

PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA BASEADA EM MATÉRIAS-PRIMAS RENOVÁVEIS NO BRASIL: UMA ANÁLISE REGIONALIZADA

Perspectives for the industry development based on renewable raw materials in Brazil: a regionalized analysis

Gislaine Ferreira Barbosa
Waldecy Rodrigues

PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA BASEADA EM MATÉRIAS-PRIMAS RENOVÁVEIS NO BRASIL: UMA ANÁLISE REGIONALIZADA

*Perspectives for the industry development based on
renewable raw materials in Brazil: a regionalized analysis*

Gislaine Ferreira Barbosa
Waldecy Rodrigues

Resumo: Este artigo apresenta perspectivas iniciais para o desenvolvimento de uma “nova” indústria baseada em matérias-primas renováveis no Brasil, a partir de um recorte regional. Para tanto, discute o panorama nacional atual do sistema da agroindústria da soja e da cana-de-açúcar, identificando o volume e a evolução da produção dessas *commodities*, bem como sua localização. Faz, também, um mapeamento da competência técnico-científica voltada para tecnologias na transformação de matérias-primas agrícolas em bioprodutos. A análise da estruturação dessa indústria foi feita de forma regionalizada, considerando as cinco regiões país, e tratando de forma específica as regiões do Centro-Oeste Expandido e do Matopiba. Os principais resultados apontam as regiões Centro-Oeste e Sul como as maiores produtoras e processadoras de soja, enquanto a região Sudeste é forte concentradora das atividades da cadeia produtiva da cana-de-açúcar e da base técnico-científica do Brasil, apresentando, portanto, melhores perspectivas para o desenvolvimento dessa indústria.

Palavras-Chave: Desenvolvimento; Matérias-Primas Renováveis; Produção; Regional.

Abstract: This paper presents initial perspectives for the development of a “new” industry based on renewable raw materials in Brazil, from a regional perspective. To this end, it discusses the current national panorama of the soy and sugarcane agribusiness system, identifying the volume and evolution of production of these commodities, as well as their location. It also maps the technical-scientific competence focused on technologies in the transformation of agricultural raw materials into bioproducts. The analysis of the structure of this industry was done regionally, considering the five country regions, and specifically dealing with the Midwest Expanded and Matopiba regions. The main results point to the Midwest and South regions as the largest producers and processors of soybeans, while the Southeast is a strong concentrator of the activities of the sugarcane production chain and the technical-scientific base of Brazil, presenting, therefore, better prospects for the development of this industry.

Keywords: Development; Renewable Raw Materials; Production; Regional.

INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um grande *player* mundial na produção agropecuária. Possui uma diversificada matriz de produção, porém com bastante força no binômio grãos-carne.

Existe, sem dúvida, uma boa janela de oportunidades relacionada ao processo de agregação de valor à cadeia produtiva do agronegócio. A produção de alimentos, seguramente, é uma delas. Porém, existem outras possibilidades associadas aos novos produtos substitutos de matérias-primas derivadas do petróleo que devem ser analisadas com muita atenção. Essas possibilidades vão desde a tradicional substituição ou complementação de combustíveis, como é o caso do álcool etanol e os biocombustíveis, avançando para a indústria química, tais como a produção de bioplásticos, novas fontes de energia elétrica por resíduos, materiais químicos para a produção de substitutos do cimento, da borracha, da pavimentação asfáltica, dentre várias outras.

A conjunção de diversos fatores, entre eles o potencial da biologia industrial ou *white biotechnology*, as restrições ambientais ao uso de matérias-primas fósseis e a perspectiva da inovação tecnológica como uma alternativa para a saída de crises, pode explicar o crescente interesse mundial pela utilização de matérias-primas renováveis. O que sugere um impacto direto na atividade industrial no decorrer do século XXI (COUTINHO; BOMTEMPO, 2011). Nesse contexto, abrem-se oportunidades para a construção de uma nova indústria baseada na utilização de Matérias-Primas Renováveis (MPR), capaz de converter biomassa em produtos com alto valor agregado a partir do desenvolvimento e implementação de processos com altas inovações tecnológicas. Seria esse um possível vetor de dinamismo para o agronegócio brasileiro?

Para entrar nesses novos mercados, que são exigentes em sofisticação tecnológica no uso de matérias-primas renováveis, o Brasil deve, de alguma sorte, ter uma atuação estratégica em âmbito nacional, com o Estado resgatando um papel protagonista e indutor. É o que Gala (2015) pondera sobre criar e alimentar a complexidade econômica, estimulando investimentos em fronteiras tecnológicas mais avançadas. É difícil supor que somente os interesses oligopolistas, internacionais ou nacionais, sem um direcionamento estratégico, caminhariam naturalmente para esta direção.

O Brasil pode ser um dos líderes internacionais em indústrias que utilizam matérias-primas renováveis. Tem as condições naturais para tal intento: fartadisponibilidade de culturas agrícolas de grande extensão, intensa radiação solar, disponibilidade de água, diversidade de clima e pioneirismo na produção de biocombustível em larga escala. O país é líder na utilização de matérias-primas renováveis para fins energéticos. A indústria do etanol é referência mundial no setor. São fatores que colocam o país em posição privilegiada para assumir a liderança nesta indústria em formação (CGEE, 2010).

Como se observa, o Brasil tem uma posição interessante nesse cenário e, a primeira vista, parece existir vantagens comparativas para a participação brasileira na indústria. Entretanto, esse novo setor industrial ainda encontra-se em processo de estruturação. Sua dinâmica de concorrência é orientada pela inovação em um ambiente ainda de elevado nível de incertezas (ALVES, 2013). O potencial da bioeconomia não envolve apenas a geração de fontes renováveis de matérias-primas. Depende, fortemente, da transformação destas em produtos pautados pela inovação e conhecimentos tecnológicos.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo apresentar perspectivas iniciais para essa “nova” indústria baseada em matérias-primas renováveis do Brasil, a partir de um recorte regional. Dada a sua amplitude, serão discutidas as novas possibilidades de desenvolvimento da indústria de produtos bioderivados com base nas cadeias produtivas da soja e da cana-de-açúcar. Para tanto, esse artigo apresenta e discute o panorama atual do sistema agroindustrial da soja e da cana-de-açúcar no Brasil, identificando o volume e a evolução da produção dessas *commodities*, a localização das agroindústrias processadoras de soja e da cana-de-açúcar, e faz, também, um mapeamento da competência técnico-científica voltada para o desenvolvimento de tecnologias aplicadas na conversão de biomassas em bioprodutos.

Este artigo está organizado em quatro partes principais. A primeira trata dos aspectos introdutórios onde é apresentada a problematização, a justificativa, o objetivo da pesquisa e os principais conceitos que sustentam o trabalho. A segunda parte descreve o caminho metodológico seguido na elaboração da pesquisa e as fontes de dados coletados. Em seguida, são apresentados e discutidos os dados referentes as perspectivas de desenvolvimento de uma indústria baseada em matérias-primas renováveis no Brasil e, por fim, são delineadas as considerações finais do estudo.

1.1. Compreensão da Indústria Baseada em Matérias-primas Renováveis

A construção desse estudo tem sustentação em alguns conceitos. Os principais são: bioeconomia, biomassa, biorrefinaria, bioprodutos e mapas de rotas tecnológicas/*roadmaps*.

O desenvolvimento de uma indústria baseada em matérias-primas renováveis faz parte do movimento mais amplo que costuma ser designado como bioeconomia ou indústria dos produtos bioderivados (*biobased industry*). A bioeconomia compreende a parte da economia que utiliza recursos naturais renováveis para a produção de bioenergia, biocombustíveis e bioprodutos. Representa alternativa ao risco e limitações do modelo econômico atual, baseado em recursos fósseis (BOMTEMPO, 2013).

Biomassa é definida como toda a matéria orgânica, não fóssil, de origem vegetal, animal ou microbiana. Esta consiste em: plantas cultivadas ou nativas; descartes das lavouras; florestas nativas ou cultivadas e resíduos florestais; esterco de animais domésticos; esgotos urbanos; lixo doméstico com resíduos de origem animal ou vegetal; formações orgânicas, como a turfa; resíduos de matadouros e das indústrias de processamento de produtos agrícolas, entre outros (ALVES, 2013).

Inspiradas nas refinarias de petróleo, uma biorrefinaria é pensada como uma unidade produtiva que integra os processos e equipamentos para produzir múltiplos combustíveis, químicos e energia. O conceito de biorrefinaria é fundamentado na conversão integral de recursos renováveis como fonte de macromoléculas. Esse conceito preconiza ainda a minimização dos impactos ambientais e maximização do uso desses recursos, considerando o ciclo de vida dos produtos (ROSA *et al.*, 2011).

Os produtos, ou bioprodutos, gerados nessa “nova” indústria podem ser finais ou intermediários; *drop-in* ou não *drop-in*; *commodities* ou especialidades.

As diversas combinações entre essas possíveis alternativas dão margem a uma variedade de abordagens do mercado e logo a uma variedade de modelos de negócio que se ajustam a cada grupo de produtos (ABDI, 2016). Produtos finais: é o caso do bioplástico e biopolímero, principalmente, e de produtos que vão entrar em formulações em indústrias clientes da indústria química. Entre esses produtos a primeira grande distinção é entre os *drop-in* e os não *drop-in*. Os *drop-in* são idênticos aos de base fóssil, dispensando necessidade de qualquer adaptação na infraestrutura de distribuição nos equipamentos de transformação e na maneira como os produtos são utilizados. Os não *drop-in* são produtos novos que entram em substituição a outros plásticos de origem fóssil, o mais conhecido deles é o PLA (ácido polilático), mas exigem que novas aplicações sejam desenvolvidas para sua difusão. Essas aplicações envolvem complementadores a jusante na cadeia produtiva: produtores de aditivos, transformadores, além de esforços de desenvolvimento de aplicações para adoção pelos *end users*. Nesse caso, os ativos complementares existentes devem ser adaptados ou em alguns casos construídos para alcançar a utilização final do produto.

No caso de bioprodutos intermediários ou plataformas, além da questão *drop-in* ou não *drop-in*, pode ser necessário, em alguns casos, o desenvolvimento de novos mercados de utilização dentro da indústria química. Entre os produtos citados como mais promissores, incluem-se diversos blocos de construção que somente serão difundidos se for possível desenvolver novas árvores de aplicações.

Os *roadmaps* tecnológicos começaram a ser usados no final dos anos 1970. Hoje os *roadmaps* são largamente utilizados por países e empresas. No Brasil, a ferramenta vem sendo adotada na identificação e planejamento de áreas prioritárias do governo (CGEE e ABDI, por exemplo) e mesmo pela Petrobras.

Um *roadmap* é a representação de uma visualização do futuro que procura integrar os aspectos relevantes do negócio (mercados, produtos, tecnologias, processos e pessoas) na dimensão tempo. O *roadmap* é, portanto, uma representação gráfica baseada no tempo, compreendendo um número de camadas que, tipicamente, incluem perspectivas comerciais e tecnológicas. Uma característica valiosa dos *roadmaps* está na sua apresentação concisa. A sua natureza visual tem, especialmente, ajudado na discussão estruturada e construtiva de processos de prospecção tecnológica tanto no âmbito das políticas, envolvendo múltiplas organizações e atores, quanto no âmbito das estratégias empresariais, envolvendo as atividades da organização, normalmente, em seu ambiente de planejamento tecnológico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

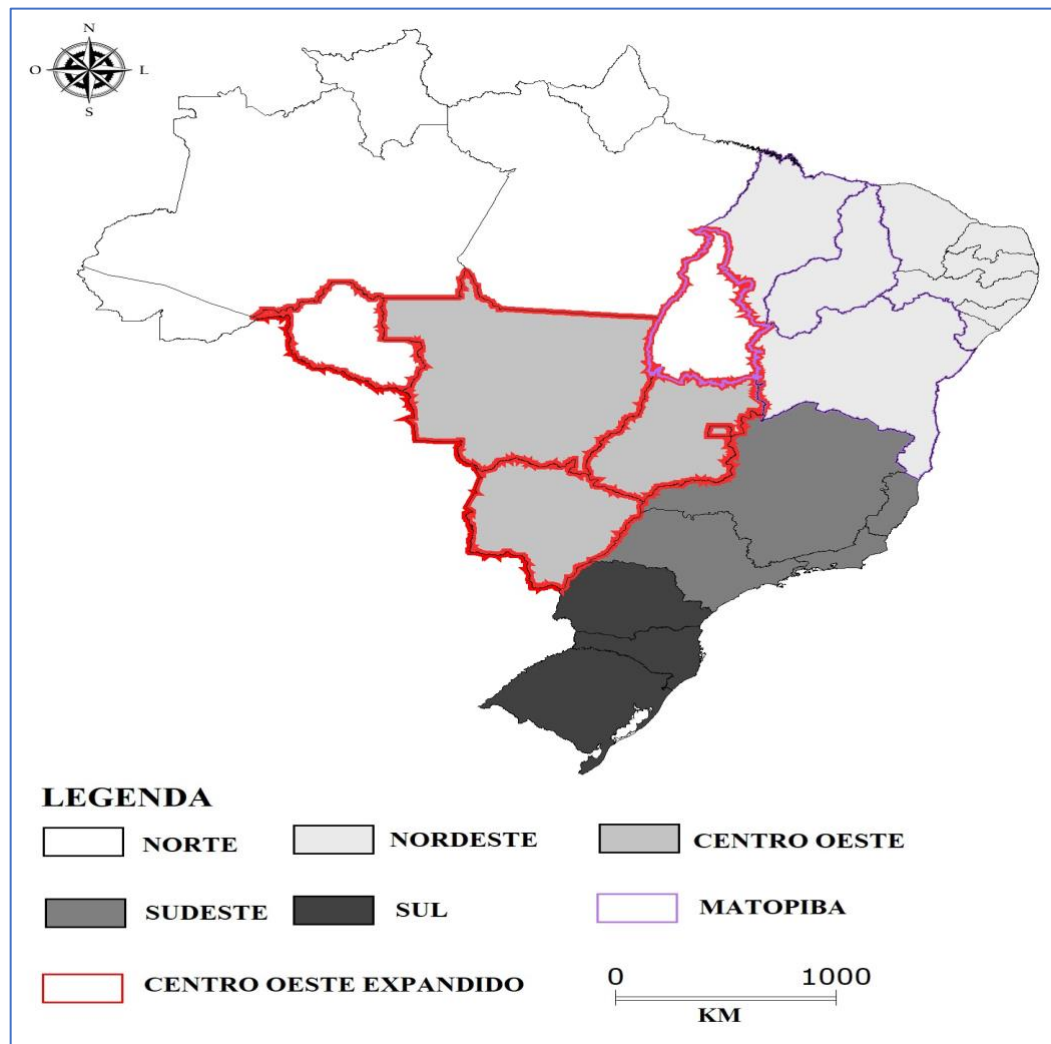
Este artigo utiliza uma abordagem descritiva, onde são identificados e analisados os dados referentes à operacionalização de uma indústria baseada em matérias-primas renováveis. Foram levantadas informações referentes à produção de soja e cana-de-açúcar, fontes de biomassa utilizadas nessa nova indústria, a localização das agroindústrias processadoras dessas matérias-primas, bem como a distribuição da capacidade técnico-científica necessária ao desenvolvimento desse setor no Brasil, de forma regionalizada.

Os procedimentos de pesquisa adotados foram: 1º) Para efeitos de análise, o Brasil foi dividido em sete regiões; 2º) Identificação da distribuição da produção das matérias-primas no Brasil, a saber soja e cana-de-açúcar; 3º)

Mapeamento da localização das agroindústrias processadoras de soja e cana-de-açúcar no Brasil; 4º) Levantamento da base técnico-científica instalada no território brasileiro.

Para o primeiro procedimento, consideramos a hipótese de que o fator localização é um aspecto importante a ser considerado na escolha das rotas tecnológicas mais promissoras ao desenvolvimento do setor de renováveis. Dessa forma, consideramos as cinco regiões país e tratamos de forma específica as regiões do Centro-Oeste Expandido e do Matopiba, totalizando sete regiões (Figura 1).

Figura 1- Brasil regionalizado¹



A divisão das regiões foi feita em razão da configuração produtiva e econômica do Brasil, especialmente, as regiões produtivas agrícolas. Os estados de Rondônia e Tocantins figuram na região Centro-Oeste Expandido em razão destes participarem, junto aos demais Estados dessa região, do Consórcio Brasil Central². A inclusão do Matopiba como uma região em análise, dá-se em razão de

Regiões	Estados
Norte	Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins
Nordeste	Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe
Sul	Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná
Sudeste	São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais
Centro-Oeste	Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul Distrito Federal
(*)MATOPIBA	Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
(*)Centro-Oeste Expandido	Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Rondônia e Tocantins

² O Consórcio Interestadual de Desenvolvimento do Brasil Central é uma espécie de entidade/bloco formado pelos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Rondônia, Tocantins e o Distrito Federal, criado com o objetivo de fomentar o desenvolvimento da região,

ser considerada a grande fronteira agrícola nacional da atualidade. Essa região faz parte de um projeto de desenvolvimento territorial estratégico do governo federal.

Para identificar a distribuição da produção das matérias-primas renováveis (soja e cana-de-açúcar), foram utilizadas informações da Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, sobre as safras 2015/2016 e 2016/2017 (estimativa).

No terceiro procedimento de pesquisa, as agroindústrias processadoras de soja e cana-de-açúcar foram localizadas pelo site da Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (Abiove) e da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), respectivamente. Foram levantadas o número de unidades de processamento dessas matérias-primas e a capacidade de processamento dessas unidades.

O mapeamento da base técnico-científica nacional foi feito seguindo o roteiro elaborado por Teixeira (2009). Foram utilizadas informação do banco de dados sobre estatísticas de pós-graduação da Capes (GeoCapes) para identificar a origem dos egressos de programas de pós-graduação *stricto sensu* em nível de doutorado. Levantou-se a quantidade de doutores titulados nos programas de pós-graduação em ciências agrárias e biológicas no período 2010-2016, utilizando a base GeoCapes. A seleção dessas duas grandes áreas do conhecimento ocorreu devido à proximidade delas com a exploração industrial da biomassa, especificamente, com o melhoramento vegetal e com a biotecnologia. Em seguida, foi levantada a quantidade de programas de pós-graduação, em nível de doutorado, nas duas grandes áreas do conhecimento.

Essa parte do trabalho apresentará a consolidação do levantamento realizado sobre os doutores³ titulados no país em áreas do conhecimento correlatas a ao melhoramento vegetal e a biotecnologia. A intenção é fazer uma análise da distribuição geográfica da base técnico-científica que opera diretamente nesse campo do conhecimento e dos doutores titulados em áreas correlatas.

em julho de 2015, durante o Fórum de Governadores do Centro-Oeste, em Goiânia (GO) (PORTAL TOCANTINS, 2016).

³ A escolha pelo grupo de doutores ocorreu pela razão de que estes “são considerados o grupo com a maior probabilidade de contribuir para o avanço e a difusão de conhecimento e tecnologias e [que], como tal, (...) são frequentemente vistos como atores que desempenham papel chave na criação do crescimento econômico baseado no conhecimento e na inovação” (VIOTTI; BAESSA, 2008, p. 5 *apud* TEIXEIRA, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Estruturação de uma “Nova” Indústria Baseada em Matérias-primas Renováveis

A estruturação e o desenvolvimento de uma indústria baseada em matérias-primas renováveis dependem da disponibilidade e evolução, ainda em curso, de um conjunto de variáveis. Esse processo evolutivo busca a criação de um ambiente propício para se viabilizar e consolidar comercialmente as oportunidades dessa indústria. Nesta pesquisa, admite-se que esse ambiente depende, inicialmente de três espaços de estruturação que são, com efeito, espaços interdependentes. Dessa forma, a estruturação da oferta do setor depende da dinâmica de inovação em:

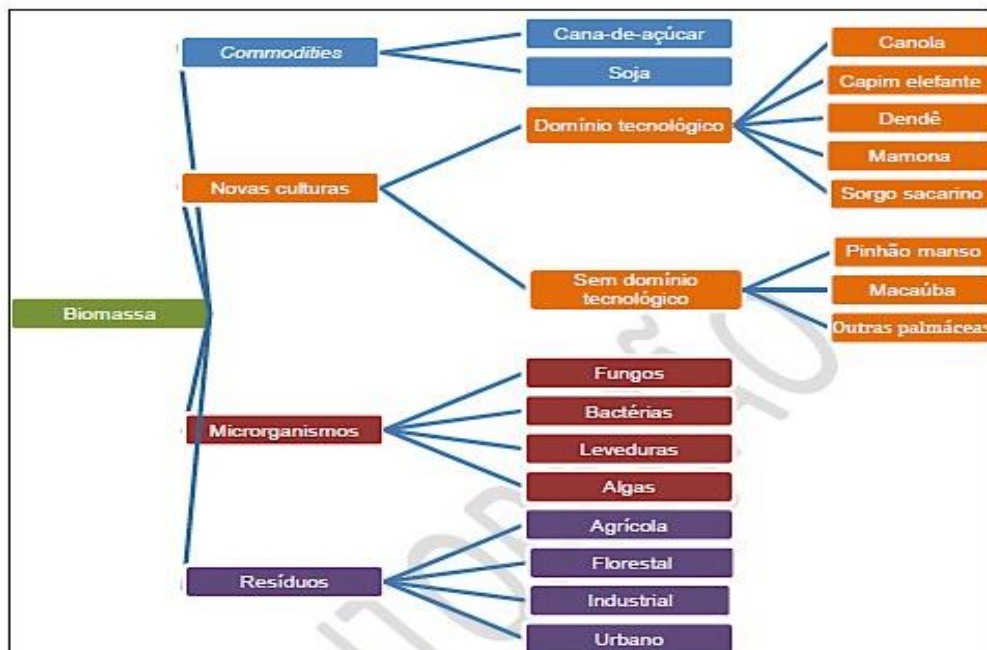
- a) Matérias-primas renováveis;
- b) Tecnologias de conversão da biomassa;
- c) Base técnico-científica.

A seguir, são apresentados e discutidos os cenários regionais de estruturação da indústria baseada em matérias-primas renováveis no Brasil.

A discussão sobre o avanço da produção de novos produtos a partir de fontes renováveis tem como base inicial questões referentes à disponibilidade⁴ da matéria-prima. O ponto de partida no desenvolvimento da bioeconomia é, pois, a biomassa (ALVES, 2013). Há quatro grupos de biomassa que podem ser base de produção para outros produtos, que são: *commodities*, novas culturas, microrganismos e resíduos disponíveis (Figura 2).

⁴ Associada a disponibilidade, o preço das matérias-primas renováveis é determinante basilar para estruturação do setor de renováveis. Segundo Alves (2013), é possível afirmar que o preço da matéria-prima irá definir quais processos de conversão entrarão em escala comercial e quais não terão sua economicidade comprovada. A presente pesquisa, especificamente, se atém a questão da oferta de matérias-primas renováveis no Brasil.

Figura 2 – Grupos de biomassa



Fonte: Embrapa Agroenergia, 2012.

No que tange à biomassa vegetal (plantas), a divisão em *commodities* e novas culturas se deu em função de três requisitos: pacote tecnológico definido, escala de produção e logística de comercialização desenvolvida. As *commodities* atendem a todos esses requisitos. Por outro lado, no contexto do grupo de novas culturas, há aquelas que apresentam pacote tecnológico disponível, mas baixa escala de produção e outras que ainda não apresentam tecnologia disponível, pois são espécies que se encontram em processo de domesticação. (EMBRAPA AGROENERGIA, 2012).

3.2 Mercado de Bioprodutos⁵

O setor de bioprodutos derivados de matérias-primas renováveis deve ser analisado como um setor emergente na economia global ainda sem estrutura industrial bem definida. A dinâmica de competição e inovação nesse setor segue a lógica das indústrias emergentes. Para justificar essa condição de indefinição estrutural, algumas características econômicas podem ser destacadas:

- a) Grande número de projetos inovadores em competição, propondo soluções diferentes em resposta às oportunidades do ambiente;
- b) Incorporação de novas bases de conhecimento, em particular a biotecnologia avançada de numerosas *startups* apoiadas por *grants* e políticas de inovação e por volumes;
- c) Surgimento expressivos de recursos de *venture capital*;
- d) Participação de empresas estabelecidas de diversas indústrias, além dos *players* da própria indústria química;

⁵Seção baseada no documento ABDI-2016.

e) Envolvimento de um processo de transição de matéria-prima, o que gera incertezas e leva a transformações de fundo na indústria. Matéria-prima é fator estruturante na indústria de bioprodutos.

Atualmente, o principal uso das MPR ainda é muito mais expressivo para a produção de biocombustíveis do que para bioprodutos. Entretanto, enquanto as taxas de crescimento dos biocombustíveis são estimadas em torno de 10% a.a., as taxas para os bioprodutos costumam se situar acima de 20% a.a (ABDI, 2016). Além disso, os estudos de impactos e efeitos ambientais têm sido favoráveis aos bioprodutos em comparação com os biocombustíveis e a própria viabilidade econômica parece ser favorecida nos mercados de bioplásticos e outros bioprodutos que permitem margens maiores e eventualmente prêmios em relação aos similares de base fóssil. A produção integrada de biocombustíveis e bioprodutos em biorrefinarias continua sendo um conceito em construção que deve contribuir para a estruturação da indústria do futuro baseada em biomassa.

Diversas estimativas têm sido divulgadas sobre o mercado potencial de polímeros e produtos químicos baseados em biomassa. O potencial de substituição para um grupo de produtos químicos de grande volume, considerando condições favoráveis de mercado, foi estimado pelo projeto BREW em cerca de 113 milhões de toneladas até 2050. Isso representaria 38% de toda a produção da química orgânica. Na hipótese mais conservadora, o estudo estima um mercado ainda expressivo da ordem de 26 milhões de toneladas, o que corresponderia a 17,5% da química orgânica. A produção atual da indústria química, incluindo também produtos inorgânicos, é da ordem de 330 milhões de toneladas anuais (ABDI, 2016).

Na avaliação do potencial de mercados dos bioprodutos, costuma-se separar os bioplásticos e os demais produtos químicos. A capacidade de produção atual dos bioplásticos é da ordem de 1 milhão de toneladas/ano, o que se situa em torno de 1% da capacidade global dos plásticos convencionais. Entretanto, prevê-se, para os próximos anos, uma taxa de crescimento anual da ordem de 31%, o que resultaria, em 2016, em uma capacidade de produção de cerca de 6 milhões de toneladas (ABDI, 2016). Pode-se destacar a evolução do mercado mundial de biopolímeros e bioplásticos, como o polietileno verde, com capacidade instalada de 200 mil toneladas ao ano no Brasil, e o monoetileno glicol, intermediário para produção do PET, cuja capacidade instalada na Ásia atinja 475 mil toneladas ao ano em 2013.

No caso dos químicos bioderivados, em sua maioria considerados *building blocks* (básicos e intermediários) para a conversão em produtos finais, listam-se inúmeros que possuem projetos identificados. Na tabela 2, apresenta-se uma lista deles, incluindo as principais empresas envolvidas. Alguns desses produtos encontram-se em situação comercial ou pré-comercial e já demonstram efetivo potencial de crescimento. Outros são vistos como ainda em *pipeline*, com potencial comercial dependendo de desenvolvimento tecnológico e comercial.

Tabela 2 - Químicos derivados de biomassa – empresas e potencial comercial

Cn	Empresas	Potencial
1 Metanol	BioMCN, Chemrec	Crescimento
Ácido fórmico	Maine	<i>Pipeline</i>
Metano	Muitas empresas	Crescimento
Gás de síntese	BioMCN, Chemrec	Crescimento
2 Eteno	Braskem, Dow/Mitsui, SongyuanJi	Crescimento
Acetato de etila	Zeachem	<i>Pipeline</i>
Etanol	Muitas empresas	Crescimento
Etilenoglicol	India Glycols, Greencol	Crescimento
Ácido glicólico	Metex	<i>Pipeline</i>
Ácido acético	Wacker, Zeachem	Crescimento
3 Ácido láctico	Purac, Natureworks, Galactic, Henan Jindan, BCCA	Crescimento
Ácido acrílico	Cargill, Perstorp, OPX Bio, Dow, Arkema	<i>Pipeline</i>
Glicerol	Muitas empresas	Crescimento
3-hidroxi-propiónico	Cargill	<i>Pipeline</i>
Propeno	Braskem, Mitsubishi, Mitsui	<i>Pipeline</i>
Epicloridrina	Solvay, Dow	Crescimento
1,3 propanodiol	DuPont/Tate&Lyle	Crescimento
n-propanol	Braskem	<i>Pipeline</i>
Isopropanol	Genomatica, Mitsui	<i>Pipeline</i>
Lactato de etila	Vertec	Crescimento
Propileno glicol	ADM, Oleon/BASF	Crescimento
4 n-butanol	Cathay, Butamax, Butalco, Cobalt/Rhodia	Crescimento
1,4 butanodiol	Genomatica com M&G, Mitsubishi, Tate&Lyle	<i>Pipeline</i>
Isobutanol	Butamax, Gevo	Crescimento
Iso-buteno	Gevo/Lanxess,	<i>Pipeline</i>
Metaacrilato de metila	Lucite/Mitsubishi, Evonik/Arkema	<i>Pipeline</i>
Ácido succínico	BioAmber, Myriant, BASF/PURAC, DSM/Roquette, PTT Chem/Mitsubishi	Crescimento
Isobuteno	Gevo/Lanxess	<i>Pipeline</i>
5 Furfural	Muitas empresas	Crescimento
Ácido itacônico	Qingdao, Itaconix	<i>Pipeline</i>
Xilitol	Danisco/Lenzing, Xylitol Canada	Crescimento
Isopreno/farneseno	Goodyear/Genencor, GlycosBio, Amyris	<i>Pipeline</i>
Ácido glutâmico	Global Biotech, Melhua, Fufeng, Juhua	Crescimento
Ácido levulínico	Maine, Avantium, Segetis, Circa	<i>Pipeline</i>
6 Sorbitol	Roquette, ADM	Crescimento
Ácido adípico	Verdezyne, Rennovia, BioAmber, Genomatica	<i>Pipeline</i>
Lisina	Global Biotech, Evonik/Rus, BCCA, Draths, Ajinomoto	Crescimento
Isosorbide	Roquette	Crescimento
Ácido glucárico	Rivertop	<i>Pipeline</i>
Ácido cítrico	Cargill, DSM, BCCA, Ensign, TTCA, RZBC	Crescimento
FDCA	Avantium	<i>Pipeline</i>
Caprolactama	DSM	<i>Pipeline</i>
NPHA	Metabolix, Meridian, Tianjin,	Crescimento
Para - xileno	Gevo, Draths, UOP, Anellotech, Virent	<i>Pipeline</i>
Ácidos dicarboxilícos	Cathay, Evonik	Crescimento
Derivados de ácidos graxos	Croda, Elevance	Crescimento

Fonte: ABDI, 2016.

A Tabela 2 destaca, em boa medida, o ambiente de variedade que envolve uma indústria em formação e em busca de definições de conceitos dominantes, incluindo tanto biocombustíveis quanto bioprodutos. A base de dados elaborada pelo *site* Biofuels Digest (BIOFUELSDIGEST, 2013) conta com 138 empresas

diferentes desenvolvendo projetos inovadores, a maioria em estágios piloto ou de demonstração.

Trata-se de um processo voltado para a geração de variedades que, dentro da dinâmica da inovação, serão selecionadas ao longo do tempo e contribuirão para a construção da futura indústria baseada em biomassa. Os projetos em desenvolvimento voltam-se para a busca de melhores produtos, melhores processos e melhores matérias-primas (de preços mais baixos e estáveis, e de fácil disponibilidade) para a produção de biocombustíveis e de bioprodutos que possam se apresentar como alternativas aos produtos de base fóssil.

A análise das inovações de processo mostra, em primeiro lugar, uma amplitude de técnicas em desenvolvimento. A variedade desses processos aponta para a presença de empresas com *backgrounds* variados de conhecimento e que, tradicionalmente, não estavam presentes nos mercados de energia e de química. É o caso das empresas de biotecnologia. Algumas com histórico de desenvolvimentos importantes em outras indústrias, como a médico-farmacêutica. A incorporação da biotecnologia sintética representa uma nova base de capacidades que desafia fortemente a indústria química e a coloca em competição com novas empresas detentoras dessa base expertise, mas sem competências na produção em escala e comercialização.

A variedade do perfil das empresas envolvidas é notável. Entre as que possuem projetos inovadores, destaca-se a presença *startups* de base tecnológica, em geral, saídas de universidades. Essas iniciativas têm sido financiadas nas fases iniciais de desenvolvimento (prova de conceito, piloto, demonstração) por *grants* de agências públicas, complementados frequentemente por recursos de *venture capital*. Os fundos de *venture capital* têm se interessado pelas oportunidades da economia verde e, em particular, pela indústria baseada em biomassa.

O setor de produtos químicos renováveis tem atraído ainda empresas identificadas com ingredientes para a indústria de alimentos (Purac, Roquette, Tate & Lyle) e empresas do agronegócio (ADM, Bunge, Cargill). Devem ser mencionadas ainda as empresas de petróleo e gás que, voltadas principalmente para os biocombustíveis, têm construído negócios importantes no processamento industrial de biomassa, muitas vezes em associação com *startups* ou com empresas químicas.

Esse grupo variado de empresas – de uma pequena *startup* de base tecnológica a uma gigante do agronegócio – representa na verdade um portfólio de competências complementares que deve ser combinado ao processo de estruturação do setor.

3.3 Potencialidades Regionais para o futuro da Indústria de Matérias-Primas Renováveis no Brasil

O Brasil se encontra em posição distinta para o aproveitamento da biomassa do grupo das *commodities*, pelo fato de apresentar grande potencial de cultivo de matérias-primas renováveis, dispondo de culturas agrícolas de grande extensão, com destaque para a produção de soja e cana-de-açúcar. Como essas potencialidades estão regionalmente espalhadas no território brasileiro?

Três são os aspectos para a avaliação do potencial dessa indústria no território brasileiro: 1) Produção atual e perspectivas futuras para a disponibilidade de matérias primas-renováveis; 2) A atual dispersão de

indústrias tradicionais em matérias-primas renováveis; e, 3) As capacidades tecnológicas e científicas já instaladas.

O quadro que segue reuniu os dados referentes aos três aspectos e mostra como estão distribuídos geograficamente no território brasileiro.

Quadro 1- Quadro Sintético

Regiões	Produção de soja (mil ton.)		Produção de cana-de-açúcar (mil ton.)		Unidades de Processamento*		Capacidades tecnológicas e científicas
	SAFRA 2015/2016	SAFRA 2016/2017**	SAFRA 2015/2016	SAFRA 2016/2017**	Soja	Cana-de-açúcar	Programa de pós-graduação
Norte	3.818,9	5.304,7	3.541,90	3.312,22	6	5	28
Nordeste	5.107,1	9.405,9	45.274,8	46.992,0	7	73	73
Sudeste	7.574,9	7.486,0	436.395,8	467.579,7	13	207	232
Sul	35.181,1	36.829,3	41.347,3	43.079,9	46	29	105
Centro-Oeste	43.752,6	48.588,7	139.026,4	133.581,0	37	66	31
(*)Matopiba	6.793,8	12.181,4	9.605,10	7.356,2	10	13	23
(*)Centro-Oeste Expandido	45.973,30	52.034,6	141.583,60	135.816,10	42	68	34
Brasil	95.434,6	107.614,6	665.586,2	694.544,8	109	380	469

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da CONAB (2017). Abiove (2017). GeoCapes (2017).

*Unidades de processamento de soja instalados no Brasil no ano de 2015 e unidade de processamento de cana-de-açúcar na safra 2012/2013. *Estimativa em março/2017.

A soja tem sido a principal cultura cultivada no país. Na safra 2015/2016 o Brasil produziu aproximadamente 96 milhões toneladas dessa *commoditie* em uma área de 33.251,9 mil hectares. A estimativa para a safra 2016/2017 é que área para cultivo avance e que a produção aumente em 12,8%, atingindo 107,61 milhões de toneladas.

A região Centro-Oeste é a maior produtora dessa oleaginosa (43.752,6 mil toneladas), cerca de 46% de toda produção nacional, seguida pela Sul que produziu 35.181,1 mil toneladas na safra 2015/2016. Com relação a regionalização, são marcantes os números para o Centro-Oeste Expandido. Sozinha, a região é responsável por aproximadamente metade de toda soja produzida no Brasil.

As regiões Norte, Nordeste, Sudeste e o Matopiba apresentaram pouca expressão na produção, juntas produziram cerca de 25% da produção nacional. No cenário de perspectiva futura, com exceção da região Sudeste, todas as regiões devem verificar um aumento a produção, com destaque para o Matopiba que espera dobrar a produção da safra 2015/2016 para a safra 2016/2017, produzirá cerca de 12% da produção nacional. Como se vê, geograficamente, a produção de soja está fortemente concentrada na região centro-sul do país, com destaque para o Centro-Oeste Expandido.

Conforme dados Conab (2017), o setor sucroalcooleiro no Brasil possui características próprias que o diferencia de seus congêneres em outros países. Primeiramente, a maior parte das indústrias nacionais produz uma proporção bastante alta da cana-de-açúcar que processa. O padrão internacional, ao contrário, mantém a atividade agrícola da produção de cana-de-açúcar separada

da produção industrial. Esse modelo de organização está associado à enorme dimensão territorial do país, à grande disponibilidade de terras férteis e aptas para o cultivo da cana-de-açúcar e à tradição agrária do país.

Há uma forte predominância da Região Sudeste na produção dessa *commoditie*, principalmente, pela importância do estado de São Paulo, uma participação coadjuvante da região Centro-Oeste, e do Centro-Oeste Expandido, as regiões Nordeste e Sul tem uma baixa participação, enquanto as regiões Norte e o Matopiba tem participações quase inexpressivas nessa cultura.

Na safra 2015/2016 a cana ocupou uma área de 8.654,8 mil hectares no Brasil, mais de 60% dessa área está localizada na região Sudeste. No total foi produzida 665.586,2 mil toneladas, sendo o Sudeste responsável pela produção de 436.395,8 mil toneladas, que corresponde a 65,6% de toda cana-de-açúcar produzida no Brasil. A região Centro-Oeste produziu 139.217,4 mil toneladas, o Nordeste 45.274, a região Sul 41.347,3 e o Matopiba 9.605,1 mil toneladas. Para a safra 2016/2017 a estimativa é que a área plantada de cana-de-açúcar cresça em torno de 5% em todo Brasil, se comparada a safra 2015/2016, é o mesmo crescimento esperado para a produção. O que chama atenção na perspectiva futura para essa *commoditie* é um cenário em que a região Sudeste concentre ainda mais a produção nacional. Sua participação passa de 67,3% na produção nacional, enquanto a região Centro-Oeste, segunda maior produtora, verifica uma diminuição na sua produção que cai a 19%.

Quanto a paisagem nacional e regional referente a localização das unidades de processamento (UP) de soja, conforme Abiove (2017), o Brasil possuía, no ano de 2015, 109 (cento e nove) UP de soja. Dessas, 46 (quarenta e seis) unidades estão localizadas na região Sul, que corresponde a 42% de todas as UPs instaladas no país. Na região do Centro-Oeste Expandido estão instaladas 42 (quarenta e duas) UPs. A região Sudeste e a região do Matopiba, com 13 (treze) e 10 (dez) UPs, concentram 12% e 9% de todas as agroindústrias processadoras de soja no Brasil. As regiões Norte e Nordeste são as que apresentam o menor número de agroindústrias processadoras de soja, 6 (seis) e 7 (sete) respectivamente.

As duas maiores regiões produtoras de soja no Brasil, são, obviamente, as que mais possuem UP dessa *commoditie*. Contudo, a região Centro-Oeste, que é a maior produtora, não possui o maior número de UP, isso se justifica em razão da atual dinâmica de ocupação e reorganização dessa cultura no Brasil, que ocupou primeiramente a região Sul e foi se reestruturando a caminho do Cerrado brasileiro.

O Brasil tem capacidade de processar 187.304 toneladas por dia de oleaginosas. Contudo, sua capacidade em atividade é de 91%, ou seja, são processados diariamente 170.384 toneladas de oleaginosas. O Centro-Oeste Expandido apresenta a maior capacidade de processamento, 81.905 ton/dia. Seguido pela região Sul, com uma capacidade de processamento de 68.135 ton/dia, região Sudeste 23.873 ton/dia, Matopiba 14.011 ton/dia e o Nordeste com uma capacidade de processamento de apenas 11.391 ton/dia.

Os dados revelam a região centro-sul como concentradora de processamento de soja no Brasil. Quase 80% das indústrias estão localizadas nessas regiões.

O cenário do setor sucroalcooleiro não é diferente do observado na cultura sojícola. A distribuição das unidades industriais de moagem de cana-de-

açúcar nas regiões do Brasil leva à conclusão que há uma concentração das unidades localizadas na Região Centro-Sul com quase 80% do total. Das 380 (trezentos e oitenta) unidades de processamento, 207 estão localizadas na região Sudeste, ou seja, quase 55%. Contudo, observa-se na região Nordeste uma concentração de aproximadamente 20% das agroindústrias processadoras de cana-de-açúcar. Um total de 68 (sessenta e oito) unidades estão instaladas na região Centro-Oeste Expandido e, as regiões Sul e o Matopiba possuem 29 e 13 unidades, respectivamente.

O Brasil tem capacidade de processar 2.936.603 toneladas por dia de cana-de-açúcar. A região Sudeste apresenta a maior capacidade de processamento, 1.867.686 ton/dia. Seguida pela região Centro-Oeste Expandido (514.027 ton./dia) e Nordeste (305.431 ton./dia). A região Sul apresenta capacidade de processamento de 169.051 ton/dia, por fim o Matopiba com uma capacidade de processamento de apenas 49.313 ton/dia. Os dados revelam a região Sudeste como concentradora da capacidade de processamento de cana no Brasil, aproximadamente 65%.

Para manutenção e fortalecimento da competência brasileira no desenvolvimento de uma indústria baseada em matérias-primas renováveis, outro assunto que merece ser discutido diz respeito base técnico-científica a partir da perspectiva de capacitação e desenvolvimento tecnológico de matérias-primas agrícolas.

Foi realizado um levantamento dos programas de pós-graduação, em nível de doutorado, existentes no país e o número de doutores especialistas nesse campo do conhecimento titulados entre 2010 e 2016, bem como a distribuição regional desses programas de pós-graduação no território nacional.

Entre 2010 e 2015, o Brasil tituló 20.685 doutores em instituições de ensino superior (IES) nas duas áreas analisada nessa pesquisa – média de 3,5 mil doutores/ano. No período verificado, o número de doutores titulados a cada ano cresceu em todas as regiões em análise. As regiões Centro-Oeste, Nordeste e o MATOPIBA mais que dobraram o número de titulações entre os anos de 2010 e 2015. A região que mais titula nas áreas em análise é a Sudeste, no ano de 2015 foram 2.468 titulações. A região Sul vem em seguida, depois a região Nordeste e o Centro-Oeste. Nessa configuração, o Matopiba é a região que apresenta o menor número de titulações em nível de doutorado.

A distribuição geográfica dos programas de pós-graduação pertencentes as áreas de ciências biológicas e ciências agrárias, em nível de doutorado, no ano de 2015, indica uma concentração maior de programas na região Sudeste, que possui aproximadamente metade de dessa totalidade. Na região Sul, estão 22,4%, no Nordeste 15,6%, Centro-Oeste e Matopiba possuem 6,6% e 4,9%, respectivamente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção de novos materiais, produtos, coprodutos e substâncias químicas a partir de matérias-primas renováveis tem encontrado espaço e vem sendo desenvolvida em todo o mundo. Todavia, a estruturação de uma oferta articulada é uma construção que desafia a capacidade inovadora de uma nova indústria, ainda em processo de definição.

O Brasil, por sua produtividade agrícola e o pioneirismo na produção de biocombustível, demonstra vantagens naturais para o desenvolvimento de uma indústria de renováveis que se apresenta como oportunidade de redefinição e sofisticação do agronegócio para o país, uma vez que é detentor privilegiado de vantagens comparativas nas biomassas pesquisadas.

Os resultados apontam uma configuração geográfica distinta para as cadeias da soja e cana-de-açúcar no Brasil e, também, uma reconfiguração produtiva da primeira. As regiões Centro-Oeste Expandido e Sul são as maiores produtoras e processadoras de soja, mas o cenário é de expansão dessa cadeia no Centro-Oeste e de retração na região Sul. É observado, também, uma expansão produtiva no Matopiba.

O setor sucroalcooleiro é fortemente concentrado na região Sudeste, sendo o estado de São Paulo o maior produtor e processador de cana-de-açúcar. A perspectiva é que a produção cresça e fique ainda mais concentrada nessa região.

O mapeamento da base técnico-científica, necessária ao desenvolvimento de uma indústria baseada em matérias-primas renováveis, indica uma concentração nas regiões Sudeste e Sul, praticamente 75% dos programas de pós-graduação em nível de doutorado das áreas de conhecimento correlatas a bioindústria localizam-se nessas regiões, com destaque para a região Sudeste que, sozinha, concentra 50% dos programas.

Em linhas gerais, a região Sudeste, com a maior presença de recursos humanos capacitados ou fase de aperfeiçoamento/especialização, apresenta os melhores espaços de estrutura para o desenvolvimento de uma indústria com base em biomassa, com destaque para a cana-de-açúcar. As demais regiões, especialmente o Centro-Oeste expandido e Matopiba que, atualmente, se destacam como grandes produtoras de *commodities* para exportação, devem realizar um esforço de estruturação da base técnica-científica com ações que promovam ciência e a inovação.

REFERÊNCIAS

ABDI- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Agenda Tecnológica Setorial (ATS). **Química de Renováveis- Panorama Econômico**, 2016.

ABIOVE- Associação Brasileira da Indústria de Óleo Vegetal. **Complexo soja – balanço oferta/demanda**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/balanco_br.html>. Acesso em: fev. 2017.

ALVES, F. C. Agenda Tecnológica Setorial (ATS). Químicos a partir de Renováveis: **Panorama Tecnológico**, 2013.

BOMTEMPO, J.V. **Agenda Tecnológica Setorial: química renovável estrutura e dinâmica do setor**- 2013.

CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **GeoCapes - Sistema de Informações Georreferenciadas**. Disponível em: <<http://geocapes.capes.gov.br/geocapes2/>> Acesso em fevereiro de 2017.

CGEE, (2010). **Química verde no Brasil: 2010-2030**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Brasil: Séries históricas de produtos da agricultura**. 2017. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: janeiro de 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do setor do açúcar e do etanol no Brasil** /Companhia Nacional de Abastecimento. – v. 1(2017-) – Brasília: Conab, 2017.

COUTINHO, P.; BOMTEMPO, J. V. **Roadmap tecnológico em matérias-primas renováveis: uma base para a construção**<http://geocapes.capes.gov.br/geocapes2/> de políticas e estratégias no Brasil. **Química Nova**, 34, p. 910-916, 2011.

FERNANDO, S.; ADHIKARI, S.; CHANDRAPAL, C.; MURALI, N. Biorefineries: Current Status, Challenges, and Future Direction. **Energy & Fuels** 2006, 20, 1727 1737.

GALA, P. **O Atlas da Complexidade Econômica: um novo breakthrough empírico para os economistas estruturalistas**. Paulo Gala: Economia, Finanças e Investimento de forma simples (2015). Disponível em:< <http://www.paulogala.com.br/o-atlas-da-complexidade-economica-um-novo-breakthrough-empirico-para-os-economistas-estruturalistas/>> Acesso em outubro de 2016.

GENTIL, L. V. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília. 2008. 196 p.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Portal Tocantins**. Disponível em: <<http://to.gov.br/noticia/2016/12/1/forum-de-governadores-do-brasil-central-tem-mais-uma-edicao-em-brasilia/>>. Acesso em: 31 de março de 2017.

PEREIRA JUNIOR, N. Biorrefinarias - Rota bioquímica. In: **Química verde no Brasil: 2010-2030**. Brasília: CGEE, 2010.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S.T., LEITÃO, R.C. Valorização de resíduos da agroindústria. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA. Foz do Iguaçu, PR. 2011.

TEIXEIRA, R. A. Melhoramento genético vegetal no Brasil: formação de recursos humanos, evolução da base técnico-científica e cenários futuros. **Parcerias Estratégicas**. Brasília, v. 14, n. 28, p. 153-193, 2009.

Sobre os Autores:

Gislaine Ferreira Barbosa

Doutoranda do Programa Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Tocantins

. E-mail: gislane@ifto.edu.br

Waldecy Rodrigues

Pós-Doutor em Economia (UnB). Professor do Programa de Pós-Graduação em

Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: waldecy@uft.edu.br