

Campinas, SP / Dezembro, 2023

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Análise do cenário sucroenergético no Brasil

Márcia Helena Galina Dompieri⁽¹⁾Marcos Aurélio Santos da Silva⁽²⁾⁽¹⁾ Pesquisadora, Embrapa Territorial, Campinas, SP.⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

Resumo – Com a migração de pessoas, a cana-de-açúcar passou a ser cultivada em vários países do mundo tropical, como é o caso do Brasil, que apresenta condições edafoclimáticas ideais para o cultivo. Além de produzir sacarose, principal matéria-prima do açúcar, a cana também é fonte do etanol, uma das principais matrizes energéticas e de transportes sustentáveis para a economia global. A partir de dados multifonte e multiformato, coletados junto a órgãos oficiais, foram analisados aspectos estruturais do setor sucroenergético, a partir de produção, consumo, demanda, exportações e importações, assim como aparatos legais, como a Política Nacional de Biocombustíveis e o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar. Por conta de uma conjunção de fatores, o estado de São Paulo responde por quase metade da área plantada com cana-de-açúcar no País, a partir de cerca de 170 unidades produtivas e destilarias; o estado atende sua alta demanda interna e também serve aos demais estados das regiões Sudeste e Sul. Foi identificada predominância do arranjo regional na dinâmica de origem–destino do etanol anidro e hidratado (Alagoas, Pernambuco e Paraná), embora também haja pulverização desse fluxo, sobretudo nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Termos para indexação: biocombustível, cana-de-açúcar, etanol.

Analysis of the sugarcane and energy scenario in Brazil

Abstract – Through the migration of people, sugarcane became cultivated in several countries in the tropical world. It is the case for Brazil, which features ideal edaphoclimatic conditions for this crop. Aside from producing sucrose, the main raw material for sugar, sugarcane is also a source of ethanol, one of the main energy sources and sustainable transport matrices for a global economy. Structural aspects of the sugarcane and energy sector were analyzed based on multi-source and multi-format data collected from Brazilian official sources, such as production, consumption, demand, exports, imports, as well as legal frameworks, such as the Brazilian National Biofuels Policy and Agroecological Zoning of Sugarcane. The state of São Paulo accounts for almost half of the areas planted with sugarcane in the Country, with nearly 170 production units and distilleries; the state meets its high internal demand and also serves other states in the Southeast and South regions. A regional arrangement in the origin–destination dynamics of anhydrous and hydrated ethanol was identified (Alagoas, Pernambuco, and Paraná), although there is also dispersion of this flow, especially in Goiás, Minas Gerais, and Mato Grosso do Sul.

Index terms: biofuels, sugarcane, ethanol.

Embrapa Territorial
Av. Soldado Passarinho, nº 303
Fazenda Chapadão
13070-115, Campinas, SP
www.embrapa.br/territorial
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Luciola Alves Magalhães

Secretária-executiva

Bibiana Teixeira de Almeida

Membros

*André Luiz dos Santos Furtado,**Celina Maki Takemura, Janice**Freitas Leivas, Rafael Mingoti,**Suzilei Francisca de Almeida**Gomes Carneiro, Vera Viana**dos Santos Brandão, Jaudete**Daltio, Cristina Criscuolo, Rogério**Resende Martins Ferreira e**Daniela Tatiane de Souza*

Edição executiva

Bibiana Teixeira de Almeida

Revisão de texto

Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica

Vera Viana dos Santos Brandão

(CRB-8/7283)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Suzilei Carneiro

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

Introdução

A produção da cana-de-açúcar no Brasil remonta aos primórdios da colonização, e foi trazida pelos portugueses, da Ilha da Madeira, ainda no período colonial em 1502 (Andrade, 1997). Em 50 anos, o Brasil se tornou o maior exportador dos produtos derivados da cana-de-açúcar, sobretudo por conta das condições edafoclimáticas e do cenário de disputas históricas entre as nações europeias. Com a anexação de Portugal pela Espanha, a Holanda permaneceu no Brasil de 1630 a 1654, por conta da dependência do açúcar brasileiro. Na sequência, as potências europeias iniciaram a produção da cana-de-açúcar nas suas próprias colônias, como Antilhas e Caribe, interrompendo o ciclo hegemônico de produção no Brasil (Brandão, 1985; Lima, 1990).

Adventos derivados das duas grandes guerras mundiais criaram oportunidades para impulsionar a produção da cana-de-açúcar no Brasil. Com o aumento dos preços, novas usinas foram construídas, notadamente no estado de São Paulo, que já dispunha de infraestrutura herdada do ciclo do café, mão de obra advinda dos imigrantes e condições para a modernização das instalações. Aparatos de apoio ao setor foram criados nos âmbitos federal e estadual, como o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), o Instituto de Açúcar e Álcool (IAA), cooperativas (Copersucar), programas específicos (Funprosucar) e institutos de pesquisa (Instituto Agrônomo de Campinas, IAC) (Brandão, 1985; Moraes, 2002).

Atualmente, o etanol de cana-de-açúcar ocupa posição de protagonismo na descarbonização da matriz energética e de transportes no Brasil, sobretudo para cumprir os compromissos de redução de emissões de CO₂. Além de ser combustível alternativo aos derivados de petróleo, apresenta eficiência no processo de sequestro de carbono. Resultados indicam uma remoção líquida de carbono de 9,8 TgCO₂ por ano nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, no período de 20 anos (2000 e 2020), devido à expansão da cana-de-açúcar sobre pastagens de baixa qualidade (55% das remoções brutas), áreas de cultivo (15%) e áreas de mosaico (14%), e a transição da colheita convencional queimada para a não queimada (16%). A remoção líquida passa a ser de 17 TgCO₂ por ano quando se considera também a recuperação da vegetação dos imóveis rurais (Guarengi et al., 2023).

Como estímulo à indústria de etanol, entraram em vigor a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017 (Brasil, 2012), que dispõe sobre a Política

Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), e o Decreto nº 9.888, de 27 de junho de 2019, que define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis e institui o Comitê de Política Nacional de Biocombustíveis (Comitê RenovaBio) sobre crédito de descarbonização, título financeiro emitido pelo produtor do biocombustível de acordo com o volume vendido aos distribuidores (Brasil, 2019).

Os desafios impostos ao setor sucroalcooleiro estão relacionados a uma conjunção de fatores, como política econômica interna, dinamismo da economia mundial, taxas de câmbio, barreiras tarifárias e preço do petróleo. Análises diagnósticas e instrumentos de planejamento do território, como mapeamentos de aptidão agrícola e zoneamentos, são imprescindíveis, não somente para a organização do setor, mas também para políticas de planejamento e gestão territorial por meio de políticas públicas.

Nesse contexto, este trabalho objetivou analisar as características estruturais do setor sucroenergético, considerando dados de produção, consumo, demanda, cenário de exportações e importações, assim como aparatos legais, como a Política Nacional de Biocombustíveis e o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE).

Material e métodos

Para a análise do fluxo de consumo e distribuição do etanol anidro e hidratado, no âmbito do mercado interno e do quadro histórico de importação e exportação de etanol e açúcar, foram utilizados os seguintes dados tabulares e geoespaciais, levantados junto aos órgãos oficiais:

(i) Séries temporais, entre os anos de 2010 e 2020, considerando a quantidade e localização das unidades (usinas e destilarias) e o fluxo de produção e consumo do etanol no mercado interno, obtidos junto à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020, 2021);

(ii) Dados tabulares de safras referentes à produção de cana e derivados, área plantada e produtividade junto à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020, 2021) e Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), entre 2005 e 2020;

(iii) Estatísticas de Comércio Exterior (Comex Stat), entre 2009 e 2019;

(iv) Dados vetoriais da malha política e delimitação dos biomas e regiões hidrográficas, obtidos a partir de bases oficiais da Agência

Nacional das Águas (2017) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019);

(v) Dados vetoriais georreferenciados do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar, extraídos da Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa (Geoinfo, 2020).

Os dados multifonte e multiformato foram georreferenciados e categorizados para análise de produção, área plantada, produtividade e direção do fluxo da produção e do consumo do etanol no mercado interno.

Resultados e discussão

Cenário da produção sucroalcooleira no Brasil

O etanol pode ser obtido a partir do processamento e da fermentação de vários produtos, como cana-de-açúcar, milho, beterraba, batata e outros, porém a cana-de-açúcar é a matéria-prima mais utilizada para este fim, podendo ter dois destinos: produção de açúcar ou etanol.

O raio de localização das usinas (Figura 1) reflete a concentração de área plantada com cana-de-açúcar (Figura 2).

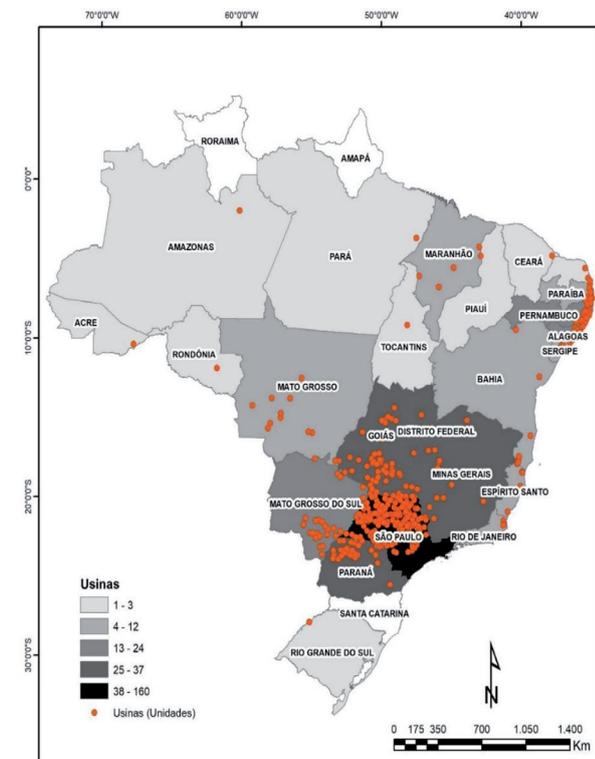


Figura 1. Mapa de concentração e localização das unidades produtivas (usinas/destilarias) por unidade da Federação.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2019)..

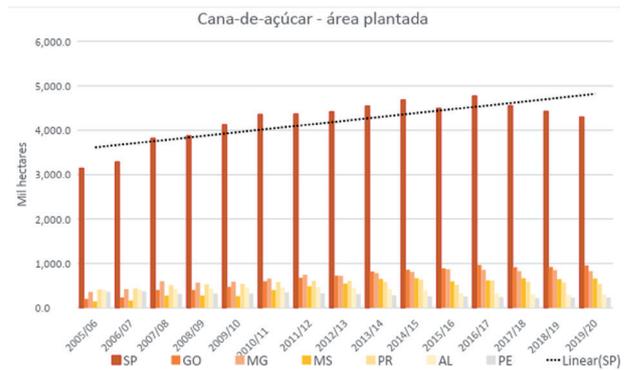


Figura 2. Área plantada com cana-de-açúcar (mil hectares) nos principais estados produtores, entre 2005 e 2020.

Fonte: Conab (2020).

A região Sudeste responde pela liderança nacional, e tem o estado de São Paulo como maior produtor. Na sequência, vem a região Centro-Oeste (Goiás e Mato Grosso do Sul), que ultrapassou a área plantada da região Nordeste (notadamente Alagoas e Pernambuco) a partir da safra 2010/2011; na região Sul, destaca-se o estado do Paraná.

A partir da Figura 3, é mostrado que o bioma Amazônia apresenta oito usinas em operação nos estados Acre (uma usina), Amazonas (uma usina), Pará (uma usina), Rondônia (uma usina) e Mato Grosso (quatro usinas). As usinas do Grupo Barralcool (produção entre 2.500.000 m³ e 3.500.000 m³ de etanol) e Itamarati (classe de produção > 5.500.00 m³ de etanol) são as mais representativas em termos de porte.

No bioma Caatinga, foram identificadas cinco usinas em operação, uma no estado da Bahia, uma no Ceará, uma em Minas Gerais, uma na Paraíba e uma no Rio Grande do Norte, com classes variando até 2.500.000 m³ de produção de etanol.

No Cerrado, foram identificadas 115 usinas/destilarias, presentes nos estados Mato Grosso do Sul (6 usinas), Mato Grosso (8 usinas), Piauí (1 usina), São Paulo (26 usinas) e Tocantins (1 usina), com destaque para os grupos empresariais Cerradinho, ETH Odebrecht e Ipiranga (Emirados Árabes) na classe de produção de etanol maior que 5.500.000 m³.

No bioma Mata Atlântica (com 253 usinas), a massiva quantidade de unidades produtivas localizam-se nos estados de São Paulo (134 usinas), Paraná (30 usinas), Alagoas (23 usinas), Minas Gerais (12 usinas) e Mato Grosso do Sul (10 usinas). Empresas como Raizen, Shree Renuka, Biosev, Bunge, Cofco Brasil S.A., Cocal e Grupo Ipiranga são alguns exemplos dos maiores grupos produtores.

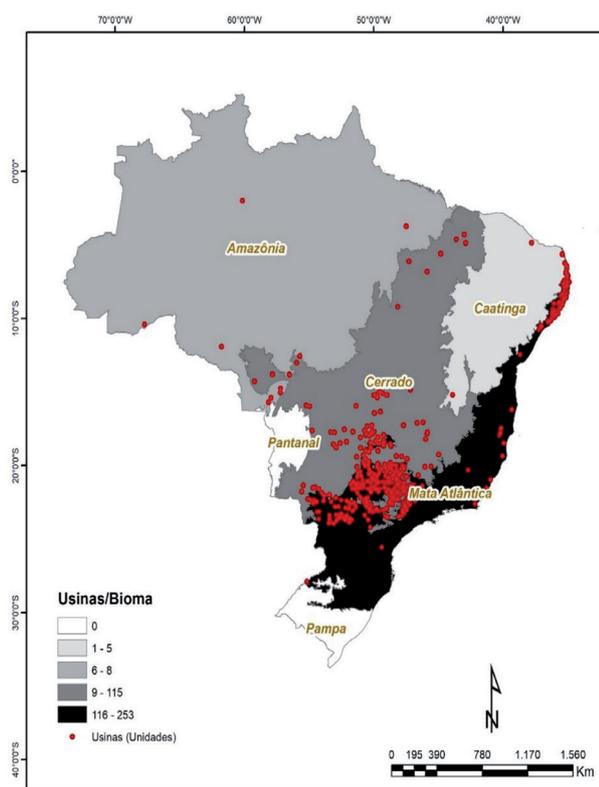


Figura 3. Delimitação dos biomas e distribuição das usinas/destilarias.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2018)..

Nos biomas Pampa e Pantanal nenhuma usina em operação foi constatada.

O estado de São Paulo tem entre 4 e 5 milhões de hectares de área plantada, com tendência de leve queda de expansão de área nas três últimas safras. Por sua vez, a partir da safra 2011/2013, os estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul ampliaram gradativamente a área destinada à cana, atingindo 1 milhão de hectares plantados.

Quanto à produção de cana (colheita/moagem), o estado de São Paulo responde por cerca de 370 milhões de toneladas (safra 2019/2020), 17 milhões de metros cúbicos de etanol e 25 milhões de toneladas de açúcar. Em proporções significativamente menores, os estados Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul apresentam colheitas entre 50 e 60 milhões de toneladas de cana e produção entre 3 e 5 milhões de metros cúbicos de etanol. Minas Gerais e Paraná também destacam-se na produção de açúcar (2 a 3 milhões de toneladas). Goiás, com 1,6 milhão de toneladas produzidas, ultrapassou Alagoas (1,1 milhão de toneladas) na safra 2019/2020.

A principal diferença entre o etanol de milho e de cana-de-açúcar está na forma de produção. O etanol de cana é mais fácil de ser extraído, já que é um subproduto do açúcar (até 11 horas), o amido de milho precisa ser transformado quimicamente em açúcar (até 70 horas). Por sua vez, enquanto 1 t de cana-de-açúcar produz entre 70 L e 85 L de etanol, 1 t de milho pode produzir entre 370 L e 460 L do mesmo produto (União Nacional da Bioenergia, 2022).

A Conab passou a registrar separadamente a produção de etanol anidro oriundo de milho a partir da safra 2019/2020. Dos 35,5 bilhões de litros de etanol produzido, estima-se que 1,7 bilhão seja a partir de milho; o estado de Mato Grosso é o maior produtor (Figura 4).

Quanto ao cenário de produção de cana-de-açúcar, em termos regionais, nota-se o crescimento da região Centro-Oeste em área plantada e produção de etanol, sob liderança dos estados Goiás e Mato Grosso do Sul (bioma Cerrado), que tem se igualado, em termos de produtividade, com a região Sudeste.

A maior parte das usinas/destilarias estão localizadas na Bacia do Rio Paraná (70%), porém algumas foram identificadas em áreas até então definidas como de exclusão pelo extinto Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar, com oito unidades do bioma Amazônia e sete da Região Hidrográfica do Alto Paraguai (Figura 5).

O zoneamento foi um marco importante para o País, publicado pelo Decreto nº 6.961/2009, com critérios e vedações para a concessão de crédito rural e agroindustrial à produção e industrialização de cana-de-açúcar e derivados (açúcar e biocombustíveis), estabelecido pelo Conselho Monetário Nacional (Brasil, 2009; Manzatto et al., 2009).

Pelo zoneamento, havia exclusão das seguintes áreas: (1) terras com declividade superior a 12%, observando-se a premissa da colheita mecânica e sem queima para as áreas de expansão; (2) biomas Amazônia e Pantanal; (3) áreas com cobertura vegetal nativa, remanescentes florestais, dunas, mangues, áreas de proteção ambiental e terras indígenas; (4) escarpas e afloramentos de rocha; (5) reflorestamentos; e (6) áreas urbanas e de mineração.

As áreas indicadas pelo zoneamento para a expansão compreendiam locais que, na época, eram destinados a produção agrícola intensiva, produção agrícola semi-intensiva, lavouras especiais (perenes, anuais) e pastagens. Elas foram classificadas em três classes de potencial (alto, médio e baixo), discriminadas por tipo de uso atual predominante (agropecuária, agricultura e pastagem) com base no mapeamento dos remanescentes florestais em 2002, realizado pelo Probio (MMA).

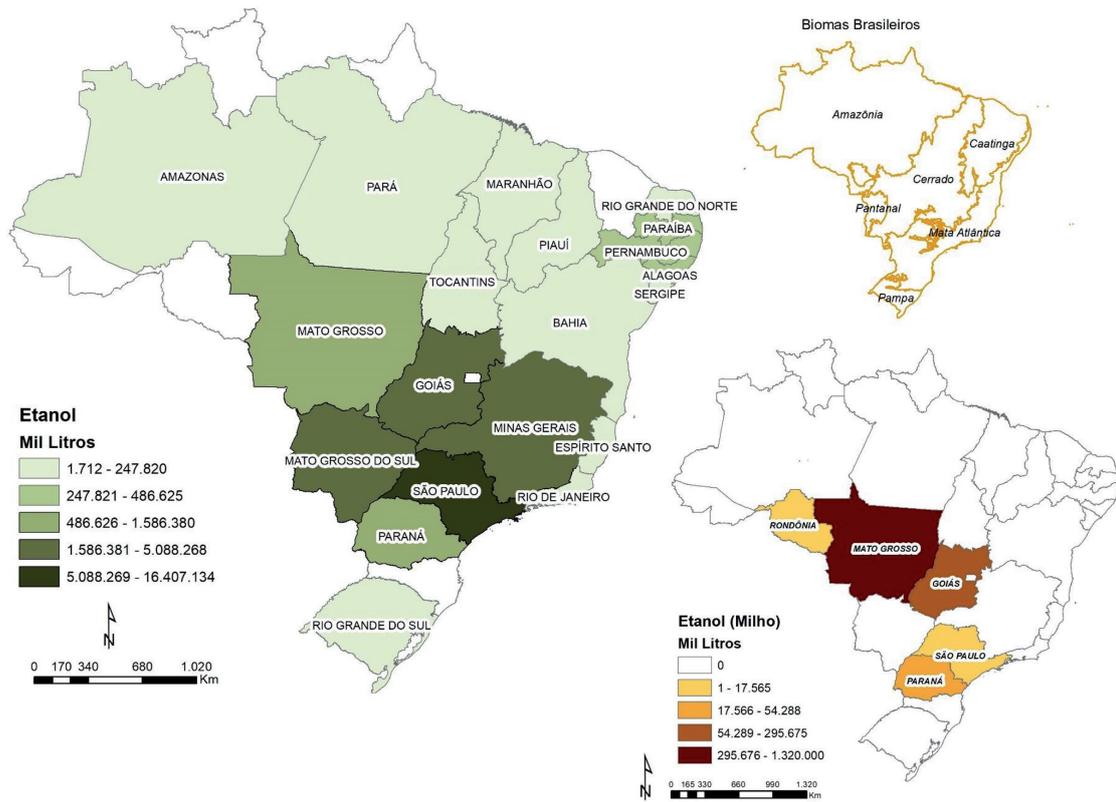


Figura 4. Espacialização dos dados de concentração de produção de etanol nos estados.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2018).

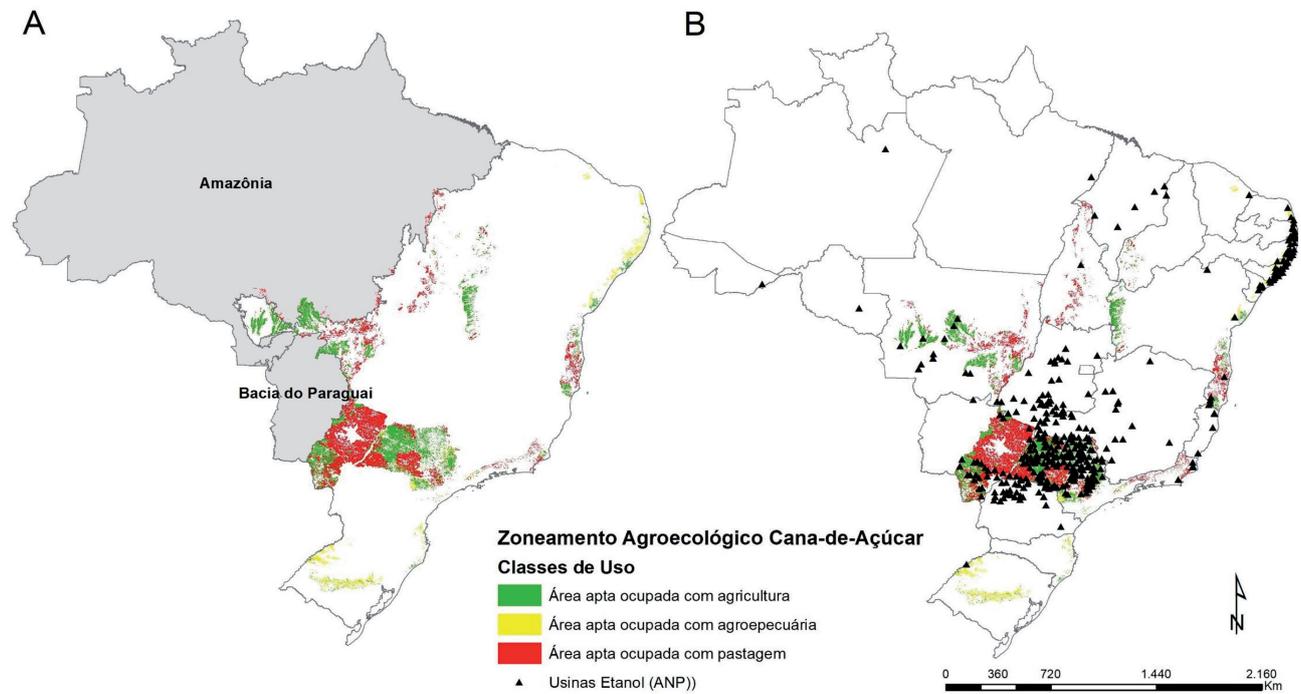


Figura 5. (A) Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e (B) unidades produtivas (usinas/destilarias).

Fonte: Manzatto et al. (2009) e Agência Nacional de Petróleo (2018).

Esse instrumento de ordenamento territorial vigorou de 2009 a 2021, ano de sua extinção.

Importação e exportação de etanol e açúcar

Com a liberalização do câmbio, houve aumento da competitividade do açúcar e etanol brasileiros, além das questões ambientais relacionadas ao aquecimento global. O etanol passou a ser competitivo com a gasolina, a preços de mercado. Entretanto, no cenário internacional, o mercado de etanol é fortemente influenciado pelo dinamismo da economia mundial, pela taxa de câmbio, por barreiras tarifárias e pelo preço do petróleo, o que o torna bastante volátil (Bittencourt et al., 2012).

A política econômica do governo brasileiro deixou de taxar integralmente, em 2011, e depois parcialmente, em 2017, o etanol de milho de fora do Mercosul. Desde então, os Estados Unidos tornaram-se o maior exportador do produto para o Brasil, 91%, e o Paraguai responde pelos 9% restantes, gerando concorrência com o produtor nacional.

O estado de São Paulo lidera de forma absoluta o mercado de exportação de etanol (Figura 6).

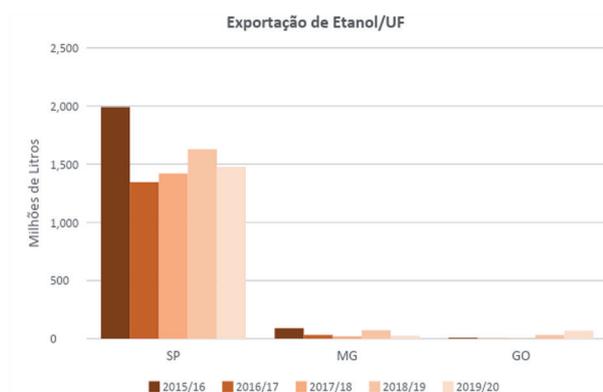


Figura 6. Exportação de etanol por SP, MG e GO.

Fonte: Dados Comex Stat, Brasil (2020).

No caso do açúcar (Figura 7), há participação maior dos estados de Minas Gerais, Paraná, Alagoas, Mato Grosso do Sul, Goiás e Pernambuco. Observa-se brusca queda, cerca de 10 milhões de toneladas, de açúcar exportado por São Paulo entre as safras de 2017/2018 e 2019/2020, período com recorde de usinas com pedido de recuperação judicial.

Em 2017, o volume de importação do etanol foi maior que o de exportação pela primeira vez na história, assim como, a partir desse ano, a quantidade de açúcar exportado passou a decrescer (Figuras 8 e 9).

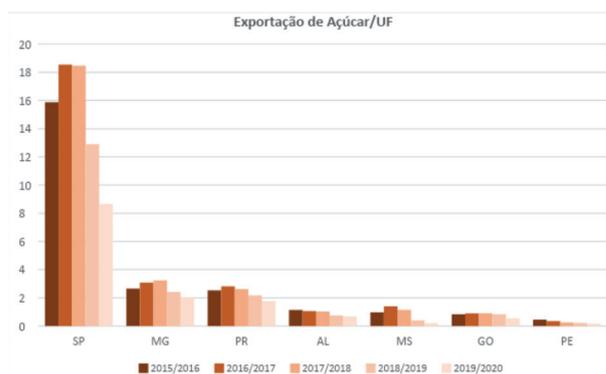


Figura 7. Exportação de açúcar pelas principais UFs.

Fonte: Dados Comex Stat, Brasil (2020).

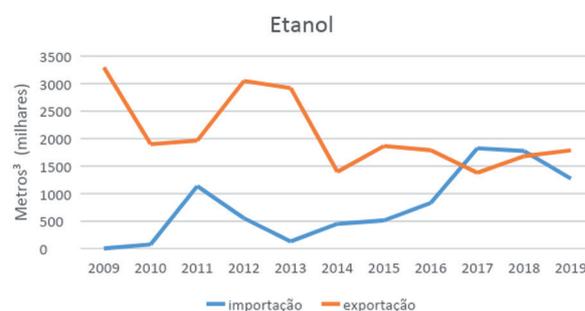


Figura 8. Importação e exportação de etanol no Brasil.

Fonte: Dados Comex Stat, Brasil (2020).

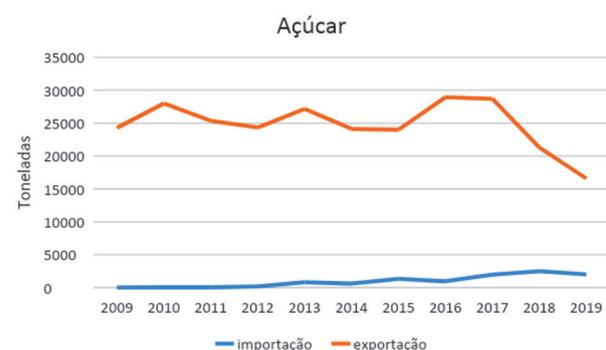


Figura 9. Importação e exportação de açúcar no Brasil.

Fonte: Dados Comex Stat, Brasil (2020).

Em 2019, em uma ação que beneficia diretamente os exportadores americanos, o governo decidiu aumentar em 150 milhões de litros a quantidade que pode ser importada de etanol com isenção de tarifa, porém, ainda assim, o superávit foi positivo em 2019.

Vale ressaltar que, em 2011, a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide-combustíveis) foi zerada para compensar o reajuste nos preços da gasolina e do diesel, o que

segurou artificialmente o preço da gasolina até 2014, comprometendo a competitividade do etanol. Nesse período, houve fechamento de 80 unidades. Em 2019, houve um recorde de usinas com pedido de recuperação judicial (CanaOnline, 2019).

Fluxo da produção e do consumo do etanol no mercado interno

Os automóveis no Brasil utilizam duas categorias de etanol: hidratado e anidro. Enquanto o hidratado tem entre 95,1% e 96% de etanol em sua composição e o restante de água, o etanol anidro tem pelo menos 99,6% de graduação alcoólica. O hidratado é usado diretamente em motores desenvolvidos para este fim ou em motores com tecnologia flex. O anidro é misturado à gasolina, sem prejuízo para os motores, em proporções variáveis, de acordo com a vigência legal.

O bagaço de cana-de-açúcar apresenta quantidade significativa de celulose em sua composição, o que favorece o uso dessa matéria-prima lignocelulósica no processo de obtenção do etanol. Nos processos de primeira e segunda geração,

pode-se obter etanol hidratado, consumido puro em motores desenvolvidos para esse fim, e etanol anidro, obtido após um processo de desidratação. A principal diferença entre as plantas de primeira e segunda geração é que, no segundo caso, há etapas de pré-tratamento e hidrólise da celulose antes de ser iniciada a fermentação (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020).

A análise da dinâmica (origem-destino) do etanol anidro e hidratado tem potencial para diagnóstico e planejamento do setor, uma vez que o transporte envolve custo e encarece o produto para o consumidor final. Mapas de fluxo envolvendo a produção e o destino do etanol foram elaborados para os maiores estados produtores para fins de entendimento dessa dinâmica, no âmbito do mercado interno do País, considerando a safra 2019/2020.

O estado de São Paulo, além de ser o maior consumidor da sua própria produção, atende outros estados, sobretudo das regiões Sudeste e Sul, e também estados do Nordeste (Figura 10).

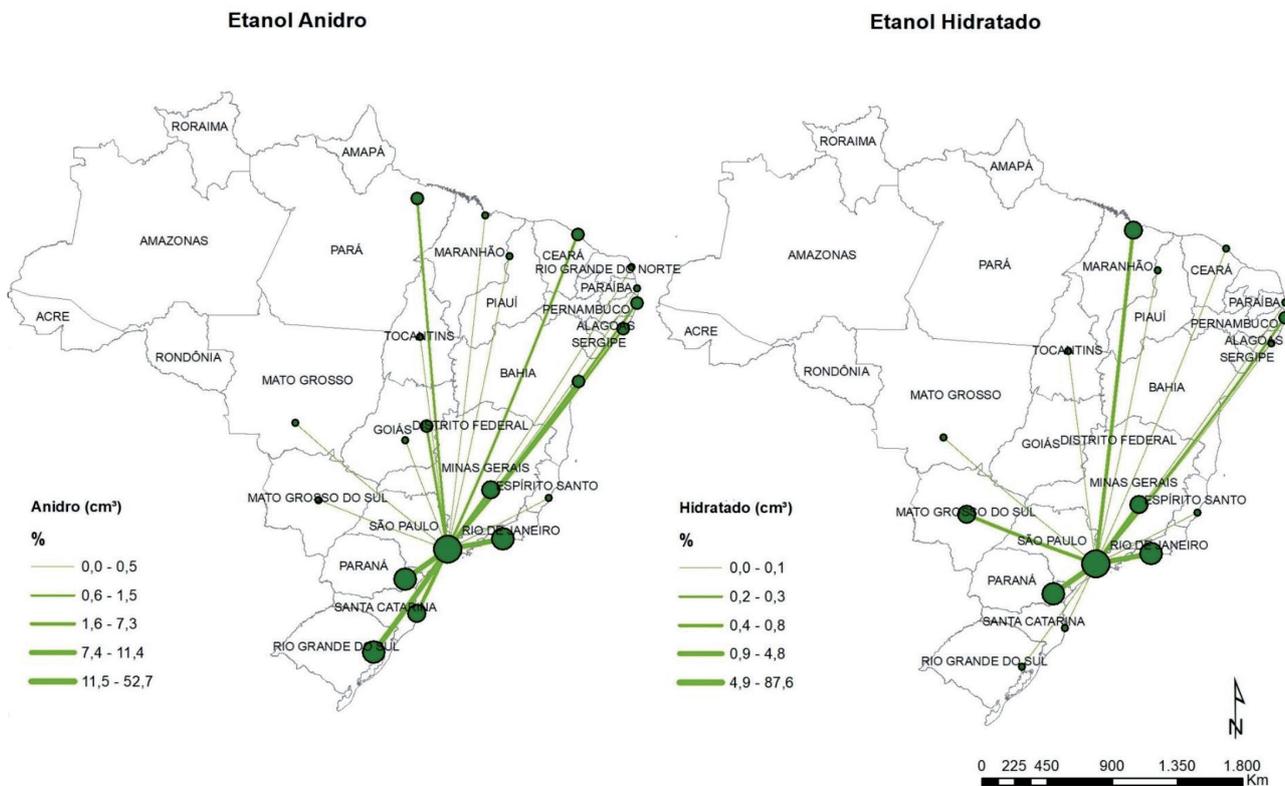


Figura 10. Dados do etanol anidro e hidratado produzido no estado de São Paulo (origem) e seus destinos variados. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020).

A pulverização do fluxo de distribuição do etanol, mapeada no estado de São Paulo, justifica-se em função da magnitude da sua produção, da qual grande parte é consumida localmente. No entanto, embora a produção e o consumo tenham tendências de se agrupar no âmbito regional (como em Pernambuco, Paraná e Alagoas), essa lógica não se aplica no caso de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

As áreas de cultivo da cana-de-açúcar no estado de Goiás estão sobretudo em sua região Sul, principalmente nas microrregiões Sudoeste, Quirinópolis, Meia Ponte e Vale do Rio dos Bois. O estado consome, em grande parte, sua própria produção e atende Distrito Federal, Bahia e Pará, principalmente quanto ao etanol anidro, e atende São Paulo, Espírito Santo e Bahia no caso do hidratado (Figura 11).

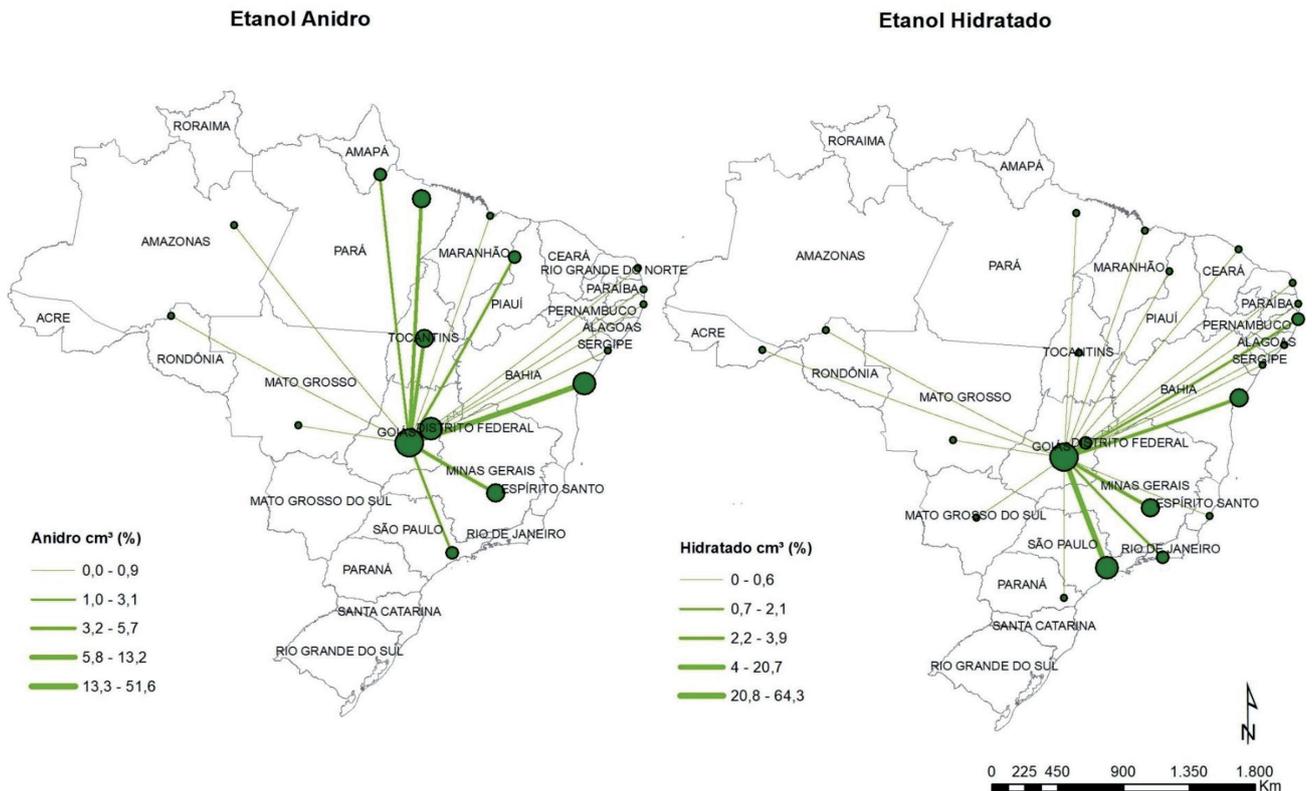


Figura 11. Dados do etanol anidro e hidratado produzido no estado de Goiás (origem) e seus destinos variados.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020).

O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do País, com destaque para a região do Triângulo Mineiro, com os municípios de Uberaba, Frutal, Ituiutaba, Conceição das Alagoas e Iturama. O estado consome a maior parte do que produz, mas também atende os estados de São Paulo e Bahia no caso do álcool anidro e São Paulo e Rio de Janeiro quanto ao hidratado (Figura 12).

A expansão da cana-de-açúcar no estado de Mato Grosso do Sul aconteceu em áreas antes ocupadas pela pecuária e pode ser explicada pela escassez de terra nas principais regiões produtoras de cana (Defante et al., 2018). Mato Grosso do Sul tem como potenciais consumidores os estados de

São Paulo e Paraná, em proporção maior que o consumo do próprio estado (Figura 13).

A combinação de fatores fisiográficos e econômicos é a principal responsável pelo desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar em Pernambuco, que, em 2019, ficou em sexto lugar no ranking nacional e em primeiro lugar no ranking de valor de produção. Pernambuco atende principalmente os estados do Nordeste do País, e o etanol anidro chega ao estado do Amazonas (Figura 14).

Na Figura 15, nota-se que o estado do Paraná atende São Paulo e demais estados do Sul do País, além de consumir grande parte de sua produção.

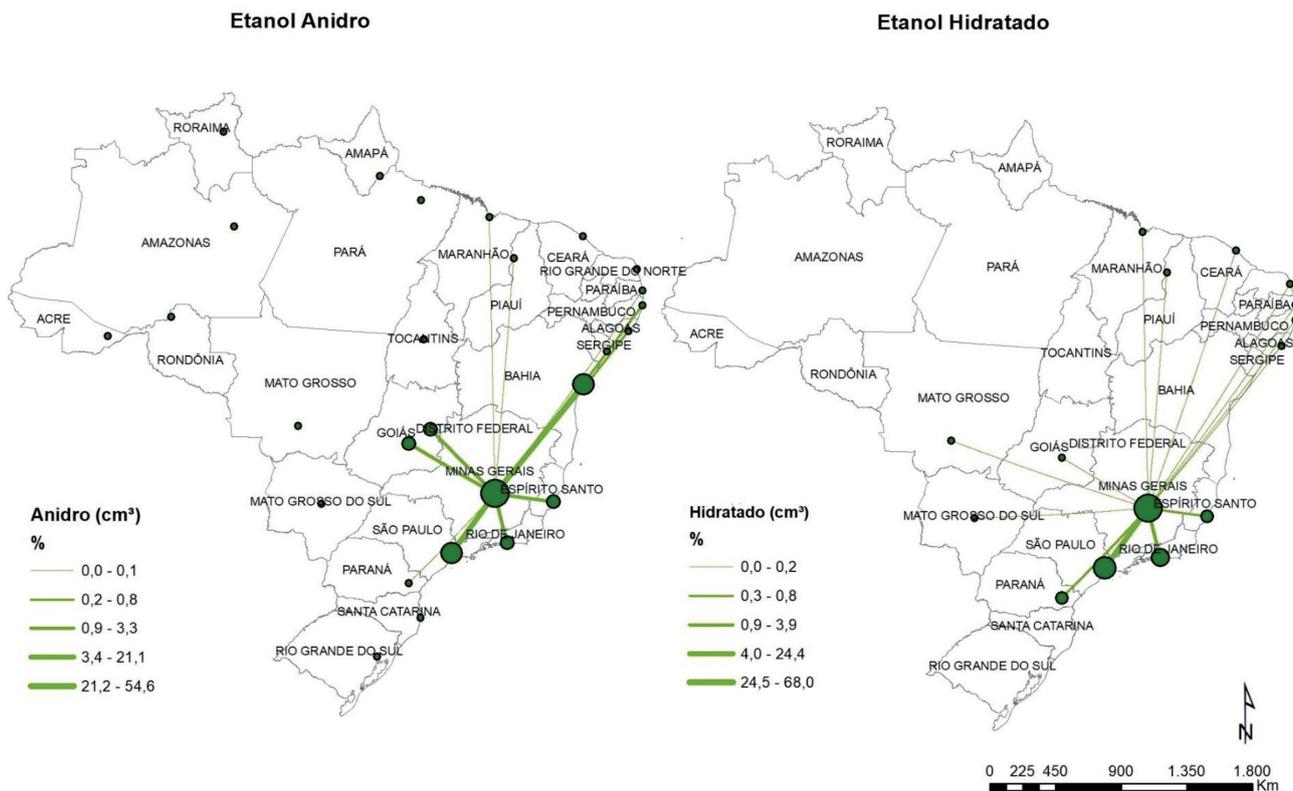


Figura 12. Dados do etanol anidro e hidratado produzido no estado de Minas Gerais (origem) e seus destinos variados. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020).

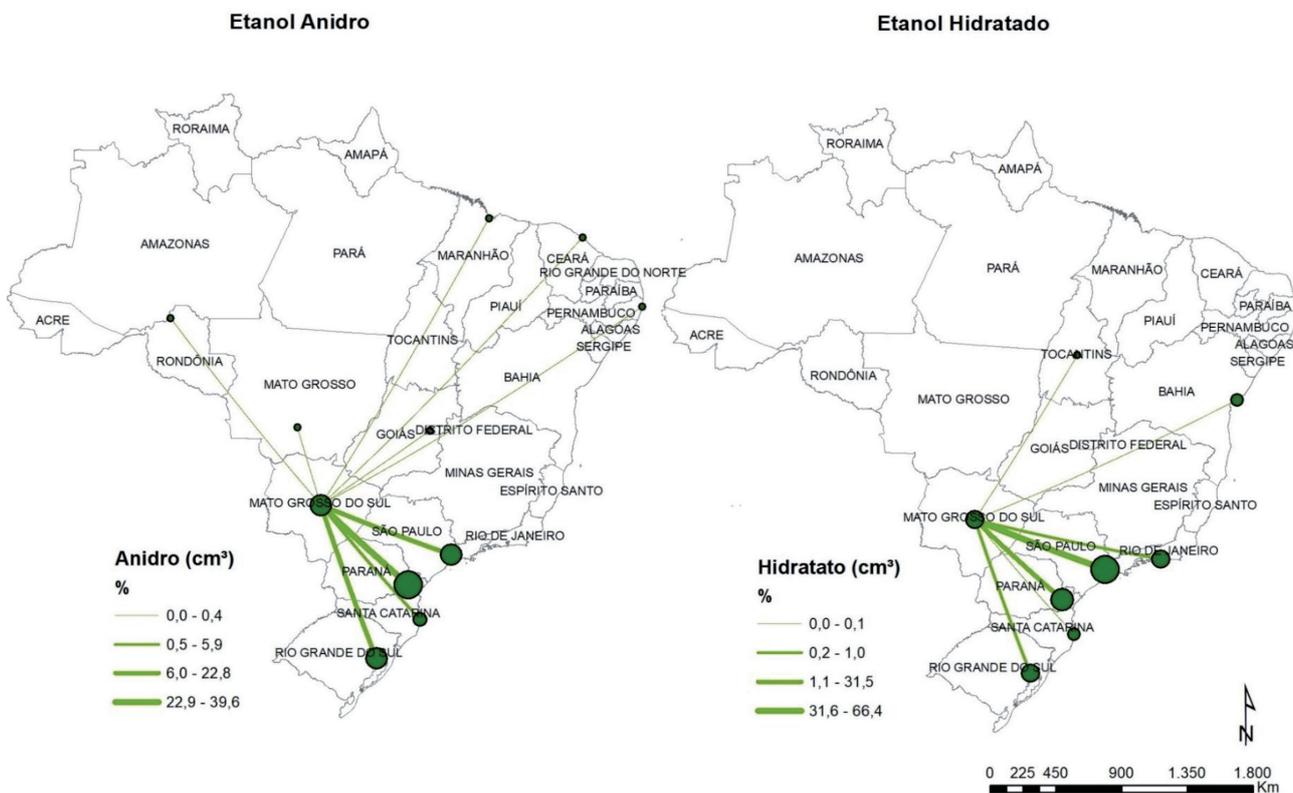


Figura 13. Dados do etanol anidro e hidratado produzido no estado de Mato Grosso do Sul (origem) e seus destinos variados. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020).

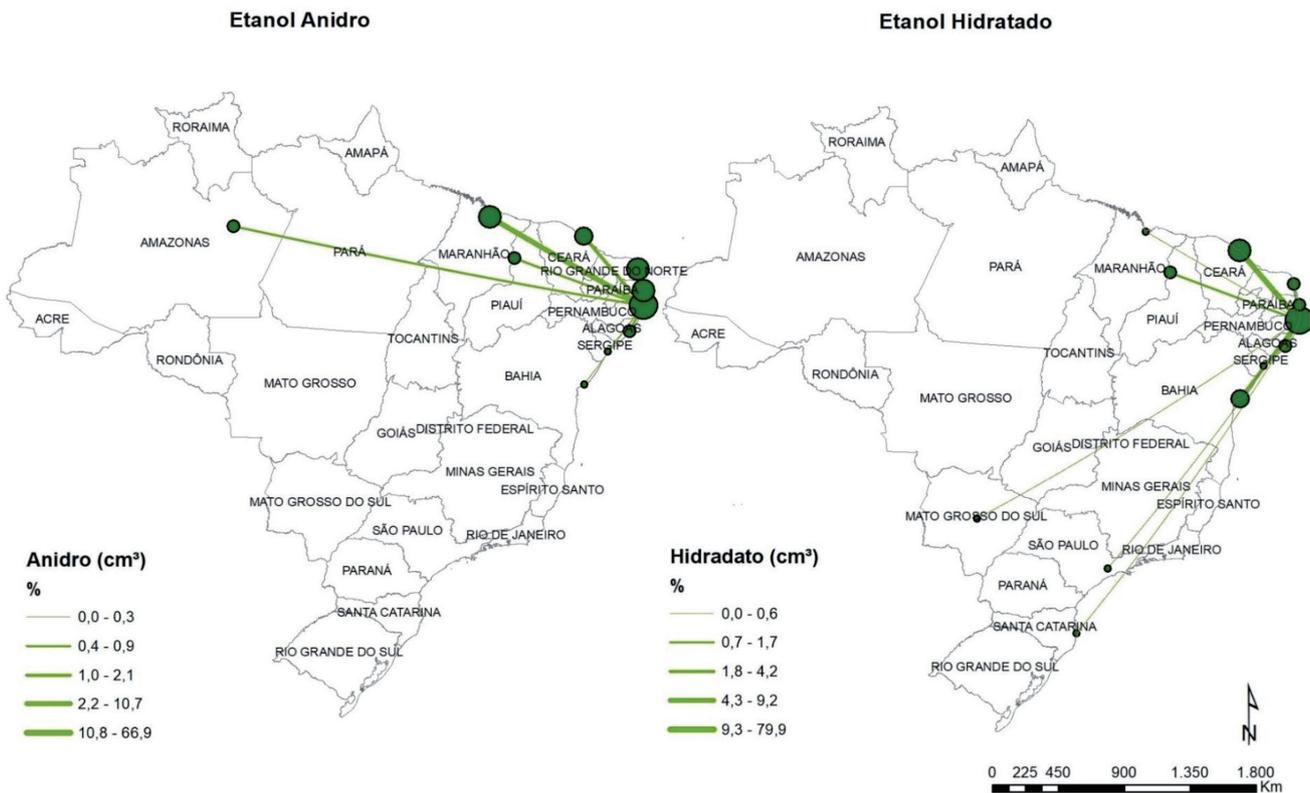


Figura 14. Dados do etanol anidro e hidratado produzido no estado do Paraná (origem) e seus destinos variados.
 Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020).

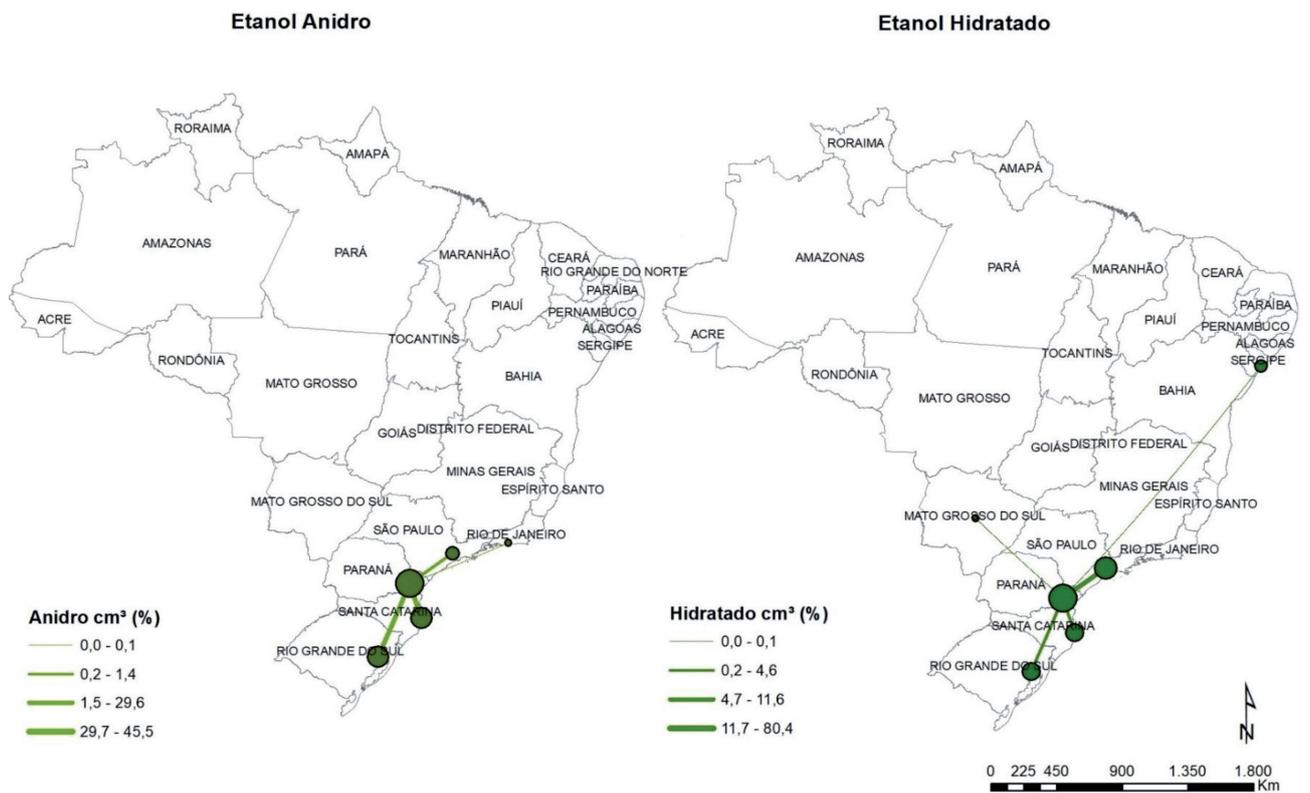


Figura 15. Dados do etanol anidro e hidratado produzido no estado do Paraná (origem) e seus destinos variados.
 Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020).

Bresolin et al. (2020) analisaram as modificações espaciais da produção de cana-de-açúcar no Paraná (1975–2018), e identificaram que as concentrações geográficas iniciais ocorreram nas microrregiões mais próximas ao estado de São Paulo, pela produção significativa.

Posteriormente, com o avanço da tecnologia no campo, os produtores do Paraná optaram por culturas mais rentáveis e estáveis economicamente, como a soja, o trigo e o milho, o que fez com que a produção canieira se concentrasse nas microrregiões de Astorga, Cianorte, Paranavaí e

Umuarama, onde as condições ambientais eram menos favoráveis ao cultivo de grãos.

Alagoas está entre os maiores produtores de cana de açúcar, como visto na seção anterior; é o quarto produtor do Brasil e o maior do Nordeste. Além da demanda da região Nordeste, com destaque para Bahia, o estado de Alagoas tem ramificação para o Paraná, para etanol hidratado (Figura 16). A produção de Alagoas tem vantagem de proximidade às unidades industriais do Porto de Maceió.

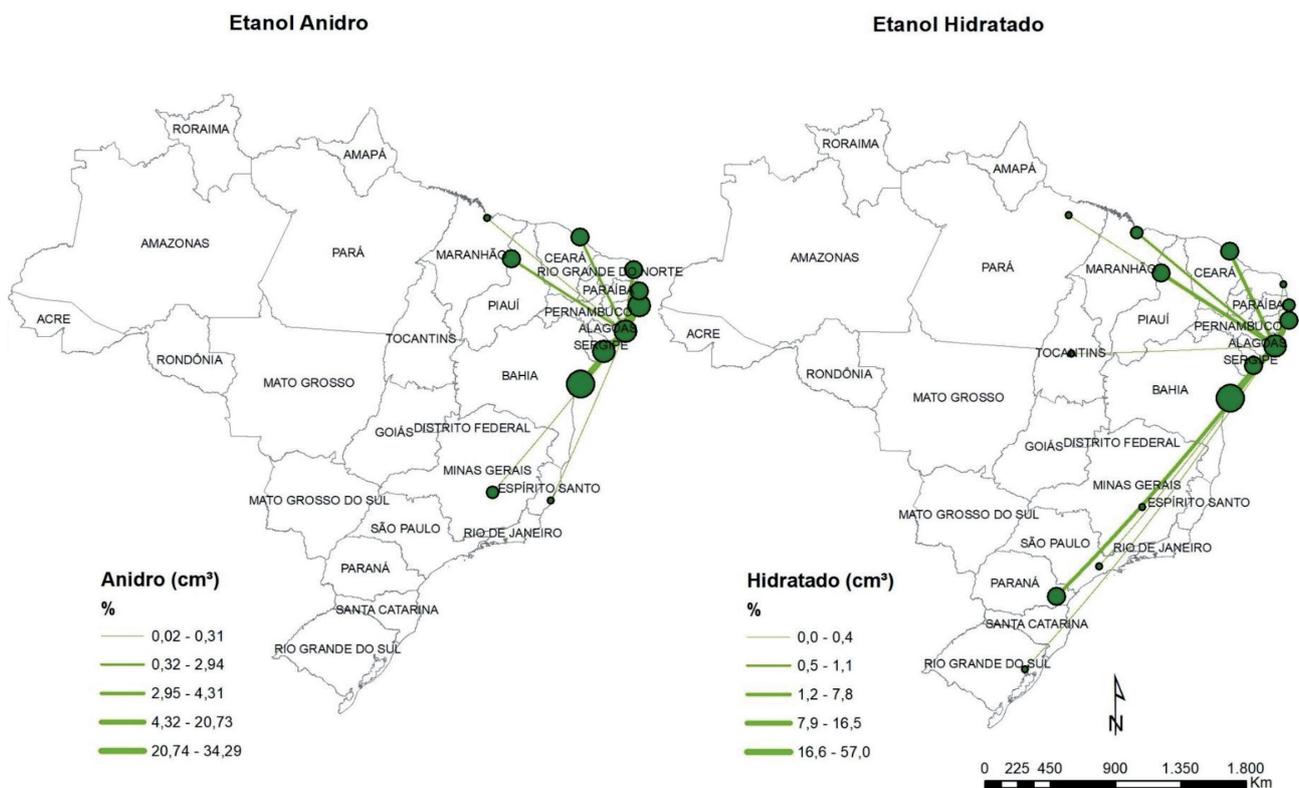


Figura 16. Dados do etanol anidro e hidratado produzido no estado de Alagoas (origem) e seus destinos variados.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020).

Conclusões

O estado de São Paulo historicamente, responde por quase metade da área plantada com cana-de-açúcar no País (quase 5 milhões de hectares) a partir de cerca de 170 unidades produtivas e destilarias, nas quais ocorre a moagem e posterior produção de etanol e açúcar. Nota-se um movimento crescente por parte dos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul na ampliação da área destinada ao plantio da cana.

A análise da dinâmica de origem–destino do etanol anidro e hidratado permitiu mostrar que a produção e o consumo são agrupados regionalmente, situação evidenciada principalmente nos estados de Pernambuco, Paraná e Alagoas. A pulverização desse fluxo ocorre nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Em razão do seu protagonismo na produção, o estado de São Paulo, além de atender sua alta demanda interna, também serve ao restante dos estados da região Sudeste e Sul do País.

Como estudos complementares ao presente trabalho, a análise do fluxo de origem–destino considerando as exportações para outros países representaria um avanço importante.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (Brasil). **Plano de Recurso Hídricos da Região Hidrográfica do Paraguai** – PRH Paraguai: diagnóstico consolidado. Brasília, DF: ANA; SPE; Engecorps Engenharia S.A., 2017. 347 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Produção e fornecimento de biocombustíveis: etanol**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/etanol>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). Regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis de que trata o art. 18 da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e o credenciamento de firmas inspetoras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, de 27 nov. de 2018. ANP Nº 758, de 23.11.2018. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2018/novembro&item=ramp-758-2018>. Acesso em: 17 jan. 2021.
- ANDRADE, M. C. O. **Usinas e destilarias de Alagoas: uma contribuição ao estudo da produção do espaço**. Maceió: Edufal, 1997.
- BITTENCOURT, G. M.; FONTES, R. M. O.; CAMPOS, A. C. Determinantes das exportações brasileiras de etanol. **Revista de Política Agrícola**, n. 21, v. 4, out-dez, 2012.
- BRANDÃO, A. **Cana-de-açúcar, álcool e açúcar na história e no desenvolvimento social do Brasil**. Brasília, DF: Horizonte editora, 1985.
- BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Comex Stat**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. 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, 27 de dezembro de 2012. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2017/lei-13576-26-dezembro-2017-786013-publicacaooriginal-154631-pl.html>. Acesso em: 7 jan. 2021.
- BRASIL. Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009. Aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6961.htm. Acesso em: 7 jan. 2021.
- BRASIL. Decreto nº 9.888, de 27 de junho de 2019. Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e institui o Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis - Comitê RenovaBio. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm. Acesso em: 7 jan. 2021.
- BRESOLIN, G. L.; BEBBER, R. A.; ASSIS, S.P. F. Uma análise da distribuição espacial da produção de cana-de-açúcar no Paraná (1975-2018). **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 26, n. 55, p. 272-296, 2021.
- CANAONLINE. **Ano de 2019 tem recorde de usinas com pedido de recuperação judicial**. 2019. Disponível em: <http://www.canaonline.com.br/conteudo/ano-de-2019-tem-recorde-de-usinas-com-pedido-de-recuperacao-judicial.html>. Acesso em: 15 jan. de 2021
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra brasileira de cana-de-açúcar**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- DEFANTE, L. R.; VILPOUX, O.; SAUER, L. Evolução da produção de cana-de-açúcar no estado de Mato Grosso do Sul. **Informe GEPEC**, v. 22, n. 1, p. 150–169, 2018. DOI: 10.48075/igepec.v22i1.17667.
- GEOINFO. **Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa (Embrapa Solos)**. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- GUARENCHI, M. M.; GAROFALO, D. F. T.; SEABRA, J. E. A.; MOREIRA, M. M. R.; NOVAES, R. M. L.; RAMOS, N. P.; NOGUEIRA, S. F.; DE ANDRADE, C. A. Land Use Change Net Removals Associated with Sugarcane in Brazil. **Land**, v. 12, n. 584, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12030584>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 168 p.
- LIMA, R. C. **Pequena história territorial do Brasil: sesmarias e terras devolutas**. São Paulo: Secretaria de Estado e Cultura, 1990. 110 p.
- MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p.(Embrapa Solos. Documentos, 110).

MORAES, M. A. F. D. **Agroindústria canavieira no Brasil**: evolução, desenvolvimento e desafios. São Paulo: Atlas, 2002.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA (UDOP). **Produção de etanol do milho**. Disponível em: <https://udop.com.br>. Acesso em: 15 fev. 2022.



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA
E PECUÁRIA