo para a redução de custos da empresa e proporcionando novas oportunidades de negócio (MOTA *et al.*, 2017).

As unidades agroindustriais paulistas vem realizando o aproveitamento dos resíduos advindos do processamento da cana-de-açúcar como oportunidade de negócio, como tecnologias para a produção de bioetanol, a partir da vinhaça, ou concentração da vinhaça.

A adoção de tecnologias pode representar um avanço e uma inovação nos processos. O uso da biotecnologia na agricultura pode ainda ser mensurado em razão do pagamento diferenciado por atributos de qualidade conferidos por diferenciação genética, segundo Zylbersztajn, Lazzarini e Machado Filho (1998). O ambiente institucional e organizacional tem mudado positivamente, visando reforçar essa tendência de coordenação e alinhamento de esforços no sistema sucroenergético, para geração de soluções tecnológicas, inovadoras e empreendedoras (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Mas a inovação não é resultado apenas de investimentos financeiros por parte das empresas. As inovações também devem ser avaliadas em relação à viabilidade de sua adoção e o percentual de ganho quando quantificadas monetariamente, para que se avalie sua contribuição na redução de custos ou oportunidades de negócio do processo de produção.

A relação com a bioeconomia leva em consideração o uso de subprodutos da cadeia de produção de cana-de-açúcar, como torta de filtro, vinhaça, bagaço para produção de bioetanol e biogás, e novos produtos em outros setores, como produtos farmacêuticos (LEWANDOWSKI, 2018). A análise dos elos da cadeia produtiva e, segundo a OECD (2009), o ciclo de vida podem ser utilizados para identificar as tecnologias de produção ambientalmente eficientes. A biotecnologia pode ser uma das tecnologias que contribuem para o alcance da proposta.

Para Lewandowski (2018), a biomassa renovável pode ser obtida de fontes primárias, como culturas alimentares, gramíneas, árvores, algas marinhas, e resíduos domésticos, industriais e agrícolas (cascas de vegetais, serragem, bagaço e palha de trigo). Os bioprocessos podem transformar esses materiais em uma grande variedade de produtos, como papel, biocombustíveis, plásticos e produtos químicos para indústria.

Segundo Neves e Trombin (2014), a cadeia de cana-de-açúcar conta com um programa de controle biológico que, no ano de 2013, gerou um faturamento estimado de US\$ 26,67 milhões. O controle biológico da broca da cana, realizado com a utilização da vespa

³A classificação de áreas de atuação se inspira em estudos realizados pela Fundação Biomina.



Cotesia flavipis, obteve um faturamento estimado de US\$ 7,11 milhões (27% do total), enquanto o controle de cigarrinhas das raízes, feito pelo fungo *Metarhizium anisopliae*, gerou uma receita estimada de US\$ 16,89 milhões (63% do total). Outros produtos biológicos usados para cana tiveram faturamento estimado de US\$ 2,67 milhões (10% do total).

Nesse sentido, estudos que possam avaliar as tecnologias disponíveis e a adoção da biotecnologia nas diversas etapas do processo de produção, tendo em vista que os processos vêm se modernizando nos últimos anos, são temas que requerem avaliação para o entendimento de como ocorre o impacto destas tecnologias no setor sucroenergético.

No processo de produção, desde o plantio até seu processamento na indústria, a adoção de biotecnologia é realizada nas diversas etapas. São exemplos disso: o plantio por meio de mudas selecionadas, variedades resistentes, variedades com maior produtividade, mudas pré-botadas (MPB) ou semente artificiais de cana-de-açúcar; no manejo da cana planta e soca, os produtores utilizam a cotésia como controle biológico para a broca na cana; já na parte industrial é utilizada uma levedura especial para fermentação alcoólica, a *Saccharomyces uvarum*, para transformação dos açúcares em etanol.

As unidades agroindustriais têm utilizado cada vez mais mudas de melhor qualidade, variedades com maior eficiência, melhoramento genético das variedades com tolerância à seca e a pragas, e produtos como biofungicida e bioinseticida. Essas tecnologias podem estar em desenvolvimento, fase de teste ou disponíveis para comercialização.

Os resíduos oriundos do processamento, como a vinhaça, palha e biomassa, podem ser reaproveitados na área agrícola e em outros setores. No entanto o uso inadequado dos subprodutos gerados no processamento de cana-de-açúcar são gargalos a serem discutidos no âmbito estadual, uma vez que os prejuízos podem se estender a outras práticas agropecuárias.

Para Scheiterle *et al.* (2018), com o investimento de PD&I seria possível realizar pesquisas em categorias de produtos solventes ainda pouco explorados pelo setor, como bioplásticos, corantes, fármacos, enzimas, fragrâncias, cosméticos e detergentes. Observar alternativas para a produção de açúcares de segunda geração, utilizando o potencial produtivo das plantas e combinando processos biológicos (CNI, 2020), é uma oportunidade a ser explorada para aumentar a produção de forma eficiente e sustentável.

O uso do resíduo agroindustrial, como a vinhaça para a produção de biomassa algal, agrega valor de forma integrada à cadeia do setor sucroenergético, além de ampliar o conhecimento sobre o potencial biotecnológico de microalgas (SANTANA, 2020).

Para Silva, A. B. F *et al.* (2016), a levedura de cana (*Saccharomyces cerevisiae*), produto natural obtido no processo de fermentação da cana-de-açúcar, pode ter uma significativa importância na alimentação animal, pois cada litro de álcool produzido deixa 30 gramas de resíduo dessa levedura em base seca, após a fermentação do caldo de cana.

A detecção de oportunidades na cadeia de produção e de aproveitamento de subprodutos e resíduos é de grande importância para o sistema agroindustrial, tanto para agregação de valor de novos produtos, como o impacto do descarte do material.

3. Procedimentos metodológicos da pesquisa

Este estudo, de caráter exploratório, foi motivado com o intuito de conhecer as tecnologias e os processos biotecnológicos utilizados pelo setor sucroenergético ao longo da cadeia de produção, além dos esforços requeridos para a geração de inovações nessa direção.

Para tanto, este trabalho contemplou duas frentes de pesquisa. Como primeira frente de pesquisa (FP1) foi realizada uma revisão da literatura com contribuições de autores dos campos da administração, negócios tecnológicos, economia da inovação e biotecnologia.

Esta análise foi complementada pela utilização de estudos do setor sucroenergético com o panorama econômico da cadeia, os processos biotecnológicos utilizados no plantio e tratos culturais, como variedades e insumos (adubo, inseticidas, herbicidas e outros), as tecnologias utilizadas nos subprodutos advindos do processamento, a estrutura da cadeia de produção e processamento da cana-de-açúcar, incluindo também indicadores acadêmicos para além do marco teórico que compreendeu a busca de artigos científicos em três bases acadêmicas a partir da escolha das palavras-chave ligadas ao tema de pesquisa, no período de 1975 a 2020.

Na segunda frente de pesquisa (FP2) foi elaborado um protocolo para a busca e a análise da morfologia patentária das soluções biotecnológicas voltadas ao setor depositadas em escritórios de propriedade industrial, com o objetivo de identificar o estado de avanço do conhecimento de aplicação industrial, expresso pelo volume e natureza das tecnologias do campo biotecnológico usadas nos processos de produção de cana-de-açúcar, etanol e açúcar, e no tratamento de seus subprodutos, no período de 2000 a 2020.

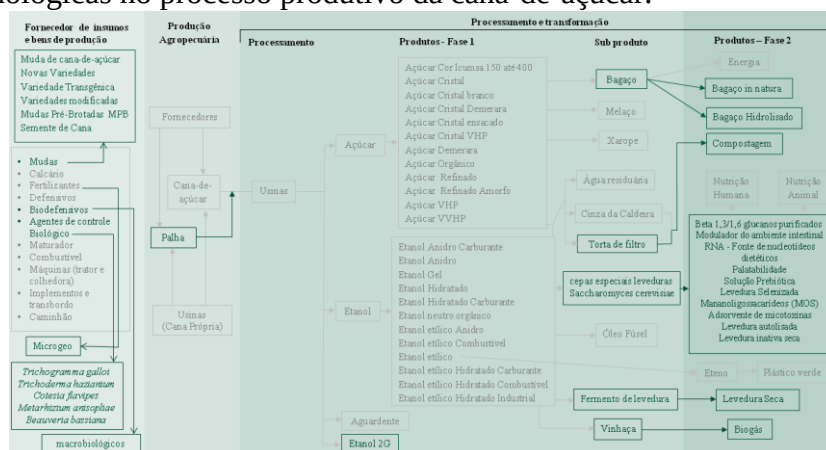
4. Soluções biotecnológicas nos processos produtivos do setor sucroenergético

4.1 Posicionamento de soluções biotecnológicas no processo produtivo

Após identificar os 35 grupos empresariais do setor, sendo que, destes, 34 têm sede e unidades de processamento situadas no estado de São Paulo, foi realizada consulta aos websites das empresas, obteve-se informações sobre seus produtos e subprodutos. Foi possível identificar unidades voltadas ao uso de biotecnologia na produção de ingredientes destinados aos segmentos de derivados de levedura para nutrição animal e alimentação humana, como é o caso da Zillor (Biorigin) e São Martinho (OMTEK); ou a produção de plástico (Biocycle) Grupo Balbo; a Biofábrica na Usina Ester e a Raízen com uma planta industrial para produção de etanol 2G.

A realização das frentes de pesquisa (FP1+FP2) permitiu elaborar o mapa analítico do sistema agroindustrial e o posicionamento de soluções biotecnológicas no processo produtivo da cana-de-açúcar (Figura 2). No mapa observou-se que, além da produção de açúcar, etanol e energia, unidades se dedicam à produção de óleo fúsel para a indústria de química e de cosméticos (2 unidades), bagaço hidrolisado e *in natura* usado na ração animal (1 unidade), leveduras, plástico verde, biogás, etanol neutro usado em indústrias de cosméticos, bebidas e farmacêuticas, e o xarope para indústria de alimentos (1 unidade).

Figura 2. Mapa analítico do sistema agroindustrial e posicionamento de soluções biotecnológicas no processo produtivo da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

A utilização de novas variedades resistentes à seca e a pragas, vem contribuindo para maior produtividade e eficiência na produção agrícola. A adoção do controle biológico, no controle de pragas, é prática muito usada entre os fornecedores e as unidades industriais. A utilização de mudas pré-botadas foi adotada por algumas unidades industriais.

As leveduras são largamente utilizadas pelas unidades industriais no processo de produção de etanol. Após a produção do etanol, a levedura seca pode ser utilizada para alimentação animal ou elaboração de produtos a ser empregados na indústria de alimentos.

O mapa analítico do sistema agroindustrial (Figura 2) foi construído e atualizado com o avanço da pesquisa e o posicionamento de soluções biotecnológicas no processo produtivo da cana-de-açúcar, acrescido ainda de outras informações que complementaram as inicialmente identificadas.

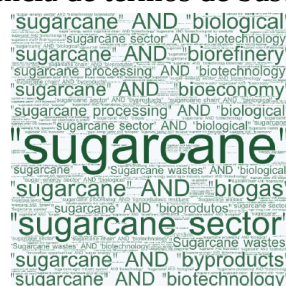
Observou-se que o processo de transformação é dinâmico. À medida que os produtos da primeira fase são comercializados, os subprodutos oriundos do seu processamento passam por nova transformação. São assim utilizados na área agrícola ou comercializados, e identificados neste trabalho como “Produtos – Fase 2”.

O sistema agroindustrial é contínuo e, quando surgem novos produtos, eles podem ser inseridos neste mapa analítico, com o objetivo de agregar valor aos produtos.

4.2 Análises nas bases acadêmicas

Com o objetivo de identificar as publicações acerca do tema proposto, foi realizada a busca de artigos científicos em três bases acadêmicas: Portal de Periódicos da Capes (CAPES, 2021), com uma média de 48.038 títulos de periódicos em texto completo; Google Scholar (GOOGLE, 2021), com uma média de 389 milhões documentos; e Science Direct (ELSEVIER, 2021), com aproximadamente 2.500 revistas científicas. A partir da escolha dos termos ligados ao tema de pesquisa (“sugarcane”, “bioeconomy”, “biotechnology”, “biological”, “byproducts”, “biogás” e “biorefinery”), foi realizada a consulta com diversas combinações entre elas no período de 1975 a 2020, utilizando o operador booleano “AND”, que totalizou 32 palavras-chave. O Google Scholar apresentou mais trabalhos com os termos pesquisados e, a partir dessa informação, foi elaborada a nuvem de palavra pelo site do Wordart (2021) com o grau de frequência dos termos encontrados na base (Figura 3).

Figura 3. Nuvem de palavras de frequência de termos de busca em base de periódicos.



Fonte: Elaborado pelos autores no Wordart a partir de dados de pesquisa.

Das combinações pesquisadas, verificou-se que 9 delas foram encontradas com maior frequência: “sugarcane”, “sugarcane” AND “bioeconomy”, “sugarcane” AND “biogas”, “sugarcane” AND “biorefinery”, “sugarcane” AND “biotechnology biorefinery”, “sugarcane” AND “biological”, “sugarcane” AND “biotechnological by-products”, “sugarcane” AND

"biotechnology", e "sugarcane" AND "byproducts" (Tabela 1). O maior número de artigos científicos foi localizado na busca com a palavra-chave "sugarcane" e "sugarcane" AND "biological".

Tabela 1. Resultados da busca em base de pesquisa de artigos científicos.

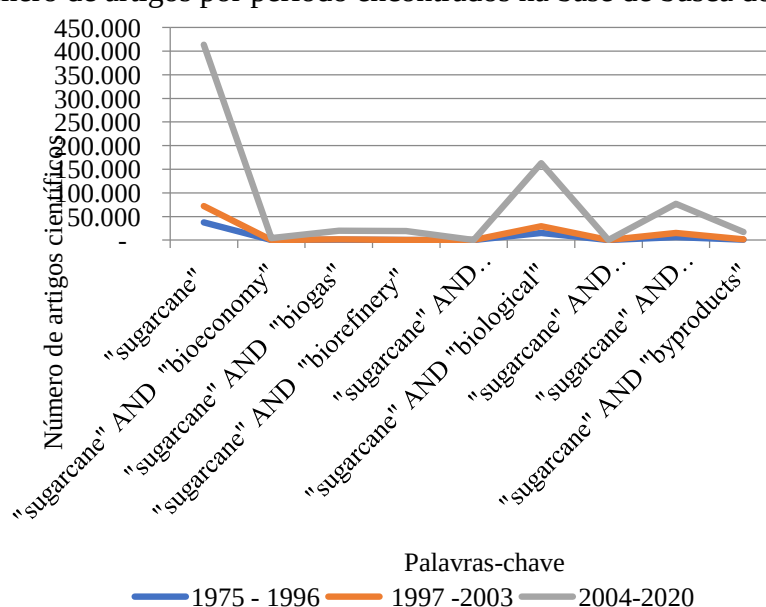
Termos	Portal Capes	Google Scholar	Science Direct
"sugarcane"	65.064	413.800	33.225
"sugarcane" AND "bioeconomy"	434	4.061	465
"sugarcane" AND "biogas"	1.922	20.226	3.875
"sugarcane" AND "biorefinery"	3.047	18.998	3.399
"sugarcane" AND "biotechnology biorefinery"	6	11	2
"sugarcane" AND "biological"	29.462	162.700	15.271
"sugarcane" AND "biotechnological by-products"	158	2	-
"sugarcane" AND "biotechnology"	23.087	76.970	6.671
"sugarcane" AND "byproducts"	2.998	17.130	9.737

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Os artigos identificados estavam relacionados à área de micro-organismos ou enzimas, mutação e engenharia genética, fermentação, biomassa e química.

A análise total de trabalhos publicados no período foi subdividida em três períodos distintos, levando-se em consideração os períodos mencionados por Guilherme Nastari (2021) em palestra realizada na 4ª edição do EsalqShow em agosto de 2021, que correspondem ao período de 1975 a 1996 (Proálcool), 1997 a 2003 (*flex-fuel*), e 2004 a 2020 (Renovabio) (Gráfico 1), que são marcos para o setor. A importância da pesquisa se reflete neste gráfico, uma vez que as soluções disponibilizadas foram difundidas pelos institutos de pesquisa e universidades.

Gráfico 1. Número de artigos por período encontrados na base de busca do Google Scholar.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

A pesquisa da palavra-chave "sugarcane" tem o maior número de artigos científicos publicados no período de 2004 a 2020, seguido da palavra-chave "sugarcane" AND "biological". Cada uma delas ultrapassou 100 mil publicações científicas.

Ao se observar a distribuição das publicações ao longo do período, verifica-se que os temas ligados às combinações de palavras-chave foram estudados com maior ou menor intensidade, e se conectam com pesquisas e levantamentos realizados pelas universidades e institutos de pesquisa. Nesses ambientes, elas podem ter sido publicadas em artigos, forma utilizada para a divulgação de uma investigação e de pesquisas em desenvolvimento ou tendências nas diversas áreas de conhecimento, formato não comum para o meio empresarial. As experiências dos institutos e demais centros de pesquisa e das unidades agroindustriais devem ser observadas e estar conectadas para atender a demanda do setor.

Produtos e soluções biológicas têm despertado o interesse e motivado o setor a se aprofundar nas tecnologias e suas aplicações em razão das experiências satisfatórias observadas, com oportunidades de agregação de valor ao seu produto. É fundamental que as pesquisas publicadas possam resultar em soluções a serem agregadas à dinâmica da indústria, resultando em melhoria de processos ou novos produtos para o setor.

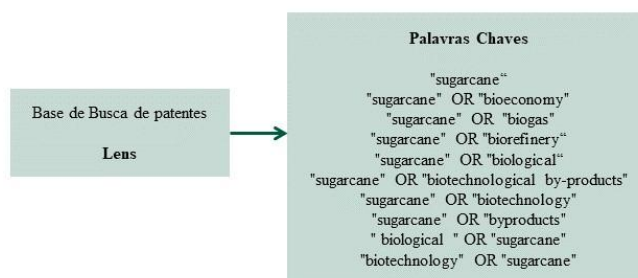
4.3 Pesquisa de patentes de soluções biotecnológicas

Na segunda frente de pesquisa foi realizada a prospecção tecnológica de patentes com o objetivo de identificar os principais atores, soluções e áreas de depósitos. As soluções biotecnológicas identificadas e apresentadas a seguir, referente ao período de 01/01/2000 a 31/12/2020, realizada de agosto a setembro de 2021, com as palavras-chave utilizadas para busca de artigos científicos: "sugarcane", "sugarcane" AND "bioeconomy", "sugarcane" AND "biogas", "sugarcane" AND "biorefinery", "sugarcane" AND "biotechnology biorefinery", "sugarcane" AND "biological", "sugarcane" AND "biotechnological by-products", "sugarcane" AND "biotechnology", e "sugarcane" AND "byproducts".

A partir desses termos, foi elaborado um protocolo para a busca de soluções biotecnológicas. A base de consulta de documentos de patentes escolhida foi Lens (CAMBIA, 2021), em razão da cobertura de informações disponíveis e por contemplar a base de dados dos principais escritórios de patentes mundiais. O sistema possui acesso gratuito e um sistema de análise estatística de dados com gráficos predefinidos, facilitando a análise rápida da busca realizada (PIRES; RIBEIRO; QUINTELLA, 2020).

A estratégia utilizada foi a elaboração de um protocolo para a busca, com a escolha das palavras-chave (Figura 4), as mesmas utilizadas na análise das bases acadêmicas, empregando o operador booleano "OR", uma vez que nas consultas com o operador "AND" não foram encontrados resultados.

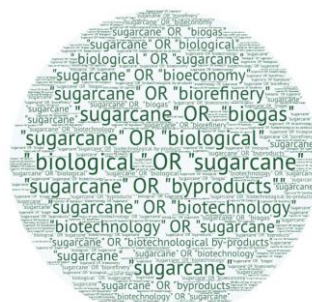
Figura 4. Estratégia de busca utilizada para pesquisa de patentes.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Foram compilados os 10 principais dados de maior relevância para cada termo consultado, e foram elencadas informações como código, jurisdição, *status* e tipo do documento. Com os dados obtidos na consulta, observou-se que os termos "biological" OR "sugarcane", e "sugarcane" OR "biological", foram palavras em destaque (Figura 5).

Figura 5. Nuvem de palavras de frequência de termos de busca em base de periódicos.



Fonte: Elaborado pelos autores no Wordart a partir de dados de pesquisa.

Os termos "biological" OR "sugarcane" foram encontrados em 572.963 documentos de patentes, sendo 58,2% de famílias simples e 56,9% de famílias estendidas⁴. O termo "sugarcane" OR "biological" apareceu em 435.200 documentos, dos quais 63,2% são de famílias simples e 62,4% de famílias estendidas (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da busca dos termos na base de patentes.

Termos de busca	Registros de patentes	Famílias simples	Famílias estendidas
"biological" OR "sugarcane"	572.963	333.677	326.072
"sugarcane" OR "biological"	435.200	274.861	271.355
"sugarcane" OR "byproducts"	43.156	31.491	31.009
"sugarcane" OR "biogas"	36.918	28.882	28.395
"sugarcane" OR "biotechnology"	35.872	27.942	27.133
"biotechnology" or "sugarcane"	31.069	25.757	25.215
"sugarcane" OR "biorefinery"	15.217	10.681	10.505
"sugarcane" OR "biotechnological by-products"	14.874	10.520	10.376
"sugarcane" OR "bioeconomy"	14.768	10.501	10.359
"sugarcane"	14.765	10.625	10.482

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Ao se observarem o número de documentos encontrados e a principal jurisdição para cada termo, verificou-se que a China detém entre 32% e 62,4% dos depósitos de patentes, e os Estados Unidos, entre 27,6% e 12,1% (Tabela 3). Para o termo "biotechnology" OR "sugarcane", tem destaque a Rússia, ocupando a segunda posição de jurisdição.

⁴ Família é o conjunto e/ou pedidos de patentes, nacionais ou com efeito de nacionais regulares, diretamente relacionados entre si pela reivindicação de prioridade interna ou unionista, por compartilhar o mesmo depósito internacional, se difere em: simples, relacionada a pedidos que possuem as mesmas prioridades; e estendida, coleção de pedidos de patentes de conteúdo técnico semelhante (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021).

Tabela 3. Resultados da consulta sobre jurisdição para os termos na base de patentes.

Termos de busca	1º país		2º país	
	Jurisdição	%	Jurisdição	%
"sugarcane"	China	54,7	United States	22,3
"sugarcane" OR "bioeconomy"	China	54,6	United States	22,3
"sugarcane" OR "biogas"	China	62,4	United States	12,1
"sugarcane" OR "biorefinery"	China	53,4	United States	22,5
"sugarcane" OR "biological"	China	42,1	United States	18,3
"sugarcane" OR "biotechnological by-products"	China	54,7	United States	22,1
"sugarcane" OR "biotechnology"	China	46,7	United States	16,9
"sugarcane" OR "byproducts"	China	52	United States	18,1
"biological " OR "sugarcane"	China	32	United States	27,6
"biotechnology" OR "sugarcane"	China	53,9	Russia	19,5

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Em relação ao *status* dos documentos depositados, verifica-se que: 0,1% a 0,5% é patentado; em torno de 30% dos documentos estão ativos; de 23,1% a 29,3% deles foram descontinuados; continuam pendentes 17,9% a 23%; em torno de 10% dos documentos estão inativos; entre 4,9% e 7,9% estão expirados; e até 2,4% são desconhecidos (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados em percentual da consulta sobre o *status* dos documentos para os termos de busca na base de patentes.

Termos de busca	Ativo	Descontinuado	Pendente	Inativo	Expirado	Desconhecido	Patenteado
"sugarcane"	31,0	29,3	22,6	11,7	4,6	0,7	0,2
"sugarcane" OR "bioeconomy"	31,0	29,2	22,7	11,6	4,5	0,7	0,2
"sugarcane" OR "biogas"	31,9	27,2	21,2	13,1	5,6	0,9	0,1
"sugarcane" OR "biorefinery"	31,1	29,1	23,0	11,5	4,4	0,8	0,2
"sugarcane" OR "biological"	32,0	23,6	21,5	12,6	7,4	2,4	0,5
"sugarcane" OR "biotechnological by-products"	30,8	29,1	22,5	11,6	4,5	0,7	0,2
"sugarcane" OR "biotechnology"	33,5	22,6	19,5	16,2	6,6	1,2	0,3
"sugarcane" OR "byproducts"	35,7	24,2	22,4	11,6	4,8	1,1	0,3
"biological " OR "sugarcane"	32,4	24,8	21,2	11,0	7,9	1,9	0,6
"biotechnology" OR "sugarcane"	33,0	23,1	17,9	17,6	6,8	1,4	0,3

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Nas consultas realizadas, os principais tipos de documentos encontrados foram: pedido de patente, patente limitada, patente concedida, relatório de pesquisa, patente de adição e patente alterada. Existem outros tipos de documentos encontrados em um percentual inferior a 1% ou inexistente na consulta realizada (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados em percentual da consulta em relação ao tipo de documentos dos termos.

Termos de busca	Pedido de patente	Patente limitada	Patente concedida	Relatório de pesquisa	Patente de adição	Patente alterada
"sugarcane"	71,0	14,9	12,4	1,0	0,2	0,2
"sugarcane" OR "bioeconomy"	71,0	-	-	-	-	-
"sugarcane" OR "biogas"	65,4	21,7	10,4	1,8	0,2	
"sugarcane" OR "biorefinery"	71,1	14,4	12,5	1,3	0,2	
"sugarcane" OR "biological"	66,0	10,4	17,2	5,2	0,6	
"sugarcane" OR "biotechnological by-products"	70,6	14,8	12,3	-	-	-
"sugarcane" OR "biotechnology"	60,4	9,6	27,0	2,2	0,3	
"sugarcane" OR "byproducts"	73,8	8,3	14,4	2,3		0,9
"biological " OR "sugarcane"	67,3	7,9	19,8	4,0	0,4	0,2
"biotechnology" OR "sugarcane"	58,3	11,0	27,2	2,5	0,3	0,2

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Na consulta realizada com os 10 termos estabelecidos foi adotada a classificação da Cooperative Patent Classification (EPO, 2021). Os códigos são relacionados à classificação da matéria técnica das invenções e patentes, registradas no momento do depósito. Para os termos consultados, foram encontrados 37 códigos (Tabela 6), e o número especificado na tabela é a quantidade de combinações dos termos encontrados na consulta. O código Y02E50/10 esteve presente em 8 resultados da consulta por termos.

Tabela 6. Principais códigos identificados para os termos estabelecidos na base de patentes.

Códigos	Número	Códigos	Número	Códigos	Número
Y02E50/10	8	C07K14/325	3	C05G3/00	1
A23V2002/00	7	A61P25/00	2	C12M21/04	1
Y02A40/146	7	A61P9/00	2	C12M23/36	1
C07K14/415	6	C12N1/20	2	C12P5/023	1
C12N15/8261	6	C12N1/205	2	C12Q1/6886	1
C12N15/8286	6	Y02E50/30	2	C12Q2600/158	1
A01D45/10	5	Y02W10/10	2	Y02A40/20	1
A01N43/40	4	A61K45/06	1	Y02A50/30	1
A61P35/00	4	A61P3/10	1	Y02P20/10	1
A61P43/00	4	A61P31/04	1	Y02P20/52	1
C12N15/8273	4	A61P9/10	1	Y02P60/87	1
A61K38/00	3	C02F11/04	1	Y02W30/40	1
A61P29/00	3	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Os códigos de mais destaque estão relacionados: Y02E50/10 e Y02A40/146 – novos desenvolvimentos e tecnologias transversais – e A23V2002/00 – necessidade humana, neste caso composição alimentícia. As áreas dos depósitos de patentes demonstram que as áreas de



micro-organismos ou enzimas, mutação e engenharia genética, fermentação, biomassa, química, produção alimentar são as que se apresentam como uma tendência.

Na tabela 7, observa-se que, para o termo "sugarcane", as principais empresas proprietárias da tecnologia são do setor agrícola (produção de sementes, mudas e defensivos) e das áreas de saúde, agricultura e desenvolvimento de novas moléculas, com sede nos Estados Unidos, Alemanha e Suíça. Vale ressaltar que as empresas têm filiais em diversos países do mundo.

Os códigos de depósito estão relacionados a novos desenvolvimentos e tecnologias transversais, química orgânica, rendimento de cultura e necessidade humana (composição alimentícia).

Tabela 7. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo "sugarcane".

Empresa/instituição	País	Código
Monsanto Technology LLC	EUA	Y02A40/146
Basf Se	Alemanha	C07K14/415
Basf Agricultural Solutions Seed Us LLC	Alemanha	C12N15/8286
Dow Agrosiences LLC	EUA	C12N15/8261
Pioneer Hi-Bred International INC	EUA	Y02E50/10
Syngenta Participations Ag	Suíça	A23V2002/00
Deere & Company	EUA	A01N43/40
Athenix Corp	EUA	A01D45/10
Athenix Corporation	EUA	C07K14/325
Bayer Cropscience Nv	Alemanha	C12N15/8273

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Para a consulta ao termo "sugarcane" OR "bioeconomy" (Tabela 8), as empresas proprietárias da tecnologia estão ligadas ao setor agrícola de produção de sementes e mudas e defensivos, e às áreas de saúde, agricultura e desenvolvimento de novas moléculas. As empresas têm sede nos Estados Unidos, Alemanha e Suíça, e possuem filiais e subsidiárias pelo mundo.

Os códigos mais frequentes na busca com o termo "sugarcane" OR "bioeconomy" são similares aos encontrados na pesquisa realizada com o termo "sugarcane", e estão relacionados a novos desenvolvimentos e tecnologias transversais, química orgânica, rendimento de cultura, resistência de plantas, biocombustíveis e composição alimentícia.

Tabela 8. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo "sugarcane" OR "bioeconomy".

Empresa/instituição	País	Código
Monsanto Technology LLC	EUA	Y02A40/146
Basf Se	Alemanha	C07K14/415
Basf Agricultural Solutions Seed Us LLC	Alemanha	C12N15/8286
Dow Agrosiences LLC	EUA	C12N15/8261
Pioneer Hi-Bred International INC	EUA	Y02E50/10
Syngenta Participations Ag	Suíça	A23V2002/00
Deere & Company	EUA	A01N43/40



Athenix Corp	EUA	A01D45/10
Athenix Corporation	EUA	C07K14/325
Bayer Cropscience Nv	Alemanha	C12N15/8273

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Na consulta ao termo “sugarcane” OR “biogas” (Tabela 9), as empresas identificadas são as mesmas que aparecem na busca dos dois termos anteriores, mantendo um padrão de depósito que pode estar relacionado ao termo “sugarcane”. Em relação aos códigos das áreas de depósito, além daqueles que constam nas consultas realizadas aos outros termos, aparece o código C05G3/00, relacionado à mistura de um ou mais fertilizantes.

Tabela 9. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo “sugarcane” OR “biogas”.

Empresa/instituição	País	Código
Monsanto Technology LLC	EUA	Y02E50/30
Basf Se	Alemanha	C12M21/04
Basf Agricultural Solutions Seed Us LLC	Alemanha	Y02W30/40
Dow Agrosiences LLC	EUA	C12P5/023
Pioneer Hi-Bred International INC	EUA	C02F11/04
Syngenta Participations Ag	Suíça	Y02E50/10
Deere & Company	EUA	Y02A40/20
Athenix Corp	EUA	Y02A40/146
Athenix Corporation	EUA	C12M23/36
Bayer Cropscience Nv	Alemanha	C05G3/00

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

A consulta ao termo “sugarcane” OR “biorefinery” (Tabela 10) apresenta as mesmas empresas das buscas anteriores. Além dos códigos comuns aos termos anteriores, aparecem também A01N43/40 e A01D45/10, relacionados a subgrupos de biocidas, repelentes ou atrativos de pragas.

Tabela 10. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo “sugarcane” OR “biorefinery”.

Empresa/instituição	País	Código
Monsanto Technology LLC	EUA	Y02A40/146
Basf Se	Alemanha	Y02E50/10
Basf Agricultural Solutions Seed Us LLC	Alemanha	C07K14/415
Dow Agrosiences LLC	EUA	C12N15/8286
Pioneer Hi-Bred International INC	EUA	C12N15/8261
Syngenta Participations Ag	Suíça	A23V2002/00
Deere & Company	EUA	A01N43/40
Athenix Corp	EUA	A01D45/10
Athenix Corporation	EUA	C07K14/325
Bayer Cropscience Nv	Alemanha	C12N15/8273

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.



Na consulta ao termo "sugarcane" OR "biological" (Tabela 11), verifica-se que a universidade é a principal instituição proprietária da tecnologia depositada, e a maior parte delas está sediada nos Estados Unidos. A maior parte de depósitos acontece na área A61, que está relacionada à necessidade humana, como atividades terapêuticas, medicamentos para fins específicos, analgésicos e outros fins.

Tabela 11. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo "sugarcane" OR "biological".

Empresa/instituição	País	Código
The Regents of the University of California	EUA	A61P35/00
Life Technologies Corporation	EUA	Y02W10/10
Massachusetts Institute of Technology	EUA	A61P43/00
Becton Dickinson and Company	EUA	A61P29/00
National Institutes of Health (Nih)	EUA	A61K38/00
Olympus Corporation	Japão	A61P25/00
Agilent Technologies INC	EUA	A61P9/00
Monsanto Technology LLC	EUA	A61P3/10
The Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University	EUA	A61P31/04
Roche Diagnostics Operations INC	Suíça	A61P9/10

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Em relação ao termo "sugarcane" OR "biotechnological by-products" (Tabela 12), observam-se as mesmas empresas que as consultas anteriores. Foi identificado os códigos A01N43/40 e A01D45/10, além dos já identificados, relacionados a subgrupos de biocidas, repelentes ou atrativos de pragas.

Tabela 12. Principais empresas proprietárias da tecnologia, país de origem e os principais códigos identificados para o termo "sugarcane" OR "biotechnological by-products".

Empresa/instituição	País	Código
Monsanto Technology LLC	EUA	Y02A40/146
Basf Se	Alemanha	C07K14/415
Basf Agricultural Solutions Seed Us LLC	Alemanha	C12N15/8286
Dow Agrosiences LLC	EUA	C12N15/8261
Pioneer Hi-Bred International INC	EUA	Y02E50/10
Syngenta Participations Ag	Suíça	A23V2002/00
Deere & Company	EUA	A01N43/40
Athenix Corp	EUA	A01D45/10
Athenix Corporation	EUA	C07K14/325
Bayer Cropscience Nv	Alemanha	C12N15/8273

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Para "sugarcane" OR "biotechnology" (Tabela 13), verifica-se que Ambrx INC é a única empresa que aparece nesta consulta, não constando das empresas identificadas na busca



ao termo "sugarcane". Observa-se que empresas da área de biofarmacêuticos são as principais proprietárias da tecnologia. As áreas dos códigos são comuns aos demais termos consultados.

Tabela 13. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo "sugarcane" OR "biotechnology".

Empresa/instituição	País	Código
Monsanto Technology LLC	EUA	Y02A40/146
Basf Se	Alemanha	C07K14/415
Basf Agricultural Solutions	Alemanha	A61P35/00
Dow Agrosiences LLC	EUA	Y02E50/10
Pioneer Hi-Bred Internation	EUA	A23V2002/00
Syngenta Participations Ag	Suíça	C12N1/20
Deere & Company	EUA	A61P43/00
Athenix Corp	EUA	C12N1/205
Ambrx INC	EUA	C12N15/8261
Athenix Corporation	EUA	C12N15/8286

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Na consulta realizada para os termos "sugarcane" OR "byproducts", observou-se que as empresas da área agrícola são predominantes (Tabela 14), com exceção da Applied Materials INC, da área de soluções de engenharia de materiais usados para produzir chips. Em relação aos códigos das áreas de atuação, estes são similares às consultas anteriores.

Tabela 14. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo "sugarcane" OR "byproducts".

Empresa/instituição	País	Código
Monsanto Technology LLC	EUA	Y02E50/10
Basf Se	Alemanha	Y02A40/146
Basf Agricultural Solutions Seed Us LLC	Alemanha	A23V2002/00
Dow Agrosiences LLC	EUA	C07K14/415
Pioneer Hi-Bred International INC	EUA	C12N15/8286
Syngenta Participations Ag	Suíça	Y02P60/87
Dow Global Technologies LLC	EUA	C12N15/8261
Applied Materials INC	EUA	Y02E50/30
Deere & Company	EUA	Y02P20/10
E I Du Pont De Nemours and Company	EUA	Y02P20/52

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Observa-se que, na consulta ao termo "biological" OR "sugarcane" (Tabela 15), a universidade é a principal instituição proprietária da tecnologia depositada, e todas sediadas no Estados Unidos. Na consulta foram identificadas também duas empresas: a Agilent Technologies INC, na área de instrumentação e tecnologia, e a Olympus Corporation, de equipamentos ópticos, atualmente no mercado de câmeras digitais e equipamentos médicos e científicos. O código A61 prevalece entre os apresentados na tabela.



Tabela 15. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo "biological" OR "sugarcane".

Empresa/instituição	País	Código
The Regents of the University of California	EUA	A61P35/00
Life Technologies Corporation	EUA	A61P43/00
Massachusetts Institute of Technology	EUA	A61K38/00
National Institutes of Health (Nih)	EUA	A61P29/00
Vertex Pharmaceuticals Incorporated	EUA	Y02W10/10
President and Fellows of Harvard College	EUA	A61P25/00
The Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University	EUA	A61P9/00
Becton Dickinson and Company	EUA	C12Q2600/158
Olympus Corporation	Japão	C12Q1/6886
Agilent Technologies INC	EUA	A61K45/06

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Na consulta ao termo "biotechnology" or "sugarcane", foram identificadas as mesmas instituições da consulta ao termo "sugarcane": uma universidade e a Guangxi Yunma Hansheng Machinery Manufacture Co, empresa chinesa empenhada no desenvolvimento de pesquisas e estudos para a produção de cana-de-açúcar e tecnologias (Tabela 16). As áreas dos códigos são comuns aos demais termos consultados.

Tabela 16. Principais empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem, e os principais códigos identificados para o termo "biotechnology" or "sugarcane".

Empresa/instituição	País	Código
Dow Agrosiences LLC	EUA	A61P35/00
Ambrx INC	EUA	A23V2002/00
Deere & Company	EUA	A61P43/00
Dsm Ip Assets Bv	EUA	C12N1/20
Basf Se	Alemanha	A61K38/00
Guangxi Yunma Hansheng Machinery Manufacture Co	China	C12N1/205
Guangxi Yunma Taiyuan Machinery Manufacture Co L	China	Y02A50/30
The Texas A&M University System	EUA	A61P29/00
Bayer Intellectual Property GmbH	Alemanha	Y02E50/10
Monsanto Technology LLC	EUA	A01D45/10

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

As grandes empresas com sede nos Estados Unidos, Alemanha e Suíça são as principais proprietárias de tecnologias e que investem em P&D, com vista ao mercado global, possuem filiais e subsidiárias distribuídas nos diversos países (Tabela 17).

O número de documentos depositados para "biological" OR "sugarcane" (572.963) aponta uma tendência do setor para produtos de origem biológica, corroborando com os trabalhos em desenvolvimento.

Os códigos também apresentam uma tendência de inovação para as atividades: terapêuticas, medicamentos para fins específicos, analgésicos e outros fins, empresas de materiais, tradicionais áreas para novos desenvolvimentos, tecnologias transversais, mistura



de um ou mais fertilizantes, melhoramento genético, biocidas, repelentes ou atrativos de pragas química orgânica, rendimento de cultura, resistência de plantas, biocombustíveis e composição alimentícia. Assim, novos produtos poderão agregar valor à produção da indústria, além de possibilitar a comercialização de um maior número de produtos.

Tabela 17. Principais códigos e empresas proprietárias da tecnologia e seu país de origem identificados para os termos de busca.

Códigos			Empresas proprietárias		
Código	Qtd. de vezes	Área de prospecção tecnológica	Empresa	Qtd. de vezes	País de Origem
Y02E50/10	8	Biocombustíveis	Basf Agricultural Solutions Seed Us LLC	15	Alemanha
A23V2002/00	7	Alimentação	Athenix Corp	12	EUA
Y02A40/146	7	Transgênico	Monsanto Technology LLC	9	EUA
C07K14/415	6	Melhoramento vegetal	Deere & Company	8	EUA
C12N15/8261	6	Melhoramento vegetal	Dow Agrosiences LLC	8	EUA
C12N15/8286	6	Inseticidas	Syngenta Participations Ag	7	Suíça
A01D45/10	5	Produção vegetal	Pioneer Hi-Bred International INC	7	EUA
A01N43/40	4	Bioinseticidas	Bayer Cropscience Nv	5	Alemanha
A61P35/00	4	Medicinal	Agilent Technologies INC	2	EUA
A61P43/00	4	Medicinal	Ambrx INC	2	EUA

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados de pesquisa.

Observa-se que as universidades aparecem como principais depositantes na busca realizada por termos "biotechnology" or "sugarcane", e "biological" OR "sugarcane", o que não significa que não realizem pesquisas nas demais áreas.

5. Conclusão

O posicionamento das soluções biotecnológicas utilizadas no processo produtivo da cana-de-açúcar, seguido de investigação de artigos científicos e prospecção de patentes em bancos de informações especializados, possibilitou observar os produtos extraídos da cana-de-açúcar, indicativo de que o setor pode explorar frentes de produtos advindos dos subprodutos e realizar o planejamento e discussão para novas oportunidades.

O processo de transformação do setor é dinâmico, principalmente em relação à produção de açúcar e etanol até meados dos anos 2000 e a realizada atualmente. Cada vez mais os subprodutos oriundos do seu processamento passam por nova transformação e são comercializados como produtos, agregando valor, sendo apresentados no mapa analítico elaborado a partir das pesquisas realizadas para este estudo.

O investimento em PD&I são importantes para o desenvolvimento das pesquisas e novas oportunidades de negócios possam ser observadas utilizando o potencial produtivo das plantas, combinando processos biológicos com o objetivo de obter a melhor produção de forma sustentável. Complementando esse estudo, foi realizada a consulta em base de artigos científicos, com o objetivo de observar as pesquisas realizadas e as tendências desde a implementação do Proálcool, delimitando os períodos que marcam os principais momentos do setor. As áreas de concentração dos trabalhos identificados convergem com o mapa analítico e com a busca de patentes realizada para temas relacionados a bioeconomia, biológicos, rendimento de cultura, biocombustíveis e biotecnologia.



Observou-se na prospecção tecnológica de patentes que as áreas nas quais as empresas têm dedicado suas pesquisas incluem, além dos temas acima mencionados, biocidas, repelentes ou atrativo de pragas química orgânica, resistência de plantas, biocombustíveis e composição alimentícia. As pesquisas realizadas apontam que ainda há áreas a serem exploradas atender mercados distintos com produtos gerados a partir da cana-de-açúcar, para que a planta possa ser aproveitada na sua totalidade.

6. Referência Bibliográfica

- BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ano 154, n. 247, p. 4-5, 27 dez. 2017. Seção 1.
- CAMBIA. **Lens – Search, Analyze and Manage Patent and Scholarly Data**. Camberra: Cambia, 2021. Disponível em: <https://www.lens.org/> Acesso em: 30 ago. 2021.
- CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. Biotecnologia na agricultura. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 24, n. 70, p. 149-164, 2010.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Panorama da bioeconomia no Brasil e identificação das áreas estratégicas**: relatório final, Brasília: CGEE, 2017. 128 p.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Bioeconomia e a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2020. 124 p.
- COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR – CAPES. **Capex Periódicos**, Brasília: Capes, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- ELSEVIER. **Science Direct**. Amsterdam: Elsevier, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- EUROPEAN PATENT OFFICE – EPO. **Cooperative Patent Classification (CPC)**, Munique: EPO, 2021. Disponível em: <https://www.epo.org/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/classification/cpc.html>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- FUCK, M. P.; VILHA, A. M. Inovação Tecnológica: da definição à ação. **Contemporâneos**: Revista de Artes e Humanidades, Santo André, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2011.
- GOMES, W. S.; BORÉM, A. Biotecnologia: novo paradigma do agronegócio brasileiro. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 115-136, 2013.
- LEWANDOWSKI, I. (Ed.). **Bioeconomy**: shaping the transition to a sustainable, biobased economy. Cham: University of Hohenheim, 2018. 358 p.
- NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. (coord.). **A dimensão do setor sucroenergético**: mapeamento e quantificação da safra 2013/14. Ribeirão Preto: Markestrat: Fundace: FEA-RP/USP, 2014. 46 p. Disponível em: http://apps.markestrat.com.br/upload/7847735477894e572d68daff25f31bb4-pub_20140611090607_mapeamento_quantificacao_safra2013141.pdf. Acesso em: 11 ago. 2021.
- SCHEITERLE, L. *et al.* From commodity-based value chains to biomass-based value webs: the case of sugarcane in Brazil's bioeconomy. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.]: v. 172, 20 jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.150>
- SILVA, A. B. F. *et al.* **Manual de custos e indicadores do setor da bioenergia**. Araçatuba: UDOP; São Paulo: IEA, 2016. 148 p.
- UNITED NATIONS – UN. **Take Action for the Sustainable Development Goals**, New York: UN, 2021. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>. Acesso em: 13 mar. 2022.
- ZYLBERSZTAJN, D. Papel dos contratos na coordenação agroindustrial: um olhar além dos mercados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 385-420, 2005.